Spiralbohrer von Hand schleifen



THOMAS R. H. BINDER

Buchenlandweg 211, D89075 ULM, Tel. $+49\,731\,266959$ Email: thomas.rh.binder@googlemail.com

Download des Textes: www.thomas-rh-binder.de

gründlich überarbeitet: 27. 10. 2018 mit schwerwiegenden Neuerungen Redaktionsdatum: 03. 04. 2025

Textbearbeitung mit Emacs und Auctex, Textsatz durch LATEX, Revisionskontrolle mit Mercurial und $Tortoise\,HG$

bitte sehen Sie regelmäßig auf meiner Homepage nach, ob es eine neue Version gibt; der Text ist noch nicht fertig!

1 Zusammenfassung

Standard-Spiralbohrer können von Hand zuverlässig an einer Schleifscheibe (*Schleifbock*) geschliffen werden. Dieser Prozess kann mit dem Auge, mit einer einfachen Schleifwinkellehre und durch eine Probebohrung kontrolliert werden.

In diesem Büchlein beschreibe ich die Geometrie der Spiralbohrer, das Einrichten der Schleifscheiben, den Vorgang und die Kontrolle des Schleifens und beschreibe typische Fehler und ihre Ursachen. Am Ende steht ein kleines Verzeichnis im Internet gefundener Informationen.

Nach recht kurzem Training kann auch ein Amateur-Handwerker seine Spiralbohrer mit wenig Zeitaufwand so gut schleifen, dass er nicht dauernd neue Bohrer kaufen muss. Für richtig schön schneidende Bohrer muss man aber doch geduldig üben und viele Dinge beachten. Einfache käufliche Bohrer-Schleifgeräte und Bohrhilfen verbessern die Ergebnisse nicht.

Der finanzielle Aufwand ist gering. Wer einen Doppelschleifbock besitzt (ca. $80 \in$), braucht nur noch eine Schleifwinkellehre (ca. $3 \in$) und eine Lupe (ca. $5-10 \in$).

Mittlerweile habe ich einige einfache, billig herstellbare Hilfsvorrichtungen entwickelt, die auch ein Amateur herstellen kann. Durch diese Vorrichtungen kann die Fingerfertigkeit eines erfahrenen Handwerkers weitgehend ausgeglichen werden und man kann exakte, zuverlässig wiederholbare Schleifergebnisse erreichen; auch kleine Bohrer unter 4 mm Durchmesser können jetzt geschliffen werden.

Diese Vorrichtungen werden hier beschrieben und abgebildet. Für ihre Herstellung biete ich meine Hilfe an. Sie sind mein geistiges Eigentum, aber nicht patentrechtlich geschützt.

2 Freihand-Schleifen von Spiralbohrern - Kurzfassung

Freihand-Schleifen ohne Hilfsvorrichtungen

- 1. Bohrer inspizieren¹ und Messwerte erheben
- 2. wenn Korrektur erforderlich ist, dann Bohrer schleifen $(\rightarrow 3.)$, sonst $\rightarrow 12$.
- 3. Bohrer im gewünschten Winkel (Standard: 59°) vor die Schleifscheibe halten
- 4. Bohrer in die richtige Höhe über der Motorachse bringen²
- 5. Bohrer-Längsachse horizontal ausrichten
- 6. Bohrer drehen, bis die Schneide genau horizontal liegt (sehr wichtig!)
- 7. Schneide anschleifen, dann weiterschleifen und dabei
- 8. Bohrer-Ende senken und Bohrer-Spitze anheben; Bohrer nicht schwenken, nicht verschieben, nicht drehen
- 9. Bohrer sofort kühlen
- 10. Schleifergebnis ansehen
- 11. für die zweite Schneide \rightarrow 3.; nach Schliff der zweiten Schneide \rightarrow 1.
- 12. ENDE

Meine Empfehlung für den *Amateur*: Freihand-Schleifen mit Hilfsvorrichtungen³

¹siehe Punkt 1. bis 4. in Abschnitt 5.0.2.2 auf Seite 45

 $^{^2}$ siehe Freiwinkel einstellen in Abschnitt 4.6 auf Seite 25

³Kapitel 8 auf Seite 83

Achtung: meine Empfehlung für den Schleifvorgang hat sich Mitte 2018 grundlegend geändert und gilt Anfang 2023 immer noch:

- das "frei-Hand" -Schleifen wird von mir nur dem empfohlen, der es schon kann
- ich empfehle das Schleifen mit den im Kapitel 7 auf Seite 57 beschriebenen einfachen Vorrichtungen und mit den in Abschnitt 6.2 auf Seite 54 beschriebenen Schleifbewegungen, weil damit der mühsame Weg, das Schleifen zu lernen, erheblich abgekürzt werden kann
- die Kurzfassung meines aktuell gültigen Schleifvorgangs steht in Kapitel 8 auf Seite 83: Freihand-Schleifen mit Hilfsvorrichtungen

3 Einleitung

3.1 Vorbemerkung

Spiralbohrer werden durch den regulären Gebrauch ebenso stumpf wie alle anderen Schneidwerkzeuge, sie reiben dann mehr als dass sie schneiden, werden heiß und schnell noch stumpfer. Es ist sinnvoll, einen Bohrer nicht so lange zu verwenden, bis er gar nicht mehr schneidet, sondern vorher nachzuschärfen.

Sie werden aber auch durch fehlerhaften Gebrauch schnell stumpf oder schwer beschädigt: zu hohe Schnittgeschwindigkeit (Drehzahl), zu hoher Druck, fehlende Kühlung, unerwartetes Auftreffen z. B. auf einen Nagel im Holz, Verwendung des Bohrers zum Aufweiten eines Lochs¹, zu große Vorbohrung, falscher Bohrer für das zu bohrende Material²,...

Diese Anleitung ist nicht für professionelle Anwender gedacht, bei denen exakte Bohrungen erforderlich sind, sondern eigentlich erst einmal für mich selbst, einen engagierten Amateur-Handwerker, der ungern mit halb tauglichen Werkzeugen arbeitet, und für gleich Gesonnene. Professionelle Anwender arbeiten zumeist mit maschinell exakt geschliffenen Bohrern.

Ich behandle hier nur die üblichen HSS-Spiralbohrer im Standard-Spitzen-Winkel von $118^{\circ\,3}$

Nach einigem Üben erreichte ich gut und recht sauber schneidende Bohrer, die runde Löcher mit korrektem Durchmesser produzierten.

¹wenn ein schon vorhandenes Loch größer ist als die Länge der Querschneide des verwendeten Bohrers, beißen die Schneiden punktuell in eine scharfe Kante, werden nur teilweise belastet und werden fast unweigerlich beschädigt; zumindest müsste man das erste Loch mit einem Senker von scharfen Kanten befreien. Aber man sollte grundsätzlich richtig, d.h. etwas kleiner als die Länge der Querschneide, vorbohren und dann einen Bohrer in "Enddurchmesser" verwenden

 $^{^2{\}rm z.\,B.}$ einen für das Bohren in Kunststoff mit großem Freiwinkel versehenen Bohrer für das Bohren in Eisen

 $^{^3}$ die Ausführungen gelten aber weitgehend auch für Spiralbohrer mit anderen Spitzenwinkeln

10 3 Einleitung

Je dünner die Bohrer waren, desto weniger befriedigte das Ergebnis; bei Bohrern unter 4 mm Durchmesser brauchte ich zumeist mehrere Anläufe, bis ich ein ausreichendes Ergebnis erreichte⁴.

Ursprünglich wurde dieser Text für das "frei Hand-Schleifen" ohne Hilfsgeräte geschrieben; mittlerweile habe ich aber einige einfache Hilfsvorrichtungen gebastelt, die das Schleifen enorm erleichtern und die Ergebnisse v.a. bei dünnen Bohrern deutlich verbessern⁵. Ich habe den ursprünglichen Text aber weitgehend so belassen, wie er vor Verwendung dieser Hilfsvorrichtungen bestand; diese Vorrichtungen, ohne die ich nicht mehr arbeiten will, sind in Kapitel 7 auf Seite 57 beschrieben.

Ich schleife an einem preiswerten Doppelschleifbock (um $50 \in$), die Schleifscheiben sind mit einem Einzeldiamanten von Unwucht befreit und werden regelmäßig mit einem flächenhaften Diamant-Abrichter (ca. $10 \in$) geebnet; dabei wird die Scheibe auch "konditioniert".

Zur Kontrolle des Schleifvorganges benutze ich eine Bohrer-Schleiflehre (ca $3 \in$) und eine Handlupe 3-fach (es reicht ein preiswertes Modell!) bzw eine Lupenbrille 2,5-fach (auf meine Gleitsichtbrille per Clip aufgesteckt, ca. $55 \in$); den erwünschten Schleifwinkel erreiche ich durch Markierungen auf der Handauflage recht zuverlässig.

Der größte Teil dieser Anleitung ist auch auf das Schleifen an einem Bandschleifer und an der Seite einer rotierenden Schleifscheibe anwendbar. Mit solchen Schleifmaschinen ändert sich allerdings das Schliffbild auf der Freifläche hinter der Schneide, wenn man die gleichen Schleifbewegungen ausführt. Der Freiwinkel wird dabei durch Neigung des Bohrers gegenüber der Fläche des Bandes bzw'der Scheibe erreicht.

Ich hoffe, dass dieser Text anderen Personen helfen kann, ihre Werkzeuge zu reparieren, anstatt für wenige Euros einfach etwas Neues zu kaufen.

Ich habe den Text auf meiner persönlichen Webseite zur Verfügung gestellt, damit er leichter erreichbar ist; vielleicht wird er in absehbarer Zeit auch von den Suchmaschinen gefunden und es

⁴seit ich mit einer Kopflupe arbeite, wird meine Arbeit v.a. bei kleinen Bohrern deutlich besser

⁵vgl. Abschnitte 7.4 auf Seite 65 und 7.7 auf Seite 79

3.2 für Eilige

melden sich dann auch einige kritische Leser, die mir helfen, diese Anleitung zu verbessern.

3.2 für Eilige

Dieser Text ist nun ein kleines Buch geworden, das nicht jeder ganz lesen muss; wer sich sich erst einmal orientieren möchte, möge die Abbildungen ansehen⁶ und die für mich derzeit gültige Schleif-Anleitung lesen⁷. Vielleicht kommt ja dann der Appetit!?

Und wer mehr Zeit hat, oder gar den Kontakt von Mensch zu Mensch schätzt, der möge mich anrufen, mir eine Nachricht schreiben oder mich besuchen kommen. Jede Rückmeldung, besonders kritische Anmerkungen, werden mich freuen!

3.3 Über diese Anleitung

Diese Anleitung habe ich geschrieben, weil die im Internet verfügbaren Informationen nicht alle meine Fragen behandelt haben, sodass ich damit nicht zu befriedigenden Ergebnissen kam. Diese Anleitung hat absichtlich nicht den Stil eines Lehrbuchs, sondern den eines Erfahrungberichtes.

Alterfahrene Handwerker können für ihre eigenen Belange perfekt geeignete Bohrer von Hand schleifen, wissen aber teilweise selbst nicht genau, warum sie so gut schleifen, und konnten mir deshalb nicht so recht auf die Sprünge helfen. Nach großen Lehrbüchern habe ich nicht gesucht, habe aber wohl einige Kapitel aus Lehrbüchern, die ich im Internet gefunden habe, durchgelesen. Ich hoffe, dass ich nicht zu viele Fehler in diese Anleitung eingebaut habe, aber ich glaube weitgehend alles beschrieben zu haben, was mich zu meinen aktuell schön arbeitenden Bohrern geführt hat. Wer Fehler findet, sie mir aber nicht mitteilt, ist unhöflich oder nicht wie ich ein Mensch, der gefundene Lösungen sehr gerne anderen "Kollegen" zur Verfügung stellt.

Ich habe in mein Dokument zwei Kapitel erste und zweite Zwischenbilanz . . . eingefügt, die meine Bemühungen zu einem früheren

⁶siehe Verzeichnis der Abbildungen

⁷Kapitel 8 auf Seite 83: Freihand-Schleifen mit Hilfsvorrichtungen

12 3 Einleitung

und späteren Zeitpunkt bewerten und den wahrscheinlich schwierigsten Aspekt herausheben; bitte in Abschnitt 6.1 auf Seite 51 und Abschnitt 6.2 auf Seite 54 nachlesen.

Sie sollten zuerst den Abschnitt 6.2 auf Seite 54 lesen, weil darin der von mir grundlegend geänderte Schleifvorgang beschrieben ist; dieses Vorgehen ist im gesamten anderen Text noch in der alten Version beschrieben.

Ich warne vor im Internet publizierten Videos (z. B. bei Youtube); fast alle sind unzureichend, sehr viele falsch oder irreführend, helfen also nicht wirklich weiter. Aber ich habe bei langer Suche einige sehr gute Videos gefunden, die zwar nicht alles genau beschreiben, einige Aspekte aber in sehr schöner Qualität. Die amerikanischen Seiten sind meist viel besser als die deutschen, leider.

In Kapitel 9 auf Seite 85 habe ich die beiden für mich besten Autoren von Videos bzw deren Internetseiten aufgelistet. Dort sind auch mehrere Links zu umfangreichen Dokumenten über verschiedene Bohrer-Geometrien aufgeführt. Ich habe weitgehend auf eigene Zeichnungen und ganz auf eigene Videos verzichtet, weil die Informationen auf den genannten Seiten alles gut genug zeigen.

Es gibt sehr unterschiedliche Ansichten darüber, wie man den Bohrer an der Schleifscheibe halten und führen soll. Die Vorteile teils sehr komplexer Bewegungen habe ich nicht nachvollziehen können. Ich bevorzuge die einfache Bewegung wie in den erwähnten Videos gezeigt: Bohrer im richtigen Winkel hinhalten, leicht andrücken und dann die Spitze anheben, nicht drehen oder Schwenken. So macht es auch meine lokale Referenz: ein älterer Feinmechaniker mit lebenslanger Berufserfahrung.

Die meisten Anleitungen zeigen diese "Hebe-Bewegung"⁸, einige Anleitungen zeigen eine "Drehbewegung"⁹ für den Hinterschliff. Mit der Hebe-Bewegung formt man eine Zylindermantel-förmige Freifläche, mit der Drehbewegung eine Kegelmantel-förmige Freifläche. Neue Standard-Spiralbohrer und mit professionellen Geräten geschliffene Bohrer haben einen Kegelmantel-förmigen Schliff der Spitze.

⁸Schneide anschleifen, dann weiterschleifen unter Anheben der Spitze des Bohrers und Senken des Bohrerschafts

 $^{^9\}mathrm{Schneide}$ anschleifen, dann Bohrer drehen und damit den Hinterschliff zu erzeugen

Ich glaube, dass die Geometrie des Hinterschliffs für den Standard-Bohrer von untergeordneter Bedeutung ist, solange ein ausreichender Freiwinkel vorliegt.

Da ich nach einiger Übung jetzt brauchbare Schleif-Ergebnisse erreiche, habe ich mich nicht mit den diversen einfachen Schleifhilfen beschäftigt, die für Amateure angeboten werden. Viele Sachkundige halten sie für untauglich und hinausgeworfenes Geld. Und Bohrerschleifmaschinen, die zuverlässig und dem Handschliff überlegen sind, kosten jenseits von 500€.

Ich finde beim Lesen immer noch Schwachstellen und Fehler in meinem Text, immer noch finde ich bei meiner praktischen Arbeit Dinge, die im Manuskript nicht oder unvollständig beschrieben sind. Der Text ist dennoch öffentlich zugänglich.

Bitte sehen sie immer wieder nach einer aktuellen Version des Manuskripts. Und bereiten Sie mir bitte die große Freude eines Anrufs oder einer Email und teilen mir mit, wo Sie Fehler finden oder geben mir Anregungen!

4 Spiralbohrer schleifen

4.1 Bohrer-Typen

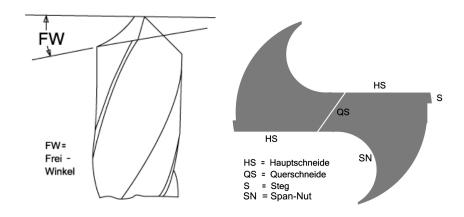


Abbildung 4.1: Bohrerspitze, Geometrie, Definitionen

Es gibt sehr unterschiedliche Bohrer-Geometrien, hier beziehe ich mich auf den geläufigsten Typ eines Spiralbohrers mit Standard-Spitzenwinkel von 118°, bzw Schneidenwinkel von 59°, mit Drallwinkel von ca. 30°, mit mittlerer Kerndicke, mit Querschneide im Winkel von ca. 50°, mit einem Freiwinkel von ca. 10° und mit durchgehendem Hinterschliff¹, ohne Ausspitzung der Querschneide². Mit solchen Bohrern kann man Eisen bohren, nicht-Eisen-Metalle, Kunststoffe und Holz.

¹der sog. Vier-Facetten-Schliff ist eine vereinfachte Variante dieses durchgehenden Hinterschliffs, bei dem hinter jeder Schneide eine zusätzliche Hinterschliff-Fläche angeschliffen wird

 $^{^2}$ Achtung Falle! beim Schleifen von Messern etc. ist die Nomenklatur anders; 2 mal Schleifwinkel ergeben den Schneidenwinkel (Winkel des schneidenden Keils). Bei Bohrern ergibt sich der Winkel des Keils aus: Drallwinkel minus Freiwinkel; Spitzenwinkel = 2 mal Schneidenwinkel

Natürlich benutzt man beim professionellen Einsatz für das jeweilige zu bohrende Material unterschiedliche Schneidenwinkel und Freiwinkel und weitere Variationen der Geometrie. Dort spielen viele weitere Eigenschaften des Bohrers eine Rolle wie z. B. Qualität des Spantransports; ein unnnötig hoher Freiwinkel vermindert die Standzeit des Bohrers:...

Ein Amateur wie ich kommt zumeist mit dem üblichen Spiralbohrer aus. Allerdings benutze ich für Holz zumeist reine Holzbohrer in unterschiedlichen Ausführungen. Informationsmaterial zu Bohrer-Typen siehe *Internet-Seiten* in Abschnitt 9 auf Seite 85.

Die "J"=Form der Spannut ist in der Realität bei preiswerten Spiralbohrern nicht wie in Abb. 4.1 auf der vorherigen Seite gezeigt, sondern weist einen gebogenen langen Schenkel des "J" auf, was zu einem leicht gebogenen Verlauf der Hauptschneide führt; dies ist im rechten Teil der Abb. 4.7 auf Seite 34 recht gut sichtbar.

Der Querschneidenwinkel ergibt sich direkt aus dem angeschliffenen Freiwinkel; er liegt zwischen 60° und 30°; je größer der Freiwinkel, desto größer ist der Querschneidenwinkel. In Tabelle 4.1 auf der nächsten Seite ist der Zusammenhang zwischen Querschneidenwinkel und Freiwinkel dargestellt. Der Autor der Tabelle hält die Messung des Freiwinkels für unzuverlässig, man könne ihn aber gut aus dem Querschneidenwinkel abschätzen. Für die alltägliche Praxis muss man aber den Freiwinkel nicht messen, man legt ihn vor dem Schleifen fest (durch die richtige Höhe des Schleifbeginns über der Schleischeiben-Achse bei horizontaler Zuführung der Längsachse des Bohrers.

Dieser Rückschluss vom Querschneidenwinkel auf den Freiwinkel gilt aber nur dann, wenn man die Bohrerschneide beim Schleifen exakt parallel zur Motorachse angelegt hat und wenn die Schneiden zumindest weitgehend gleich lang sind; ansonsten resultiert eine falsche Querschneide (Länge, Winkel). Wenn aber die korrekte Zuführung der Schneide beim Schleifen gewährleistet ist³, ist

³z. B. durch Ausrichtung des Bohrers am Laserstrahl wie in Abb. 7.12 auf Seite 72 gezeigt oder Ausrichtung in einer V-Nut-Schiene wie in Abb. 7.14 auf Seite 73 (oder, für mich veraltet, durch eine Vorrichtung wie in Abschnitt 7.7 auf Seite 79)

der Querschneidenwinkel ein wertvoller Hinweis auf die Größe des Freiwinkels⁴.

Wenn man den Freiwinkel so wie in Abb. 4.1 auf Seite 15 beschrieben misst, bestimmt man laut *mmsonline.com* einen viel kleineren Freiwinkel als tatsächlich vorhanden. Aber bei kleinen Bohrern kann man den Freiwinkel gar nicht zuverlässig messen; das ist aber auch nicht nötig, weil man automatisch den richtigen Freiwinkel erhält, wenn man den Bohrer beim Schleifen in der korrekten Höhe zuführt.

Dieser Zusammenhang zwischen Freiwinkel und Winkel der Querschneide gilt nur für den Bereich direkt bei den Schneiden! Wenn "weiter hinten" die Freifläche nicht korrekt geschliffen ist, verändert dies nur die Form, aber nicht den Winkel der Querschneide, der ja an der Spitze der Querschneide abgelesen wird.

Hinsichtlich des Freiwinkels vgl. auch Abschnit 4.6 auf Seite 25.

Tabelle 4.1: Zusammenhang von Freiwinkel und Querschneidenwinkel (Angaben aus www.mmsonline.com)

Querschneidenwinkel	Freiwinkel
0	0
30	5
40	mittel
50	11 (hoch)
55	extra hoch

4.2 Schleifscheiben einrichten und prüfen

- die Schleifscheibe muss sich vorne nach unten drehen
- für das Schleifen von Standard-Bohrern reicht eine übliche Aluminiumoxid- oder Siliziumkarbid-Scheibe der Körnung 60 oder 80 aus, sie soll hart gebunden sein. Auf einer feinen Scheibe wird der Bohrer schneller heiß. Weiche Steine muss

⁴beim Schleifen eines Bohrers mit der Vorrichtung für korrekte horizontale Schneidenlage und der Vorrichtung für korrekten Schleifwinkel und Freiwinkel (siehe Abschnitte 7.7 auf Seite 79 und 7.4 auf Seite 65) stand die Querschneide zwar mittig, aber in einem ganz falschen Winkel; die Lösung des Problems war einfach: ich hatte die Höhe über der Motorachse ganz falsch eingestellt!

- man häufiger abrichten. Mann kann das Schliff-Bild feiner machen, wenn man nach dem Abrichten die Oberfläche etwas "stumpfer" macht, indem man die Schleifscheibe mit einem groben Schleifstein⁵ kurz glättet
- neue oder neu montierte Schleifscheiben muss man immer neu einrichten⁶.
- Höhen-Schlag beseitigen, am besten mit einem Diamant-Abrichter. Ein leichter Seiten-Schlag ist für das einfache Bohrer-Schleifen nicht bedeutsam. Wenn allerdings ein Hinterschliff zum Ausdünnen der Querschneide gewünscht ist, muss auch der Seiten-Schlag beseitigt werden.
- Schleiffläche begradigen (Unebenheiten, Winkelfehler beseitigen)
 - bei Verwendung eines Diamant-Abrichters wird gleichzeitig auch die Oberfläche der Schleifscheibe geöffnet (die Schleifscheibe wird "konditioniert")
 - bei Verwendung eines Einzel-Diamanten als Abrichter muss man eine Führung für den Diamanten verwenden (ca. 10° schräg zur Schleiffläche und ca. 10° horizontale Kippung weg von der Drehrichtung der Schleifscheibe, sodass der Diamant nicht mit seiner Spitze gegen die rotierende Scheibe zeigt). Einen solchen Abrichter habe ich bei einem lokalen Werkzeughändler erworben (ca. 45€)
 - eine exakt senkrecht zur Motorachse stehende plane Schleiffläche erreicht man mit flächenhaften Diamant-Abrichtern nur mit einer Führung für den Abrichter⁷.
 Zur Not kann man auch ohne Führung planieren. Einen solchen Abrichter kann man für ca. 13 € z. B. über Amazon beziehen (Bench Diamond Dresser)
- je nach Qualität der Schleifscheiben nutzen sich diese teilweise sehr rasch ab, sodass schon nach dem Schleifen von wenigen kleineren Bohrern (z. B. $5-10\,\mathrm{mm}$) die Scheibe nicht mehr

⁵z. B. üblichen Sensenwetzstein

⁶insbesondere bei "billigen" Maschinen, bei denen ungewuchtete Scheiben und ungenaue Aufspannungen der Scheiben auf der Motorachse verwendet werden (evtl. nicht exakt zentriert, nicht exakt senkrecht zur Motorachse)

 $^{^7\}rm und$ das ist für exaktes reproduzierbares Schleifen mit einer Bohrer-Schleif-Führung erforderlich; und ohne eine solche Führung kann man kleine Bohrer kaum schleifen

- plan ist. Man muss sich angewöhnen, stets an einer anderen Stelle auf der Scheibe zu schleifen, damit sie einigermaßen gleichmäßig abgenutzt wird
- nach Einrichten der Schleifscheibe darf man diese nicht mehr demontieren; sollte eine Demontage erforderlich sein, muss die Schleifscheibe wieder neu eingerichtet werden (Höhen-Unwucht, ggf. Seiten-Unwucht, Begradigung)

Schleifscheiben muss man ebenso wie Schleifsteine regelmäßig überprüfen und dann ggf. abrichten. Oder man richtet sie regelmäßig ab, weil man sie dadurch auch ein wenig konditioniert.

Für die Überprüfung der Planheit kann man ein Stück Flacheisen oder Flach-Aluminium nehmen und dessen Kante auf einem planen Schleifstein abrichten. Dann die Kante des Flacheisens farblich markieren⁸, auf der Handauflage auflegen und leicht gegen die Schleifscheibe drücken, nicht seitlich verschieben! Man kann Dellen oder Riefen in der Schleifscheibe dann leicht als Erhebungen im Flach-Metall erkennen, dort ist die Farbmarkierung nicht abgetragen.

Immer wenn man an den eigenen Fähigkeiten zweifelt und das Schleifen der Bohrer nicht funktionieren will, sollte man die Scheibe überprüfen; das geht schnell.



Abbildung 4.2: Diamantabrichter

4.3 Handauflage

In diesem Text bin ich immer von einer horizontalen Zuführung des Bohrers an die Schleifscheibe ausgegangen. Bei meiner Schleifma-

⁸am besten mit roter Farbe; schwarze Farbe kann unter scharfem Licht leicht mit einem Schatten verwechselt werden

schine mit 150 mm Durchmesser der Schleifscheiben und bei einem gewünschten Freiwinkel von 10° muss die Bohrerschneide in 13 mm Höhe über der Motorachse an der Schleifscheibe auftreffen⁹.

Bei einem Bohrer von 10 mm Durchmesser liegt die Bohrerschneide 5 mm über dem Bohrer-Umfang, daraus ergibt sich ein "Freiraum" von nur 8 mm unter dem Bohrer, deutlich weniger als mein linker Zeigefinger dick ist. Da die Handauflage bei meiner aktuellen Schleifmaschine genau auf Höhe der Motorachse liegt, passt mein Zeigefinger nicht mehr unter den Bohrer. Deshalb war mein 10 mm-Bohrer zu bissig geworden, er hat heftig gerattert, der Freiwinkel war zu groß geraten¹⁰.

Es gibt hier zwei Lösungen:

 Handauflage in der Höhe verstellen, das ist einfach und praktikabel.

Da meine Handauflage bisher nicht ausreichend verstellbar war, musste ich die Lösung Nummer 2. anwenden, bis ich eine brauchbare Handauflage besitze.

2. Bohrer nicht horizontal zuführen, sondern mit abgesenkter Spitze¹¹.

Dafür habe ich eine technische Lösung mit einer Freiwinkel-Lehre gefunden: mit dieser Lehre kann man den Winkel ermitteln, bei dem gewünschte Höhe über der Motorachse und damit der gewünschte Freiwinkel erreicht wird; der Umgang mit der Lehre ist aber nicht sehr praktikabel; deshalb habe ich den entsprechenden Text-Teil ans Ende in den Abschnitt 7.6 auf Seite 76 ausgegliedert.

⁹vgl. Abschnitt 4.6 auf Seite 25

¹⁰oder die Schneiden waren nicht gleich lang!

¹¹mit abgesenkter Spitze bzw angehobenem Bohrerende

4.4 Schleifwinkel-Lehre



Abbildung 4.3: Schleiflehre

Preiswerte Schleiflehren für 59° Schleifwinkel bzw'118° Spitzenwinkel sind für ca. 3€ erhältlich; sie haben häufig einen Fehler: das Eck zwischen der langen Geraden und der kurzen schrägen Seite ist nicht exakt geschnitten, es muss die lange gerade Seite ganz oben im Eck sehr vorsichtig etwas ausgeschliffen werden, sodass das äußere Eck der Schneiden unbehindert an der Geraden anliegen kann. Beim Bearbeiten der Schleiflehre zwischendurch mit einem korrekt geschliffenen Bohrer kontrollieren!

Man kann alternativ zu einer solchen Schleiflehre auch ein Schleifwinkel-Testbild¹² verwenden; dies hat den Vorteil, dass man gleichzeitig die Winkel und die Längen beider Schneiden ablesen kann, und dies mit höherer Genauigkeit. Ich benutze häufig beide Methoden, bevorzuge allerdings das Testbild; das Testbild zeigt Schleif-Fehler viel leichter erkennbar an. Seitdem ich mit der Bohrer-Schleif-

¹²vgl. Abschnitt 7.1 auf Seite 57

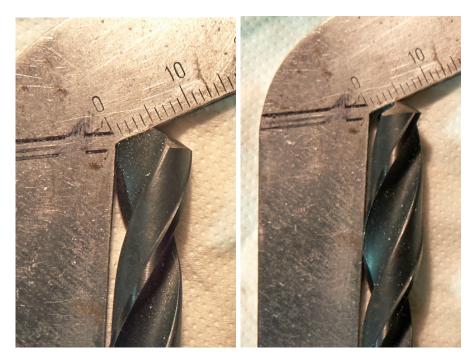


Abbildung 4.4: Schleiflehre, Prüfung des Schleifwinkels und des Freiwinkels; Freiwinkel von 10° auf der Lehre angezeichnet; der Schleifwinkel ist korrekt; der Hinterschliff ist leicht buckelig!

führung¹³ arbeite, erübrigt sich die alleinige Winkel-Messung fast immer, sodass ich beginne, nur noch mit dem Testbild zu arbeiten.

Benutzung der Schleiflehre:

- Schleiflehre sehr gut beleuchten, am besten auf einem homogenen hellen Hintergrund
- Schleiflehre so halten, dass man die Skala auf dem schrägen Schenkel lesen kann
- Bohrer an die lange Kante anlegen
- Bohrer so drehen, dass eine Schneide parallel zur Vorderseite der Schleiflehre ganz am kurzen Arm der Lehre anliegt, dann Bohrer minimal davon entfernen, bis ein minimaler Lichtspalt erkennbar wird
- Schneide, Schleifwinkel und Freiwinkel beurteilen:

¹³vgl. Abschnitt 7.4 auf Seite 65

- stimmt der Schleifwinkel?
- hat die Schneide einen Bauch oder Buckel?
- verläuft die Schneide gerade bis ganz nach außen zum Steg?
- verläuft die Schneide gerade bis ganz zur Mitte des Bohrers (bis zur Querschneide)?
- wird der Spalt zwischen Schneide und schrägem Teil der Schleiflehre in der Nähe der langen Kante der Schleiflehre größer, wenn man den Bohrer im Uhrzeigersinn dreht (in Bohrer-Arbeitsrichtung)? Wenn dabei der Spalt größer wird, zeigt das einen vorhandenen Freiwinkel an; je weiter man dreht, desto größer wird der Spalt; die Größe des Freiwinkels kann man so nicht messen, allenfalls abschätzen; auf jeden Fall darf der Spalt beim Drehen nicht gleich bleiben (kein korrekter Freiwinkel) und nicht zuerst größer werden und dann wieder kleiner (zuerst vorhandener Freiwinkel, dann verschwindender Freiwinkel)
- bei der Drehung des Bohrers in Arbeitsrichtung kann man die Form des Hinterschliffs beurteilen; er soll keine Dellen oder Buckel aufweisen¹⁴
- Bohrer wieder so drehen, dass die Schneide an der Schleiflehre anliegt, dort am Auftreffen der Querschneide auf die Hauptschneide die Länge der Schneide ablesen (an der Skala auf dem schrägen Schenkel der Schleiflehre)¹⁵. Man kann die Länge der Schneiden auch mit einem Lineal messen; das ist ebenso ungenau wie mit der Schleiflehre.
- Bohrer so drehen, dass die Querschneide senkrecht zur Schleiflehre steht, Länge der Schneide ablesen; in dieser Position kann die Länge der Schneide viel zuverlässiger ermittelt werden, als in der Position, in der der Schleifwinkel überprüft wird¹⁶; bei senkrecht stehender Querschneide ermittelt man einen höheren Wert als während der Schleifwinkel-Überprüfung
- man hat also drei Maße ermittelt:
 a Schleifwinkel: korrekt zu groß zu klein

 $^{^{14}\}mathrm{vgl.}$ Abb. 4.6 auf Seite 29

¹⁵für ein ausreichend genaues Ablesen ist die Skala nicht ausreichend unterteilt, man muss dann abschätzen: ein bisschen über 5, ein bisschen unter 5,5 ...; entscheidend ist dabei der Vergleich beider Schneiden miteinander

 $^{^{16}\}mathrm{dies}$ gilt v.a. bei unschön geschliffener Querschneide

- b Länge der Schneide-**A** (von außen bis zum Beginn der Querschneide), weniger sicher abzulesen
- c Länge der Schneide-B (von außen bis zur Mittelachse des Bohrers), zuverlässig abzulesen

Die Länge der Schneiden und die Position der Querschneide sind voneinander abhängig, man kann also zwei Beobachtungen benutzen, um ein Faktum zu beurteilen¹⁷

• Vorgang mit der zweiten Schneide wiederholen

Es ist wichtig, dass man die Ergebnisse der visuellen Prüfung der Bohrerspitze und die Beurteilung mithilfe der Schleiflehre zusammenführt. Mit der Schleiflehre kann man nicht oder schlecht, visuell aber sehr gut überprüfen:

- Lage, Winkel und Form der Querschneide
- Ausmaß des Freiwinkels, Verlauf und Ebenheit des Hinterschliffs (Freifläche)
- Ebenheit und Geradheit der Schneiden

Wenn eine der beiden Schneiden kürzer ist dann muss die kürzere Schneide nochmals geschliffen werden, sie wird dann länger und entsprechend wird die zu lange Schneide dadurch kürzer.

4.5 Trainingsmodus

Man kann den Schleifvorgang überprüfen, indem man die Spitze des Bohrers mit einem wasserfesten Filzstift anmalt¹⁸; dann kann man genau sehen, wo Material bei einer bestimmten Schleifbewegung bzw Haltung des Bohrers abgetragen wird.

Einen solchen Trainingsmodus kann man auch bei der Probebohrung anwenden: man markiert wieder die gesamte Bohrerspitze und führt die Probebohrung aus. Man sieht dann sehr genau, an welchen Stellen der Bohrer Kontakt hatte; an einem korrekt geschliffenen Bohrer wird die Markierung nur an den Schneiden-Kanten und an der Querschneide abgetragen.

Diese Markierung sollte man immer dann anwenden, wenn man sich trainieren möchte, v.a. aber dann, wenn man nicht genau weiß,

 $^{^{17}\}mathrm{dies}$ gilt nur, wenn die Querschneide korrekt geformt ist

¹⁸am besten mit roter Farbe; schwarze Farbe kann unter scharfem Licht leicht mit einem Schatten verwechselt werden

wie man den aktuellen Bohrer korrigieren muss. Ich bin immer wieder überrascht, was ich dabei herausfinde.

4.6 Freiwinkel einstellen

Übliche Standard-Spiralbohrer haben einen durchgehenden Freiwinkel von ca. 10°. Je nach Durchmesser des Bohrers¹⁹ und zu bohrendem Material verwendet man andere Freiwinkel (und evtl. auch andere Spitzenwinkel). Beim Schliff mit unterschiedlichen Freiwinkeln (z. B. sog. Vier-Facetten--Schliff) ist der erste Freiwinkel meist ca. 4°, der dahinter liegende Freiwinkel deutlich größer. Ich beziehe mich hier und im gesamten Manuskript nur auf den durchgehenden 10°-Freiwinkel. Hinsichtlich anderer Bohrer-Geometrien siehe Informationsmaterial in Abschnitt 9 auf Seite 85.

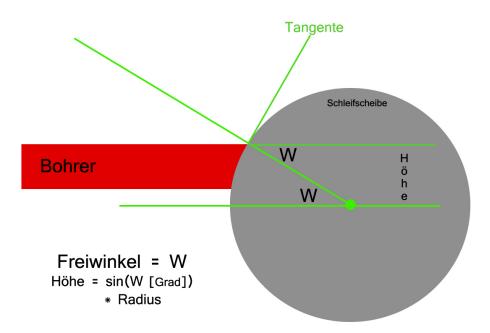


Abbildung 4.5: Freiwinkel: Errechnung der Höhe über der Motorachse aus Scheiben-Radius und gewünschtem Freiwinkel, Schleifwinkel = W = Tangente; beachten: nur die untere Hälfte des Bohrers ist gezeigt!

¹⁹kleiner Bohrer: großer Freiwinkel und umgekehrt

- wenn man ein Werkstück genau auf Höhe der Motorachse exakt horizontal zuführt, entsteht ein Hohlschliff, der senkrecht auf der Längsachse des Werkstücks steht. Hebt man die Spitze des Werkstücks an, wird das Werkstück an seiner Unterseite stärker angeschliffen (Schneide an der Oberseite, Freiwinkel an der Unterseite). Dasselbe geschieht, wenn man das Werkstück oberhalb der Motorachse horizontal zuführt. Es ist für den Freihand-Schliff vorzuziehen, den Bohrer immer horizontal zuzuführen und den Freiwinkel durch Verändern der Höhe über der Motorachse einzustellen (und nicht die Höhe über der Motorachse gleich zu halten und den Freiwinkel durch eine Neigung des Bohrers einzustellen, z. B. angehobene Spitze und abgesenktes Ende des Bohrers, um dadurch den Freiwinkel zu erhöhen)
- man kann diesen Freiwinkel in Richtung des gewünschten Winkels durch Ausprobieren verändern, am besten bei horizontaler Zuführung des Werkstücks durch Höherstellen der Handauflage oder Auflegen von planen Platten auf die Handauflage (je höher die Zulagen, desto größer der Freiwinkel)
- man kann die Höhe (h) über der Motorachse ausrechnen, die für einen bestimmten Freiwinkel (Grad) beim aktuellen Radius der Schleifscheibe (Radius) erforderlich ist (Radius in cm ergibt Höhe in cm):²⁰
 - Taschenrechner im Radian-Modus (Eingabe in **Radian**): $h = \sin(Grad * (180/\pi)) * Radius$
 - Taschenrechner im Grad-Modus (Eingabe in **Grad**): $h = \sin(Grad) * Radius$
 - bei einem Radius von 6 cm und einem gewünschten Freiwinkel von 10° ergibt sich eine Höhe von 1,04 cm; bei meiner zweiten Schleifmaschine mit einem Radius von 7,5 cm der Schleifscheiben ist die Höhe 1,3 cm
 - man kann das auch mit Zirkel und Winkelmesser grafisch darstellen und es gibt natürlich noch weitere Möglichkeiten
- mein linker Zeigefinger ist zufällig ca. 1 cm dick, erzeugt also einen passenden Freiwinkel (bei einer genau auf der Motorachse liegenden Werkstückauflage). Wäre das nicht so, müsste

²⁰bei horizontaler Bohrer-Lage

ich also den Bohrer nicht horizontal zuführen, sondern die Spitze nach oben oder unten zeigen lassen, um den Freiwinkel zu erhöhen oder zu erniedrigen

- **genau genommen:** die errechnete Höhe über der Motorachse ist der Punkt, an dem die Bohrer-Schneide auf den Schleifstein auftreffen muss, nicht die Höhe unter dem Bohrer. Je dicker der Bohrer, desto relevanter wird diese Bemerkung²¹.
- die exakte Größe des Freiwinkels ist beim manuellen Schliff weniger bedeutsam, als dass überhaupt ein nennenswerter Freiwinkel vorhanden ist (mindestens 4°, maximal 10°) und dass dieser sich schön nach hinten fortsetzt; bei einem Freiwinkel über 10° beginnen Bohrer über 6 mm zu rattern²². Ein zu großer Freiwinkel kann leicht durch gezielte Nachbearbeitung lediglich der Schneiden korrigiert werden.
- der Freiwinkel kann nur schwer gemessen werden. Man schätzt ihn in der seitlichen Ansicht ab, nachdem man den Bohrer so gedreht hat, dass beide Schneiden genau längs der Blickrichtung liegen, zwischen der sichtbaren Schneide und kurz dahinter auf dem Steg des Bohrers, im Vergleich mit der Längsachse des Bohrers, siehe Abb. 4.7 auf Seite 34.

Da dies schwierig bzw'unzuverlässig ist, muss man sich also, vor allem bei kleinen Bohrern, darauf verlassen, dass mit korrekter Bohrer-Zuführung auch der richtige Freiwinkel erreicht wird. In jedem Fall aber muss man erkennen, dass die Linie (weg von der Bohrer-Spitze) abfällt, nicht horizontal (senkrecht zur Bohrer-Längsachse) verläuft oder gar ansteigt. Insbesondere ist es wichtig, dass man am Steg eine nach hinten abfallende Linie sieht. Fehlt diese, kann der Bohrer mangels Freiwinkel nicht schneiden.

In der täglichen Praxis wird man den Freiwinkel visuell beurteilen (Winkel am Steg des Bohrers, Querschneidenwinkel) und zumindest im Zweifelsfall durch eine Probebohrung²³. Wenn der Bohrer nicht ausreichend schneidet, ist vielleicht der

²¹man muss den halben Bohrer-Durchmesser abziehen, um die korrekte Auflage-Höhe zu bestimmen; Auflagehöhe = h - (Bohrerdurchmesser/2)

 $^{^{22}}$ wenn die Schneidenlängen auch nur gering unterschiedlich sind

 $^{^{23}\}mathrm{vgl.}$ Abschnitt 4.8 auf Seite 37

Freiwinkel zu gering; schneidet er sehr gut und produziert ein hartes, ratterndes Bohrgeräusch, ist der Freiwinkel zu groß²⁴. Ob der Bohrer im Bohrloch rattert, hängt auch vom Material ab, in das man hineinbohrt. Rattert der Bohrer in Holz nicht, kann er dennoch in Metall, z. B. Aluminium rattern. Je höher die Drehzahl ist, desto leichter rattert der Bohrer im Bohrloch; bevor man also den Bohrer neu mit geringerem Freiwinkel schleift, sollte man es mit verringerter Drehzahl versuchen; und je weniger stabil die (Stand-)Bohrmaschine ist, desto leichter rattert ein Bohrer. Meine billige Hobby-Standbohrmaschine verzeiht mangels Masse keine Fehler.

Ich betone – als gebranntes Kind – dass man allzu leicht den Bereich ganz hinten, am Ende der Freiwinkel-Fläche übersieht; wenn dort zu wenig hinterschliffen ist, dann beißt der Bohrer nicht, man muss zu sehr drücken. Und wenn man dann denkt, der Freiwinkel an der Schneide sei zu klein und man deshalb den Freiwinkel vergrößert, dann hat man an der falschen Stelle korrigiert und hat einen ratternden Bohrer. Besser ist es, ganz hinten in der Nähe der Spannut etwas mehr zu schleifen, damit der Bohrer hier ganz sicher nicht aufsitzt; der Bohrer verliert dadurch nicht viel an Stabilität.

Entscheidend ist der Freiwinkel direkt hinter der Schneide; im weiteren Verlauf hinter der Schneide darf der Hinterschliff stärker abfallen²⁵, aber er darf nicht wieder ansteigen. Den Freiwinkel kann man dort relativ gut sehen, wo der Hinterschliff auf die nicht beschliffene Fläche des Bohrers trifft, weil sich hier eine abgrenzende Linie abzeichnet; ob aber die dahinter liegende Fläche weit genug beschliffen ist, kann man schlecht sehen. Ganz einfach kann man das bei einer Probebohrung mit farbmarkierter Bohrerspitze sehen: wo die Farbe durch das Bohren abgerieben ist, wurde ein unzureichender Hinterschliff erstellt.

Man kann einen zu großen Freiwinkel dadurch korrigieren, dass man vorne an der Schneide mit einem kleineren Freiwinkel nachschleift und diesen Schliff nur wenig weit nach hinten durchführt. Umgekehrt geht das aber nicht; wenn der Grundschliff einen zu

²⁴oder die Schneiden sind, wenn auch nur gering, unterschiedlich lang

 $^{^{25}}$ das geschieht z. B. beim *4-Facetten-Schliff*, bei dem in einem kleinen Abstand hinter der Schneidkante eine zweite stärker abfallende Fläche angeschliffen wird

kleinen Freiwinkel hat, muss man den Bohrer erst mit dem größeren Freiwinkel komplett schleifen!

Auch bei korrekter Einstellung des Freiwinkels wird der gewünschte Freiwinkel und sein korrekter Verlauf erst dann erreicht, wenn man "hinten" auch ausreichend schleift! Es stört nicht, wenn der Hinterschliff etwas stärker ausgeführt als für eine gleichmäßig zunehmend abfallende Freifläche erforderlich wäre. In der Abbildung 4.6 wird ein korrekter neben einem buckligen Hinterschliff gezeigt; der Buckel entstand durch unzureichenden Schliff hinter der korrekt geschliffenen Schneide.

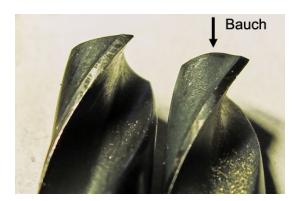


Abbildung 4.6: Zwei Bohrer mit korrektem Hinterschliff bzw mit unzureichendem Hinterschliff hinter der Schneide

Ein zu kleiner Freiwinkel reduziert die Schneidfähigkeit des Bohrers, ein zu großer Freiwinkel macht den Bohrer aggressiver, aber auch die Schneidkante weniger stabil. Ein zu großer Freiwinkel führt leicht zu einem ratternden Bohr-Vorgang.

Man sollte Variationen des Freiwinkels erst versuchen, wenn man genügend Erfahrung mit dem üblichen Freiwinkel hat.

Die Tabelle 4.2 auf der nächsten Seite zeigt die Höhe über der Motorachse bei verschiedenen Schleifscheiben-Größen und verschiedenen Freiwinkeln²⁶; für nicht aufgeführte Schleifscheiben-Radien müssen Sie den jeweiligen zu einem Freiwinkel gehörigen Sinus-Wert mit dem Radius mulitiplizieren.

²⁶bei horizontaler Bohrer-Zuführung

Die Tabelle 4.3 auf der nächsten Seite zeigt die von regalcuttingtools²⁷ empfohlenen Freiwinkel bei verschiedenen Bohrer-Durchmessern und verschiedenen zu bohrenden Materialien. Die preiswerten Spiralbohrer sind mit Freiwinkeln geschliffen wie unter "Standard" gelistet.

Tabelle 4.2: Zusammenhang von Freiwinkel [Grad] und Höhe [mm] über der Motorachse bei verschiedenen Schleifscheiben-Radien [mm]

	O11 [11111]				
Freiwinkel		Radius 60	Radius 75	Radius 87,5	Radius 100
Grad	sin()	$H\ddot{o}he[mm]$	$H\ddot{o}he[mm]$	Höhe [mm]	Höhe [mm]
1	0,0175	1,0	1,3	1,5	1,8
2	0,0349	2,1	2,6	3,0	$3,\!5$
3	0,0523	3,1	3,9	4,6	5,2
4	0,0698	4,2	5,2	6,1	$7{,}1$
5	0,0872	5,2	6,5	7,6	8,8
6	0,1045	6,3	7,8	9,1	10,5
7	0,1219	7,3	9,1	10,7	12,2
8	0,1392	8,4	10,4	12,2	14,0
9	$0,\!1564$	9,4	11,7	13,7	15,6
10	$0,\!1736$	10,4	13,0	15,2	17,4
11	$0,\!1908$	$11,\!4$	14,3	16,7	19,1
12	0,2079	12,5	15,5	18,2	20,8
13	$0,\!2250$	13,5	16,9	19,6	$22,\!5$
14	0,2419	$14,\!5$	18,1	21,2	24,2

Für nicht aufgeführte Radien: sin()-Wert mit dem Radius multiplizieren.

²⁷siehe Abschnitt 9

Tabelle 4.3: Empfohlene Freiwinkel bei verschiedenen Bohrer-Messern und verschiedenen zu bohrenden Materialien

Durchmesser amerikanisch	Durchmesser Millimeter	Material Standard	Material hart / zäh	Material weich
80 - 61	0,33 - 1	24	20	26
60 - 41	1 - 2,4	21	18	24
40 - 31	$2,\!4-3$	18	16	22
30 - 1/4	$3,\!25-6,\!3$	16	14	20
$\mathrm{F}-11/32$	$6,\!5-8,\!7$	14	12	18
$\mathrm{S}-1/2$	$8,\!8-12,\!5$	12	10	16
33/64 - 3/4	13 - 19	10	8	14
$49/64 \dots$	$19 \dots$	8	7	12

4.6.1 Erreichen des Freiwinkels beim frei-Hand-Schliff

- der übliche Winkel des Hinterschliffs liegt bei etwa 10°; kleine Freiwinkel führen zu weniger schnellem Eindringen des Bohrers in das Material und zu einer stabileren Schneide; bei großem Freiwinkel wirkt der Bohrer agressiver, beginnt schon bei leichtem Druck zu schneiden, dringt aber evtl. zu schnell ein.
- den Freiwinkel beinflusst man durch die Höhe über der Motorachse; soll der Freiwinkel größer werden, kann man den linken Zeigefinger drehen, um ihn an dieser Stelle höher zu machen, oder den Bohrer an einer dickeren Stelle des Zeigefingers auflegen oder die Handauflage höher einstellen oder die Handauflage gegenüber der Motorachse nach oben kippen (nahe an der Schleifscheibe höher als am entfernten Ende der Auflage) oder den Bohrer in seiner Längsachse nicht horizontal, sondern nach oben gekippt (Spitze höher als Ende des Bohrers) an die Schleifscheibe heranführen. Um die komplexe Geometrie des Schleifvorgangs nicht unnötig kompliziert zu gestalten, bevorzuge ich die Korrektur des Freiwinkels durch die Höhe des untergelegten linken Zeigefingers und horizontale Zuführung des Bohrers.
- der Hinterschliff muss gleichmäßig bis zum Beginn der Spannut reichen²⁸; ist dies nicht der Fall, muss man den Hinterschliff kräftiger schleifen und dabei das Ende des Bohrers weiter absenken; nicht den Bohrer um seine Längsachse drehen; der Hinterschliff wird nicht korrekt, wenn die Schneide am Beginn des Schleifens nicht horizontal ausgerichtet war.

4.7 visuelle Beurteilung (mit dem Auge, mit Lehren)²⁹

Die visuelle Beurteilung der Bohrerspitze ist eine sehr empfindliche und aussagekräftige Methode, sie kann nicht durch Messungen mit der Bohrer-Schleiflehre oder mit dem Schleifwinkel-Testbild ersetzt werden. Kürzlich habe ich beim Schleifen eines 6,5 mm-Bohrers die

 $^{^{28}\}mathrm{durch}$ die das abgeschnittene Material abtransportiert wird

²⁹Schleifwinkel-Lehre siehe Abschnitt 4.4 auf Seite 21, Schleifwinkel-Testbild siehe Abschnitt 7.1 auf Seite 57

visuelle Beurteilung ausgelassen und gleich mit der Schleiflehre und dem Testbild kontrolliert; beide Methoden zeigten keine eindeutigen Abweichungen; als ich dann die Spitze angesehen habe, sah ich eine asymmetrische Querschneide! Nach einem kleinen Korrektur-Schliff an beiden Schneiden unter strenger Beachtung der horizontalen Lage der Schneiden waren dann das Aussehen der Spitze und die Befunde mit der Schleiflehre und dem Testbild und die Testbohrung komplett in Ordnung.

Die visuelle Beurteilung ist die einzige einigermaßen brauchbare Methode für die Beurteilung des Freiwinkels, man kann die Größe des Freiwinkels damit aber nicht messen. Eine Testbohrung mit farbmarkierter Bohrerspitze kann ebenfalls gute Hinweise auf einen korrekten Freiwinkel liefern: wo die Farbe abgetragen wurde, ist der Hinterschliff nicht korrekt. Für die Form der Freifläche entscheidend ist die richtige Höhe des Schliffbeginns bei horizontaler Lage der Bohrer-Längsachse.

Visuelle Beurteilung:

- sind die Schneiden von der Querschneide bis außen geschliffen, sind die Schneiden gleich lang, an der Kante glatt und in der Fläche nicht wellig?
- Abhängig von der Form der Span-Nut sind die Schneiden in der zentralen Aufsicht auf die Bohrerspitze mehr oder weniger gebogen³⁰; beim Blick vom Hinterschliff aus oder von vorn direkt auf die Schneidkante müssen die Schneiden aber gerade sein.
- existiert eine Querschneide und steht diese in der Mitte zwischen zwei gleich langen Schneiden im korrekten Winkel von ca. 50° und ist die Querschneide symmetrisch und schlank und gerade?

Die Querschneide beginnt an der inneren Seite einer Schneide und zieht schräg zum Beginn der anderen Schneide, das ergibt einen Winkel von ca. 50° zur anderen Schneide hin geneigt. Diesen Winkel beurteilt man am besten, indem man den Bohrer genau von oben aus ansieht und die Schneiden so dreht, dass sie auf zwei Parallelen liegen. Eine schöne Querschneide erreicht man nur, wenn die Schneide beim Schleifen genau parallel zur Motorachse liegt und wenn man den Bohrer während

 $^{^{30}}$ vergleiche Abbildung 4.7 auf der nächsten Seite, rechter Teil

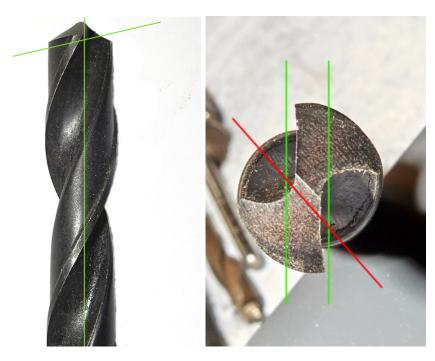


Abbildung 4.7: unbenutzter Bohrer – Winkel an den Fotos und am Bohrer direkt ermittelt; **links**: abfallende Linie des Hinterschliffs (Freiwinkel), Winkel ca. 13°; **rechts**: die Querschneide steht im Winkel von 49° zu den beiden parallel liegenden Hauptschneiden; laut Tabelle 4.1 auf Seite 17 müsste die Querschneide im Winkel zwischen 50 und 55° stehen, bzw bei einem Querschneidenwinkel von 49° wäre der Freiwinkel 11°

des Schleifens nicht dreht! Wenn die Querschneide zu wenig zur anderen Schneide hin geneigt ist, war die Schneide evtl. beim Schleifen nicht parallel zur Motorachse, sondern war der Bohrer in seiner Längsachse nach links gedreht, er muss also für den nächsten Schliff ein wenig nach rechts, in Richtung der Bohrer-Arbeitsrichtung gedreht werden. Unzureichende Parallelität der Schneide zur Motorachse führt zu einer breitbasigen und ungeraden und im falschen Winkel stehenden Querschneide. Bei größeren Bohrern kann man die notwendige exakt mittige Lage der Querschneide durch Messung der Länge beider Schneiden mithilfe der Schleiflehre³¹ bestimmen³²:

Schneide anlegen, auf der Skala am schrägen Schenkel der Lehre ablesen, wie weit die Querschneide von der Außenseite der Schneide entfernt ist, Vorgang an der anderen Schneide wiederholen; wenn beide Schneiden gleich lang sind, liegt die Querschneide mittig.

Achtung: die Querschneide kann in der Mitte liegen, obwohl die beiden Schneiden nicht den gleichen Schleifwinkel haben!

- ist der Freiwinkel korrekt, d. h. der Hinterschliff ist bereits am Steg sichtbar und fällt gleichmäßig ab und geht bis zur Spannut? Ist der Freiwinkel nicht zu groß oder zu klein? Wenn der Hinterschliff nicht bis zur Spannut gleichmäßig abfällt, wurde der Bohrer beim Absenken des Bohrer-Endes etwas gegen den Uhrzeigersinn gedreht, die Bewegung muss also dergestalt verändert werden, dass man den Bohrer am Ende des Hinterschliffs nicht dreht oder allenfalls etwas im Uhrzeigersinn (in Richtung der Bohrdrehung) dreht. Entscheidend für einen ausreichend aggressiv schneidenden Bohrer ist der Freiwinkel direkt hinter der Schneide! Wenn der Freiwinkel direkt hinter der Schneide zu groß ist, schneidet der Bohrer sehr aggressiv, die Schneide ist aber sehr empfindlich und reißt leicht ein.
- ist der Hinterschliff gleichmäßig? Ein mit der "Hebetechnik" geschliffener korrekter Hinterschliff formt eine Zylindermantelförmige Oberfläche. Manche Hersteller von Bohrer-Schleifhilfen propagieren einen sog. 4-Facetten-Schliff, bei dem an der Schneide beginnend ein (nicht kegelförmiger) Hinterschliff erzeugt wird und anschließend ein zweiter, steilerer, ebenfalls nicht kegelförmiger Hinterschliff (erste und zweite Freifäche). Da professionelle Bohrer-Schleifmaschinen zumeist einen kegelförmigen Hinterschliff erzeugen, misstraue ich der 4-Facetten-Methode, habe aber keine Erfahrung damit. Den Hinterschliff kann man nicht gut separat korrigieren, wenn man

 31 oder mit dem Testbild, vgl. Abschnitt 7.1 auf Seite 57

³²solange das Schliffbild noch nicht korrekt ist (obige Punkte), ist das aber noch nicht sinnvoll

- "frei"=Hand" schleift; man sollte immer vorne an der Schneide zu schleifen beginnen, ganz vorsichtig, und dann den Druck gegen die Schleifscheibe leicht erhöhen und damit überwiegend den Hinterschliff verbessern.
- der korrekte Verlauf des Hinterschliffs ist visuell nicht zuverlässig zu beurteilen; man kann lediglich größere störende "Bäuche" erkennen. Wenn ein Bohrer viel Druck braucht, um z. B. in Eisen einzudringen, kann das auf einen ungenügenden Hinterschliff hinweisen.
 - Man muss dann die gesamte Bohrer-Front farblich markieren und eine Probebohrung ausführen (vorsichtig, ohne Öl); dann ist visuell leicht zu erkennen, ob außer den Schneiden und der Querschneide noch andere Bereiche im Bohrloch Kontakt haben (Markierung ist abgetragen). Der Hinterschliff darf evtl. leicht unregelmäßig oder stärker als nötig sein oder aus mehreren Teilflächen bestehen; solange er nicht zu gering ist, stört das beim Bohren nicht
- ist der Schleifwinkel an beiden Schneiden gleich und ist er korrekt (Bohrer-Schleiflehre)? Kleine, soeben mit der Schleiflehre erkennbare Abweichungen sind nicht bedeutsam, sofern sie an beiden Schneiden gleichermaßen abweichen; die Schneiden müssen aber³³ erkennbar gerade sein, Einbuchtungen oder Buckel sind nicht zu dulden und weisen auf eine nicht plane Schleifscheibe hin oder auf einen unvollständigen Schleifvorgang oder auf einen Schleifvorgang, der nicht wie erforderlich an der Schneide beginnt und hinten unten am Ende des Hinterschliffs aufhört
- es ist immer hilfreich, bei kleinen Bohrern ist das aber unerlässlich, für die Kontrolle eine Lupe (2 – 5-fach) zu verwenden. Mit der Lupe sind kleine Abweichungen der Geometrie leicht zu erkennen, die eine schlechte Schneidleistung erklären.
- wenn man Zweifel hat, ob der Schliff korrekt ausgeführt worden ist, sollte man den Trainingsmodus anwenden, vgl. Abschnitt 4.5 auf Seite 24.
- wenn eine der beiden Schneiden kürzer ist dann muss die kürzere Schneide nochmals geschliffen werden, sie wird dann

³³in der Aufsicht

länger und entsprechend wird die zu lange Schneide dadurch kürzer.

Nach der gründlichen Besichtigung der Bohrer-Spitze sollte immer eine "Messung" mit der Bohrer-Schleiflehre und mit dem Schleifwinkel-Testbild erfolgen.³⁴

Ich habe wiederholt Hinweise auf absichtlich ungleich lang geschliffene Schneiden gefunden; diese Autoren benutzen ungleiche Längen, um "leicht übergroße" Löcher zu bohren und sich das Aufweiten ("Räumen") des Lochs z. B. mit einer Reibahle zu ersparen. Das Bohren mit ungleich langen Schneiden führt aber zu unrunden Löchern. Ich habe keine Erfahrungen mit einem solchen Vorgehen.

4.8 Probebohrung

Wenn der Bohrer die visuelle Kontrolle der Geometrie und die Kontrolle mit der Bohrer-Schleiflehre und dem Schleifwinkel-Testbild bestanden hat, dann folgt eine Probebohrung in Aluminium oder in Eisen³⁵. Ich bohre immer zuerst in Aluminium, weil man dort mit geringem Druck anbohren kann und sofort durch ein unrundes Loch und durch Rattern ungleiche Schneidenlängen erkennen kann; harter Kunststoff verzeiht viele kleine Fehler; Holz verzeiht auch größere Fehler.

Diese Probebohrung sollte man, wenn verfügbar, an einem Bohrständer vornehmen, da der Bohrer beim Freihand-Bohren nur schwerlich in beiden Achsen senkrecht auftrifft, dann beim Anbohren zur Seite wegläuft und das Loch schräg zur Oberfläche zu schneiden beginnt. Man sollte ohne Vorbohrung arbeiten, um Fehler an der Querschneide leichter zu erkennen. Man sollte mit geringer Drehzahl bohren, damit man auch kleine Fehler erkennen kann, die bei hoher Drehzahl "übertüncht" werden und damit man einen falsch geschliffenen Bohrer nicht sofort beschädigt.

Ebenso sollte man, solange man sich im "Trainings-Modus" befindet, vor der Probebohrung die gesamte Bohrerspitze farblich markieren, damit man sowohl das Loch und die Späne als auch die

 $^{^{34}}$ Schleifwinkel-Lehre siehe Abschnitt 4.4 auf Seite 21, Schleifwinkel-Testbild siehe Abschnitt 7.1 auf Seite 57

 $^{^{35}\}mathrm{und}$ / oder in dem Material, für dessen spezifische Belange er nachgeschliffen wird

Bohrerspitze beurteilen kann. Kleine, aber evtl. bedeutsame Fehler kann man mit dem Auge und den Messungen (Bohrer-Schleiflehre, Schleifwinkel-Testbild) nicht gut erkennen, aber z.B. ein kleiner Buckel im Hinterschliff, der einen erhöhten Druck beim Bohren erfordert, kann ganz leicht daran erkannt werden, dass die Farbmarkierung dort bei der Probebohrung abgetragen wurde.

Man beurteilt folgende Phasen: 1. Loch nur wenig angebohrt, 2. Loch teilweise soweit angebohrt, dass die Schneiden vollständig ins Material eingedrungen sind, 3. Loch durchgebohrt.

Mögliche Fehler sind in der Klammer angegeben.

- läuft der Bohrer beim Anbohren auf einer glatten Oberfläche zur Seite weg? (Querschneide im falschen Winkel oder unförmig oder nicht mittig)
- schneidet der Bohrer gierig genug oder braucht er zu viel Druck? (meist: falscher Freiwinkel, bucklige Schneide, unschöne Querschneide, Hinterschliff zu gering oder buckelig)
- produziert der Bohrer nicht zwei ähnlich aussehende Späne (einer pro Schneide)? (ungleicher Schleifwinkel oder ungleich lange Schneiden)
- erzeugt der Bohrer ein unrundes Loch? (Schneiden ungleich lang oder in ungleichem Winkel und damit Querschneide nicht in der Mitte bzw'nicht im richtigen Winkel)
- rattert der Bohrer zunehmend, je tiefer er eindringt? (Freiwinkel an der Schneide zu groß, Schneiden ungleich lang)
- hört man zwar kein Rattern, sieht man aber feine radiale Marken in einem teilweise angebohrten Loch, so sind am ehesten die Schneiden ungleich lang; auch fehlendes Öl kann (beim Bohren in Metall) zumindest teilweise schuld sein
- zeigen die Flanken bzw'der Boden des begonnenen Bohrlochs kreisrunde Riefen? (uneben geschliffene Schneiden, Scharten in der Schneide)
- Stufe am Übergang vom zylindrischen Anteil des Bohrlochs zum Boden des Bohrlochs (ungleich lange Schneiden)
- kleine zerrissene Späne (viele Ursachen, v.a. zu geringer Freiwinkel oder nicht bis zur Spannut gleichmäßig verlaufender Hinterschliff oder unscharfe Schneiden)
- hat das Bohrloch einen erhabenen Randwall? (Grat an der Oberkante oder der Unterkante der Schneiden , d. h. in der

- Spannut; Geometrie der Schneiden stimmt zumindest in der Peripherie nicht)
- ist das Bohrloch zu groß³⁶? (viele Ursachen: v.a. ungleiche Schleifwinkel, ungleiche Länge der Schneiden)³⁷
- produziert die Querschneide eine gut abgegrenzte ebene Fläche am Boden des Bohrlochs?
- wenn man immer noch nicht erkennt, warum der Bohrer schlecht schneidet: gesamte Bohrer-Front mit Filzstift anmalen, erneute Probebohrung (ohne Schmiermittel) durchführen. Man erkennt dann bereits beim Anbohren des Lochs, wo der Bohrer Kontakt mit dem Werkstück hat; bei einem korrekt geschliffenen Bohrer sollte die Farbmarkierung nur an der Querschneide und an den beiden Schneiden abgetragen worden sein. Mit diesem Test habe ich z. B. herausgefunden, dass der Hinterschliff ganz hinten ungenügend war; eine kleine Korrektur an dieser Stelle hatte einen durchschlagenden Erfolg! Vergleiche Abb. 4.9 auf der nächsten Seite bei einigermaßen schneidendem Bohrer, Fehler an abgetragener Markierung erkennbar.

Man kann die gefundenen Fehler vorsichtig zu korrigieren versuchen, auch an einzelnen Schneiden, die z.B. fraglich oder gering kürzer sind als die andere oder die einen minimal abweichenden Schleifwinkel zeigen. Wenn aber mehrere Fehler gleichzeitig auftreten, sollte man den Bohrer nicht korrigieren, sondern beide Schneiden und den Hinterschliff neu anschleifen.

³⁶die Größe des Bohrlochs prüft man, indem man die Spitze des Bohrers in verschiedenen Drehrichtungen in das Bohrloch einführt oder das Bohrloch mit der Schieblehre ausmisst; bei einem korrekt gebohrten Bohrloch geht manchmal der Schaft des Bohrers nicht oder nur schwer ins Bohrloch

³⁷Löcher von manuell geschliffenen Bohrern sind immer etwas größer als der Bohrer-Durchmesser, das ist nicht vermeidbar; der Bohrer soll in das von ihm gebohrte Loch aber sehr knapp hineinpassen; Profi-Bohrer verhalten sich ebenso und werden deshalb kleiner hergestellt, z. B. 7,98 mm für ein 8 mm-Loch

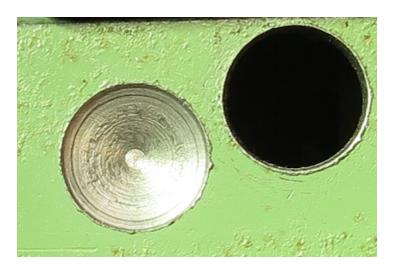


Abbildung 4.8: Probebohrung in Eisen: Loch mit aufgeworfenem Rand, zirkuläre Riefen im Bohrloch, sauberes Loch von der Querschneide "geschnitten"



Abbildung 4.9: Probebohrung in Aluminium: Hinterschliff an der Querschneide und ganz hinten an der Spannut ungenügend, Markierung deshalb abgetragen; Schneide nicht sauber geschliffen, deshalb Markierung teilweise kurz hinter der Schneide abgetragen

5 Schleifvorgang

Ich behandle hier nur Standard-Spiralbohrer: Spitzenwinkel 118°, durchgehender Freiwinkel von ca. 10°, keine zusätzlichen Schliffvarianten wie z.B. "Ausspitzen" der Querschneide oder zweite Freiwinkel-Facette. Hinsichtlich anderer Bohrer-Geometrien siehe Informationsmaterial in Abschnitt 9 auf Seite 85. Es führen anscheinend auch andere Schleiftechniken zum Erfolg. Ich schleife aber so, wie mein lokaler Fachmann es macht und wie die für mich zuverlässigsten Video-Anleitungen es zeigen; vgl. Abschnitt 9 auf Seite 85. Man kann auch an anderen Schleifmaschinen schleifen¹, ich verwende aber einen einfachen preiswerten Doppelschleifbock.

Wenn man einen Bohrer schon vielfach nachgeschliffen hat, muss man beachten, dass der Steg immer dicker wird, je näher man zum Ende des Bohrers kommt. Man wird ihn dann evtl. doch "ausspitzen" müssen.

Wenn man einen schlimm falsch geschliffenen oder stark beschädigten Bohrer nachschleift und dabei viel Material abträgt, dann verändert sich die Lage der Hauptschneiden². Ist der Bohrer in irgendeiner Führung eingespannt, die die exakte horizontale Lage der Schneiden gewährleisten soll, dann muss man den Bohrer in dieser Führung neu positionieren.

Ich habe meine Bohrer vorläufig mit Absicht nicht ausgespitzt³. Dass sie im Originalzustand nicht ausgespitzt sind, hat vielfache Gründe. Sehr dicke Bohrer muss man aber ausspitzen, weil sie sonst zu schnell sehr heiß werden; oder man muss eine Vorbohrung machen⁴. Etwa 70 % der Kraft werden von der nicht schneidenden Querschneide verbraucht. Wenn ich "frei Hand" in Metall bohren muss, werde ich einen dickeren Bohrer aber wohl doch ausspitzen.

 $^{^{1}\}mathrm{z}.$ B. Bandschleifer, an der Seite einer dünnen Schleifscheibe etc.

²die Lage der Schneiden "dreht" sich im Verhältnis zum Schaft

³um die Geometrie nicht unnötig kompliziert zu machen

⁴Durchmesser der Vorbohrung gleich wie Länge der Querschneide oder leicht kleiner, nie größer!

Solange man kein sehr geübter Schleifer ist, oder wenn man Probleme mit einem Bohrer hat, sollte man den Trainingsmodus einschalten, siehe Abschnitt 4.5 auf Seite 24.

Achtung: meine Empfehlung für den Schleifvorgang hat sich mittlerweile grundlegend geändert, nachdem ich vom "frei-Hand-Schleifen" zum Schleifen mit einem in der Höhe einstellbaren und kippbaren Winkelanschlag und dann zur Führung des Bohrers in einer V-Nut-Schiene an diesem Winkelanschlag übergegangen bin, siehe "zweite Zwischenbilanz" in Abschnitt 6.2 auf Seite 54.

Durch die Hilfsvorrichtungen, die in Abschnitt 7 auf Seite 57 beschrieben sind, ist das Schleifen viel einfacher, zuverlässiger und viel schneller geworden.

Ich beschreibe in diesem Abschnitt den Schleifvorgang beim freihändigen Schleifen ausführlich, Sie sollten die Lektüre dieses Abschnitts nicht auslassen. In den "Zwischenbilanzen" beschreibe ich, was mir bei freihändigem Schleifen aufgefallen ist. Den geänderten aktuellen Arbeitsablauf beschreibe ich im Abschnitt 8 auf Seite 83, von wo aus ich mehrfach auf diesen "konventionellen" Vorgang verweise.

5.0.1 Kurzfassung des Schleif-Vorgangs

- 1. Bohrer inspizieren⁵
- 2. Bohrer im Winkel von 59° vor die Schleifscheibe halten
- 3. Bohrer in die richtige Höhe über der Motorachse bringen⁶
- 4. Bohrer-Längsachse horizontal ausrichten
- 5. Bohrer drehen, bis die Schneide genau (!) horizontal liegt⁷
- 6. Schneide anschleifen, weiterschleifen und dabei
- 7. Bohrer-Ende senken und Bohrer-Spitze anheben, Bohrer nicht schwenken, nicht verschieben, nicht drehen; bei diesem Kipp-Vorgang dreht sich der Bohrer um seine eigene Querachse, nicht um eine Achse des Schleifbocks!
- 8. Bohrer sofort kühlen
- 9. Schleifergebnis ansehen, evtl. diese Schneide nochmals anschleifen

 $^{^5 \}mathrm{vgl}.$ Schleifvorgang, Punkt 1. bis 4. in Abschnitt 5.0.2.2 auf Seite 45

⁶vgl. Freiwinkel einstellen in Abschnitt 4.6 auf Seite 25

⁷vgl. Abschnitt 7.7 auf Seite 79

- 10. für die zweite Schneide weiter mit Punkt 2.. Nach Schliff der zweiten Schneide nochmals zu Punkt 1., wenn dort normale Beurteilung: weiter mit der visuellen Überprüfung⁸ und dann mit der Probebohrung⁹.
- 11. wenn eine der beiden Schneiden kürzer ist, dann muss die kürzere Schneide nochmals geschliffen werden, sie wird dann länger und entsprechend wird die zu lange Schneide dadurch kürzer.

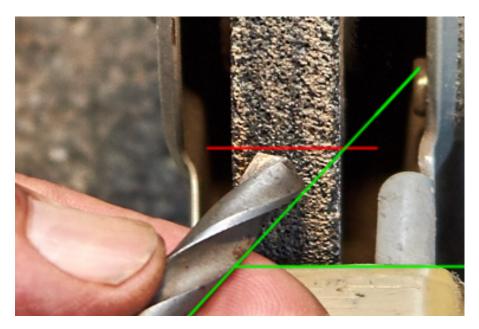


Abbildung 5.1: Bohrer vor der Schleifscheibe; der Schleifwinkel von 59° ist korrekt (grün); die Schneide ist noch nicht parallel zur Motorachse (vgl. mit der roten Linie); die Bohrer-Längsachse ist noch gekippt (Spitze zeigt nach oben), der Bohrer muss aber horizontal in der richtigen Höhe (rote Linie) an die Schleifscheibe geführt werden für den richtigen Freiwinkel; die Werkzeugauflage wurde aus fotografischen Gründen falsch justiert

⁸vgl. Abschnitt 4.7 auf Seite 32

⁹vgl. Abschnitt 4.8 auf Seite 37



Abbildung 5.2: Bohrer vor der Schleifscheibe; der Schleifwinkel von 59° ist korrekt; die Schneide liegt exakt parallel zur Motorachse (vgl. mit der Handauflage, grüne Linien); der Bohrer ist horizontal zugeführt

5.0.2 Genauer

5.0.2.1 Vorbemerkung

- immer nur kurz schleifen, Bohrer immer sofort in Wasser kühlen. Die Bohrerspitze soll nicht heiß werden, nicht braun oder gar blau anlaufen, sonst wird der Stahl weich! Man kann nicht mit dem Finger prüfen, ob der Bohrer gekühlt werden muss; man bemerkt die hohe Temperatur des Bohrers verzögert und verbrennt sich evtl. den Finger, statt rechtzeitig zu kühlen!
- für größere Bohrer reicht eine recht grobe Scheibe (Korn 60 oder 80) aus, Enthusiasten können einen Endschliff mit einer feineren Scheibe anschließen. Mit der groben Schleifscheibe wird der Bohrer beim Schleifen weniger heiß.
- wenn der Schliff nicht so ausfällt wie erwartet, ist die Scheibe evtl. nicht mehr plan (vgl. Abschnitt 4.2 auf Seite 17)

- Schleifwinkel auf Handauflage anzeichnen (mehrere parallele Striche); Standard-Bohrerwinkel ist 118°, der Schleifwinkel (Winkel zwischen der Vorderkante der Schleifscheibe und der Bohrer-Längsachse) also jeweils 59° an beiden Schneiden¹⁰
- kleine Bohrer (ca. unter 3 mm) sollte man mit einer feinen Scheibe schleifen, da sonst zu viel Material abgetragen wird und außerdem im Verhältnis zu den kleinen Schneiden zu große Riefen zurückbleiben
- im Verhältnis zum Schliff direkt an der Schneide braucht man für den Schliff der Freifläche ("Hinterschliff") erstaunlich lange Zeit, v.a. dann, wenn man den Bohrer nicht nur nachschärft, sondern grundsätzlich korrigiert.

Da man das korrekte Abfallen der Freifläche nicht gut beurteilen oder gar messen kann, muss man hier mehr Aufwand betreiben (genaues visuelles beurteilen, oder z.B. durch Farb-Markieren der Bohrerspitze und eine Probebohrung).

Ich suche noch nach einer Methode, dies v.a. bei kleinen Bohrern sicher zu beurteilen. Im Zweifelsfall kann man natürlich die Freifläche intensiver schleifen als ursprünglich gedacht; ein etwas zu intensiver Hinterschliff schadet nicht, zu geringer Hinterschliff behindert aber die Arbeit der Schneiden, der Bohrer dringt nur "mit Gewalt" ins Loch ein.

Man kann den Hinterschliff nur dort einigermaßen beurteilen, wo der Freiwinkel bei direktem Blick auf den Steg erkennbar ist¹¹; den Verlauf weiter zum Zentrum des Bohrers hin und bis zum unteren Ende Freifläche hin kann man nur einigermaßen abschätzen, wenn man den Bohrer dreht.

Hier habe ich also einiges zu klären!

5.0.2.2 Schleifvorgang

- 1. weil ich selbst immer wieder in diese Falle tappe: muss die Schleifscheibe abgerichtet werden?
- 2. zuerst den Bohrer visuell genau beurteilen¹²: sind Geometrie-Fehler vorhanden, sind Scharten vorhanden (oben, an der Schneidkante, in der Spannut)?

 $^{^{10}\}mathrm{bzw}\dot{\,}149^{\circ},$ wenn man von der Motorachse (oder Geräte-Vorderkante) aus misst

 $^{^{11}}$ vgl. Abbildung 4.1 auf Seite 15

¹²vgl. Abschnitt 4.7 auf Seite 32

- 3. mit dem Fingernagel auf Grate oder Scharten prüfen
- 4. aktuellen Winkel und Länge beider Schneiden mit der Bohrer-Schleiflehre oder mit dem Testbild¹³ bestimmen
- 5. ein Grat in der Spannut muss vor dem Schliff¹⁴ entfernt werden (mit rundem Schleifstab, Formstein für Bildhauer-Eisen, runder Diamantfeile)^{15, 16}
- 6. (für Rechtshänder) linken Zeigefinger auf die Handauflage nicht zu nahe der Schleifscheibe auflegen, Bohrer auf den linken Zeigefinger auflegen und mit der rechten Hand am Ende festhalten (Zeigefinger und Daumen) und die Längsachse horizontal halten, die Schneide horizontal, d. h. parallel zur Motorachse ausrichten. Den gewünschten Freiwinkel erreicht man, wenn der Schleifvorgang (bei horizontaler Zuführung des Bohrers) an der Schneide in der richtigen Höhe über der Motorachse beginnt¹⁷. Bei meiner Schleifscheibe mit 120 mm Durchmesser erreiche ich einen Freiwinkel von 10°, wenn der Kontakt der Schneide mit dem Schleifstein bei 1,04 cm über der Motorachse erfolgt, das entspricht etwa der Dicke der Fingerbeere meines linken Zeigefingers (wenn sie etwas eingedrückt ist)
- 7. Bohrer-Längsachse an den aufgemalten Strichen (Schleifwinkel) ausrichten
- 8. Bohrer vorsichtig nahe an die Schleifscheibe heranführen, ohne zu schleifen, dann den Bohrer um seine Längsachse so drehen, dass die Schneide horizontal liegt (d. h. parallel zur Motorachse)¹⁸; vor allem bei kleinen Bohrern ist das nicht leicht zu erkennen; Tip: wenn die Bohrerschneide ganz nahe

¹³vgl. Abschnitt 7.1 auf Seite 57

¹⁴und am Ende des Schleifens

¹⁵das Problem eines Grates in der Spannut wird in allen Anleitungen, die ich gefunden habe, vergessen; man weiß aber vom Schleifen von Messern, dass beim Schleifen immer ein Grat auf der Gegenseite entsteht und dass ein Grat den Schnitt behindert!

 $^{^{16}}$ bei einem preiswerten Bohrer war der Führungssteg in die Spannut hinein vorgewölbt (Fertigungsfehler); dieser Bohrer hat erst nach Beseitigung der Vorwölbung korrekt gearbeitet

 $^{^{17}}$ vgl. 4.6.1 auf Seite 32

¹⁸Ist der Bohrer in irgendeiner Führung eingespannt, die die exakte horizontale Lage der Schneiden gewährleisten soll, dann muss man den Bohrer in dieser Führung evtl. neu positionieren, wenn man viel Material abträgt (weil sich dadurch die Schneiden im Verhältnis zum Schaft "wegdrehen")

an der Schleifscheibe fast anliegt, ist die Schneide dann horizontal, wenn sie maximal lang anliegt; man kann dies also durch rechts-und-links-Drehen des Bohrers ermitteln. Da bei den üblichen preiswerten Bohrern die Schneide leicht gebogen ist, muss man den Beginn der Schneide an der Querschneide und das Ende der Schneide bei dem Führungssteg gleich hoch ausrichten¹⁹

- 9. Bohrer vorsichtig nahe an die Schleifscheibe heranführen, ohne zu schleifen
- 10. Winkel der Bohrer-Längsachse gegenüber der Schleifscheibe ggf. derart korrigieren, dass durch den folgenden Schliff die Abweichung des Schleifwinkels korrigiert wird, die man mit der Bohrer-Schleiflehre ermittelt hat
- 11. nochmals die Höhe des Schleifbeginns (Freiwinkel) überprüfen
- 12. insbesondere an der Schneide darf nur mit wenig Druck geschliffen werden, sonst kann auf dem Schliff ein Grat entstehen
- 13. Achtung: sobald der Bohrer die Schleifscheibe berührt, versucht er sich zu drehen: die Schneide dreht sich aus der Horizontalen weg gegen den Uhrzeigersinn, er dreht sich entgegen der Bohr-Richtung, die Peripherie des Bohrers senkt sich nach unten.
 - Das ist besonders beim Schliff der Schneide auffällig. Der Bohrer muss also sehr kräftig gehalten werden bzw'in der V-Nut-Schiene kräftig festgespannt sein. Dies gilt auch für kleine Bohrer. Ich habe deshalb die Andruckfedern auf den V-Nut-Schienen durch ein mit einer Schraube spannbares kleines Blech ersetzt²⁰
- 14. **jetzt geht es los**: Bohrer leicht gegen die Schleifscheibe drücken, es erfolgt der Schliff der Schneide, dann mit fortgesetztem leichtem Druck das Ende des Bohrers absenken und damit die Schneide anheben und dadurch den Hinterschliff erzeugen. Während dieser Bewegung muss der Bohrer im Winkel von 59° zur Schleifscheibe bleiben. Die gedachte Drehachse bei

 $^{^{19}}$ besser: Kontrolle der horizontalen Ausrichtung an der Laserlicht-Linie, vgl. Abbildungen 7.10 bis 7.12 auf den Seiten 71–72

²⁰im Gegensatz zu einer Feder kann man den Andruck für die Korrektur der Lage schnell lösen und für den Schliff schnell erhöhen

dieser Bewegung steht senkrecht auf der Bohrer-Längsachse²¹. Wie weit man den Bohrer vorn anheben bzw'hinten absenken muss, ergibt sich aus der Kontrolle des Schleifergebnisses (siehe 4.7). Der Schleifvorgang muss sehr gleichmäßig ohne Ruckeln oder Verschieben erfolgen mit stets gleichbleibendem Druck, es soll immer komplett alles geschliffen werden von der Schneide bis zum Ende des Hinterschliffs. Teil-Schliffe sind natürlich möglich, sollten aber vermieden werden^{22, 23}

- 15. dabei den Bohrer nicht drehen, nicht seitlich verschieben!
- 16. je weiter der linke Zeigefinger von der Schleifscheibe entfernt ist, desto größer werden die Aufwärtsbewegung und die Vorwärtsbewegung der Bohrerspitze; jeder muss für sich selbst herausfinden, wie er die beste Bewegung erreicht. Der Abstand des linken Zeigefingers von der Schleifscheibe beeinflusst die Geometrie des Schliffs nicht.
- 17. Bohrer sofort kühlen
- 18. jetzt zweite Schneide bearbeiten, niemals mehrfach die eine Seite bearbeiten, immer abwechseln!
- 19. Schleifergebnis ansehen, siehe Abschnitt 4.7
- 20. Schleifvorgang (ab Punkt 14 auf der vorherigen Seite) so oft wiederholen, wie nötig
- 21. wenn eine der beiden Schneiden kürzer ist dann muss die kürzere Schneide nochmals geschliffen werden, sie wird dann länger und entsprechend wird die zu lange Schneide dadurch kürzer.
- 22. evtl. vorhandenen Grat in der Spannut beseitigen; weiter mit Probebohrung 4.8 auf Seite 37

 $^{^{21}31^{\}circ},$ wenn man von der Motorachse (oder Geräte-Vorderkante) aus misst (von rechts aus: 180° - $149^{\circ}=31^{\circ})$

 $^{^{22}}$ zumindest ohne die Bohrerschleif-Führung, vgl. Abschnitt 7.4 auf Seite 65

²³gewisse Korrekturen durch Teilschliff sind möglich, vgl. Freiwinkel-Korrektur am Ende von Abschnitt 4.6 auf Seite 28



Abbildung 5.3: Bohrerschneide war nicht horizontal ausgerichtet, deshalb entstand kein zur Schneide paralleler Schliff

6 Zwischenbilanzen meines Trainings

6.1 Erste Zwischenbilanz

Nach längerem Üben und wiederholter Überarbeitung meiner Anleitung versuche ich jetzt, meine eigenen Fehler zu analysieren und daraus Verbesserungen abzuleiten. Solche Verbesserungen führen wohl zu mehr Aufmerksamkeit für schwierige Vorgänge und evtl. zu technischen Veränderungen.

Der Text in diesem Abschnitt gilt für das "freihändige" Schleifen ohne Bohrer-Schleifführung¹ und weitere Hilfs-Vorrichtungen; mit dieser Führung sind viele Fehler stark vermindert oder ausgeschlossen; z. B. kann man teilweise fehlerhafte Schliffe korrigieren, z. B. einen zu großen Freiwinkel.

Die folgende numerierte Aufzählung bewertet die beim Schleifen erforderlichen Vorgänge und die aufgetretenen Fehler und versucht, daraus Konsequenzen abzuleiten. Am Beginn stehen die einfachen Dinge und die mit den geringsten negativen Einflüssen:

- 1. Einrichten der Schleifscheiben: nach dem Abziehen durch Einzeldiamant und flächenhaften Diamantabrichter läuft meine Schleifmaschine immer ruhiger, ich bemerke beim Anlaufen und Auslaufen immer weniger Vibrationenen und fühle beim Schleifen keinen Höhenschlag mehr. Am Anfang nach dem Kauf der Maschine haben nur die Gummifüße verhindert, dass die Maschine vom Tisch gepurzelt ist.
- 2. Einhalten des gewünschten Schleifwinkels: durch die Markierungslinien auf der Handauflage für den 59°-Schleifwinkel und durch die einfache und zuverlässige Ablesung einer Winkel-Abweichung mit der Schleifwinkellehre mache ich nur recht selten Schleifwinkel-Fehler; Bohrer mit ordentlichem Schliff, aber mit

¹vgl. Abschnitt 7.4 auf Seite 65

- geringen Schleifwinkel-Abweichungen der beiden Schneiden voneinander schneiden nicht ganz schlimm falsch.
- 3. Kontrolle: nachdem ich die Arbeit mit der Schleifwinkellehre und mit der visuellen Beurteilung reichlich geübt habe, komme ich zunehmend leicht zu zutreffenden Feststellungen über einen korrekten oder fehlerhaften Schliff und die Ursachen derselben.
- 4. Schliff korrigieren: ich habe gelernt, dass es keinen Sinn hat, einen einzelnen Schliff teilweise korrigieren zu wollen. Jede einzelne Schleifbewegung beginnt an der Schneide und endet an der Spannut des Bohrers.
- 5. Freiwinkel: durch konsequente horizontale Zuführung des Bohrers auf der richtigen Höhe über der Motorachse erreiche ich recht leicht einen guten Freiwinkel; zwar kann ich den Freiwinkel nicht gut oder exakt messen, aber ich kann visuell recht leicht sehen, ob ein etwa richtiger Freiwinkel existiert und ob der Hinterschliff gleichmäßig bis zum Ende des Schliffs bei der nächsten Spannut reicht; Buckel sind visuell leicht zu sehen, wenn sie in der Peripherie des Bohrers liegen; liegen sie aber in der Nähe des Zentrums, übersieht man sie leicht; man muss dann die Bohrerspitze farblich markieren und eine Probebohrung durchführen, um Buckel in der Freifläche zu erkennen. Kleine Unebenheiten führen offensichtlich nur zu kleinen Funktionsstörungen (Probebohrung).
- 6. Korrekt, aber nicht beidseitig gleich stark ausgeführter Schliff: ich habe den Eindruck, dass man nach visueller Beurteilung und Schleiflehren-Kontrolle gut erkennen kann, welche Seite des Bohrers noch ein wenig mehr abgetragen werden muss. Das sieht man gut beim Bohren in Metall, wenn nicht beidseitig gleich viel und gleich geformte Späne herauskommen oder wenn der Bohrer im Bohrloch rattert und ein zu großes Bohrloch resultiert.
- 7. Gleichmäßigkeit des Schliffs: es ist nicht einfach, einen begonnenen Schliff gleichmäßig bis nach "hinten" fortzuführen; hier fehlt mir noch die Übung, der Andruck an die Schleifscheibe und die Geschwindigkeit der Absenkung des Bohrer-Endes sind noch zu trainieren. Buckel im Hinterschliff können problematisch sein, weil sie die Schneidfähigkeit behindern. Dass ein manueller Schliff schwerlich so perfekt aussieht, wie ein ma-

- schineller, ist klar und unbedeutend, solange kein wirksamer Geometrie-Fehler besteht.
- 8. Querschneide: wenn die Querschneide nicht an der richtigen Stelle sitzt, hat sie zumeist auch einen abnormen Winkel und eine abnorme Form zusammen mit ungleicher Schneidenlänge und führt damit zu einem ratternden Schnitt und zu unrunden übergroßen Löchern.

Hier liegen zwei Probleme: a) die exakte horizontale Zuführung der Bohrer-Schneide² ist schwierig, weil schwer zu erkennen und b) die korrekte Lage der Querschneide und damit die Gleichheit oder Ungleichheit der Länge der beiden Schneiden kann man nicht leicht und zuverlässig messen.

Nachdem ich jetzt immer mit der Lupenbrille arbeite, gelingt mir die korrekte horizontale Schneiden-Positionierung jetzt zuverlässiger aber noch nicht befriedigend. Die meisten schlecht schneidenden Bohrer waren Ergebnis einer nicht horizontalen Lage der Bohrerschneide.

Der unterste Eintrag 8 in der obigen Liste behandelt mein derzeitiges Hauptproblem. Ich bin noch unentschlossen, ob ich mir einen Laser-Strich³ zur Erleichterung der parallelen Schneiden-Position bastele oder ob ich einfach weiter übe.

Und jetzt wieder auf den Boden, Perfektionist, lasse die Kirche im Dorf: jedenfalls haben meine Bohrer früher, wenn ich sie zu schleifen versucht habe, nach dem Schliff genau so wenig geschnitten und jetzt schneiden sie fast immer, wenn auch gelegentlich mit unrunden Löchern oder mit etwas rattertendem Geräusch. Der Weg vom Bohren zum schöner Bohren ist sicherlich steinig.

Denke ich an meine Hauptarbeit: Löcher in Holz zu bohren, dann könnte ich schon zufrieden sein. Ein einigermaßen richtig geschliffener Bohrer macht in Holz in jedem Fall recht schnell tiefe Löcher. Aber in Metall, wenn man in das Loch dann auch noch ein Gewinde schneiden will, dann sollte das Loch schon recht sauber, zumindest rund sein.

²d.h. Parallelität der Schneide mit der Motorachse

³der in der richtigen Höhe auf die Schleifscheibe projiziert wird

6.2 Zweite Zwischenbilanz

Oktober 2018: Es ist jetzt drei Jahre her, dass ich mit meiner Bohrer-Schleif-"Lehre" und mit dieser Anleitung begonnen habe; immer wieder habe ich den Text korrigiert und erweitert, wenn ich meine manuellen Fähigkeiten verbessert habe. In der Zwischenzeit gebaute Hilfsvorrichtungen habe ich in den Text eingebaut und jetzt, in den letzten Wochen, habe ich nach Einführung der V-Nut-Schienen meine Schleifpraxis grundlegend verändert und wesentlich verbessert:

- der Bohrer liegt nicht mehr auf einem Finger, sondern in einer V-Nut-Schiene und ist auf der Schiene fest geklemmt; diese Schiene gleitet sehr leicht auf dem kippbaren Winkelanschlag; der Schleifwinkel und die horizontale Schneiden-Lage werden jetzt zuverlässig und wiederholbar eingehalten
- die Schneiden werden horizontal in der Schiene ausgerichtet, die Lage wird anhand der Laserlicht-Linie Lage kontrolliert und evtl. korrigiert
- ich schleife die Schneide und den Hinterschliff nicht mehr in einer Bewegung, sondern schleife zuerst die Schneide so lange, bis die Schneide und die Querschneide schön aussehen; dabei führe ich keine Kipp-Bewegung des Bohrers aus. War dieser Schliff schnell erledigt, weil die Schneide lediglich etwas stumpf, sonst aber in Ordnung war, schließe ich den Hinterschliff sofort an
- den Hinterschliff beginne ich ganz "hinten" an der Spannut und führe ihn bis fast zur Schneide, wo ich den Bohrer fast nicht mehr gegen die Schleifscheibe drücke; wie weit ich noch von der Schneide entfernt bin, erkenne ich an der Laserlicht-Linie; wenn ich mit dem Hinterschliff zufrieden bin, gehe ich zur zweiten Schneide über
- war die erste Schneide schwerwiegend abweichend (falscher Winkel, Scharten etc.), dann führe ich die Korrektur der ersten Schneide nur teilweise aus, und beginne gleich mit der Korrektur der zweiten Schneide und nähere mich durch abwechselnde Korrektur der beiden Schneiden dem Soll-Zustand. Den Hinterschliff der beiden Seiten erledige ich anschließend.
- den Hinterschliff "von hinten" auszuführen geht sehr viel gleichmäßiger und feinfühliger, weil die Schleifscheibe sich nicht in

den Bohrer hineinzugraben versucht; die Schleifscheibe drückt den Bohrer von sich weg und ich kann sehr schön meinen Gegendruck regulieren. So schön gleichmäßige Freiflächen sind mir bisher nicht gelungen

- der Übergang zwischen dem Schliff der Schneide und dem der Freifläche stellt kein Problem dar; ich brauche nur dann, wenn der Hinterschliff korrekt (z. B. ohne Buckel) ist, noch einmal mit ganz geringem Gegendruck von ganz hinten bis nach vorne zur Schneide zu schleifen
- ich kann jetzt den Hinterschliff problemlos korrigieren, d. h. stärker ausführen, wenn er unzureichend war und das Bohren zu viel Druck erforderte; die Schneiden ändern dabei ihren Winkel und ihre Länge nicht oder kaum

Diese Trennung des Schneiden-Anschliffs vom Hinterschliff und die geänderte Richtung des Hinterschliffs haben für mich den Durchbruch gebracht! Ich konnte ein ganzes Sortiment von Bohrern von 3 mm bis 10 mm, das ich am Beginn meiner Lehrzeit ganz "frei-Hand" leider ganz schlecht geschliffen hatte, recht rasch korrigieren.

Ich kann mir gut vorstellen, dass ich den gesamten Schleifvorgang anders aufbauen werde:

- 1. lediglich etwas stumpfer Bohrer mit korrekter Geometrie: Nachschärfen mit gefühlvollem Schliff von ganz "hinten" bis zur Schneide in einem Zug, dann dasselbe mit der zweiten Schneide
- 2. Korrektur-bedürftiger Bohrer: zunehmende Korrektur durch abwechselnden Schliff auf beiden Seiten, dann Hinterschliff beider Seiten, gefolgt von Punkt 1.

So lange ich noch Lehrling bin und mich noch nicht zum Gesellen befördert habe, werde ich folgende Dinge beibehalten und werde dies jedem "Neuling" anraten:

- Fixierung des Bohrers in einer V-Nut-Schiene
- Führung des Bohrers am kippbaren Winkel-Anschlag
- Einstellen des Freiwinkels und Kontrolle der horizontalen Schneiden-Lage mit der Laserlicht-Linie
- Kontrolle mit dem Auge
- Kontrolle mit der Bohrer-Schleiflehre
- Kontrolle mit dem Schleifwinkel-Testbild

- Kontrolle durch Probebohrung mit Farbmarkierung der Bohrerspitze
- Korrektur-Schliff bei ungenügendem Schliff mit Farbmarkierung der Bohrer-Spitze

Der nächste zu ändernde Punkt ist der kippbare Winkelanschlag: wahrscheinlich kann man ihn recht leicht aus einem käuflichen stabilen Scharnier herstellen, das Höhen-verstellbar ist und im richtigen Winkel vor der Schleifmaschine montiert oder festgeklemmt werden kann und an dem ein Anschlag für die V-Nut-Schiene befestigt ist.

7 meine Hilfsvorrichtungen

Diese Vorrichtungen sind billig und bereits mit den Fähigkeiten eines engagierten Laien herstellbar. Alle diese Vorrichtungen würde ich nicht noch einmal genau so und aus denselben Materialien herstellen, aber sie verrichten ihre Dienste und können als Vorlage für eigene Bauten dienen.

7.1 Schleifwinkel-Testbild

Man kann für die Kontrolle des Schleif-Ergebnisses zusätzlich oder als Ersatz der Schleifwinkellehre ein Testbild wie in Abbildung 7.1 auf der nächsten Seite verwenden und damit beide Schleif-Winkel und gleichzeitig auch beide Schneiden- $L\ddot{a}ngen$ überprüfen. Das Testbild ist für Bohrer von ca. $2\,\mathrm{mm}-20\,\mathrm{mm}$ verwendbar.

Nach längerfristigem Gebrauch ist für mich klar: im Schleifwinkel²=Testbild erkennt man Abweichungen leichter und sicherer als an der Schleifwinkel-Lehre.

Der Bohrer wird zu den langen geraden Linien parallel angelegt und zentriert, die sichtbare linke Schneide wird horizontal ausgerichtet¹, die Bohrerspitze wird an die beiden schrägen Linien herangeführt.

Jetzt kann man beide Schleifwinkel mit den schrägen 59°-Linien vergleichen und gleichzeitig die Schneidenlängen an den schrägen Skalen ablesen. Die Schablone ist für die Betrachtung mit einer Lupe ausgelegt. Wenn man ein Lineal auf das Testbild legt, gelingt das Auflegen des Bohrers leichter.

Ich habe das Testbild schon einige Zeit verwendet und komme damit gut zurecht, bin aber nicht sicher, ob dieses Verfahren der Schleifwinkel-Lehre vorzuziehen ist. Bitte ausprobieren! Das Testbild sende ich Ihnen gerne per Email zu. Wenn Sie Vorschläge zur

¹am besten mit einer Hilfsvorrichtung, vgl. Abschnitt 7.7 auf Seite 79

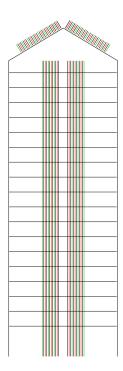


Abbildung 7.1: Schleifwinkel-Testbild zur Kontrolle des Schleifwinkels (59°) und der Schneiden-Länge

Verbesserung haben, setze ich diese gerne um. Wenn Sie das Testbild gerne selbst verändern wollen, stelle ich Ihnen die editierbare Photoshop-Datei zur Verfügung.

Ich habe eine Lehre konstruiert, an die man den Bohrer anlegen und das Testbild zum Bohrer-Durchmesser passend verschieben kann und gleichzeitig die horizontale Lage der Schneiden² mit der in 7.7 auf Seite 79 beschriebenen Vorrichtung gewährleistet.

Die Lehre ist aus einer 8 mm starken Epoxidharz-Platte hergestellt, die man mit der Kreissäge und mit Spiralbohrern etc. gut bearbeiten kann. Auf die Grundplatte von 7 * 10 cm sind die beiden Führungen für den Schieber von unten aufgeschraubt, zwischen denen sich der Schieber gut verschieben lässt. Auf den Schieber ist der obere Teil des Schleifwinkel-Testbilds exakt senkrecht zur Längsach-

²d. h. die korrekte Drehung des Bohrers

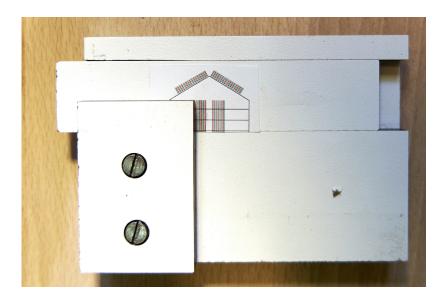


Abbildung 7.2: Lehre für das Bohrertestbild; Prototyp

se des Schiebers aufgeklebt. Auf die linke Seite ist der Anschlag von oben aufgeschraubt; die Schraubenköpfe sitzen in Versenkungen, die etwas größer sind als der Durchmesser der Schraubenköpfe; dadurch kann man den Anschlag exakt im rechten Winkel zum Schieber ausrichten. Unter den Anschlag ist Papier beigelegt, damit der Schieber mit dem aufgeklebten Testbild unter dem Anschlag passieren kann.

Das Ablesen mit dem Testbild erfordert, dass man nicht senkrecht auf den Bohrer, sondern von der Bohrer-Spitze aus leicht schräg in Richtung des Bohrer-Endes blickt, damit man beide Bohrer-Schneiden gleichzeitig gut erkennen kann; dann kann man leichter die Winkel und die Länge der Schneiden ablesen.

Für die exakt horizontale Lage der Bohrer-Schneiden wird unter das Vierkantprofil³ soviel Material gelegt, wie notwendig ist, damit der Bohrer auf der Lehre plan aufliegt und dass gleichzeitig das Vierkantprofil voll aufliegt.

In Abbildung 7.3 bis 7.4 auf Seite 61 ist ein 7,5 mm-Bohrer abgebildet, mit korrekt horizontal ausgerichteten Schneiden; die Schleifwinkel-Abweichung der linken Schneide konnte ich auch mit

³vgl. Abschnitt 7.7 auf Seite 79

der üblichen Schleiflehre⁴ erkennen, die Abweichung der rechten Schneide aber nicht. Die eindeutig ungleichen Längen der beiden Schneiden⁵ konnte ich mit der Schleiflehre nicht erkennen. Die Bohrer-Spitze sah korrekt aus, insbesondere Lage und Form der Querschneide. Bei der Versuchsbohrung in Eisen (mit dem Bohrständer) hat dieser Bohrer leicht gerattert, aber ausreichend gut gebohrt. Möglicherweise wäre die Probebohrung "von Hand" ohne Bohrständer schlimmer ausgefallen.

Anzumerken ist, dass meine Tochter, die noch nicht unter Alters-Weitsichtigkeit leidet wie ich, diese optische Kontrolle auch ohne Lupe erledigen konnte; ich brauche dafür eine 5-fach-Lupe; bei einem 4 mm-Bohrer wäre aber wohl auch sie ohne Lupe gescheitert.

⁴vgl. Abbildung 4.3 auf Seite 21

⁵Striche auf der Lehre im Abstand von ca. 0,5 mm

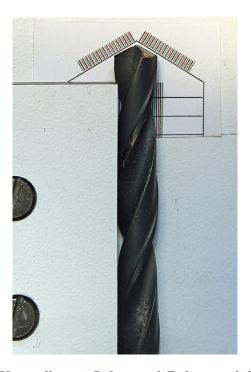


Abbildung 7.3: Kontrolle mit Lehre und Bohrertestbild (mit 7,5 mm-Bohrer, Hinterschliff nicht optimal)

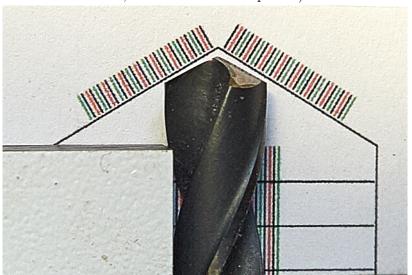


Abbildung 7.4: Kontrolle mit Lehre und Bohrertestbild; Vergrößerung von Abb. 7.3, so sieht es mit der 5-fach-Lupe aus

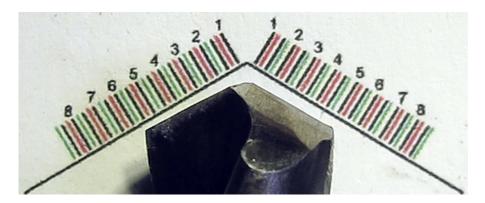


Abbildung 7.5: 10-mm-Bohrer, Kontrolle mit der Lehre: keine sichere Abweichung bei Winkel und Länge; im Bohrertestbild eindeutige Abweichung der Länge (rechts 5-rot, links 5-grün) und des Winkels; Kontrollbohrung: Bohrer rattert, Loch unrund

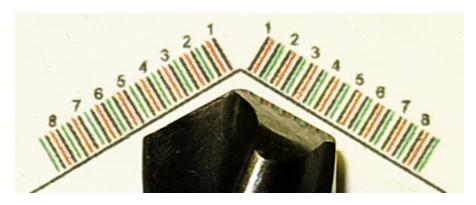


Abbildung 7.6: 10-mm-Bohrer, gleicher Bohrer wie in Bild 7.5, mehrere Schliffe an der zu kurzen Schneide; Kontrolle mit der Lehre: keine sichere Abweichung bei Winkel und Länge; im Bohrertestbild leichte Abweichung des Winkels der rechten Seite, Länge beidseits gleich (5-rot); Kontrollbohrung: sauber rundes enges Bohrloch, schöne Späne

7.2 Peilvorrichtung für die Höhe über der Motorachse und für die Horizontalausrichtung der Bohrer-Schneide

Es ist mühsam, die richtige Höhe über der Motorachse bei jedem Schleifbeginn erneut mit dem Meterstab abzumessen; zudem ist es unzuverlässig, die richtige Höhe mit mehr oder weniger eingedrücktem Zeigefinger zu gewährleisten, je nachdem, wie dick der Bohrer ist. Ebenso mühsam und unzuverlässig ist die horizontale Ausrichtung der Bohrer-Schneide.

Aber es ist ganz einfach (und billig), einen Laser-Strahl auf die Schleifscheibe zu richten! Die Abbildung 7.7 auf der nächsten Seite zeigt meine Peilvorrichtung.

Ich habe eine Laserdiode gekauft (ca. 8€), wie sie in den bekannten Laser-Pointern verbaut ist, die man bei Vorträgen benutzt. Diese habe ich in ein Holzklötzchen eingelassen. Diesen "Pointer" kann ich auf einem Gewindestab in der Höhe verstellen, der in einen Holzklotz eingeschraubt ist, welchen wiederum ich auf der Werkbank passend aufstellen kann. Der Lichtpunkt war viel zu groß, dies habe ich mit einer Lochblende korrigiert. Der Batteriekasten ist noch nicht montiert; die Schraube auf dem Pointer-Kästchen dient dem Einschalten des Lasers.

Man kann die Peilvorrichtung auch für die Korrektur der Schieflage verwenden, die durch die Vorrichtung für die horizontale Schneidenlage an der Bohrer-Schleifführung⁶ verursacht wird: anstelle eines Winkelmessers die Peilvorrichtung auf die Mitte des Bohrer-Durchmessers direkt auf Höhe des Scharniergelenkes richten, dann horizontale Bohrer-Zuführung durch geänderte Wippen-Schräglage korrigieren und durch Schwenken der Peilung vom Bohrer-Ende zur Bohrer-Spitze kontrollieren.

Wenn man die Peilvorrichtung von der Seite her auf die Schleifscheibe projizieren lässt, kann man die Bohrer-Schneide recht gut horizontal ausrichten, siehe Abb. 7.12 auf Seite 72.

⁶vgl. Abschnitt 7.4 auf Seite 65

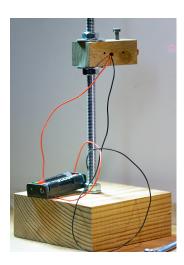


Abbildung 7.7: Peilvorrichtung für die korrekte Höhe über Motorachse

7.3 V-Nut-Schienen

Die V-Nut-Schienen sind aus 8 mm dicken Epoxydharz-Platten hergestellt; links sind unterschiedlich tiefe Nuten eingefräst; rechts ist eine 4 mm dicke Gewindestange eingeschraubt; mit einer Flügelmutter wird ein 2 mm starkes Aluminium-Plättchen (mit 4,5 mm-Bohrung) festgeschraubt. Der Bohrer kann ohne Mühe so stark fixiert werden, dass er sich nicht mehr bewegen kann⁷; er verdreht sich beim Schleifen nicht mehr.

Ursprünglich habe ich versucht, den Bohrer nur durch Druck mit den Fingern in der Schiene zu fixieren, dies war aber unsicher und unpraktisch; auch das Fixieren mit Andruckfedern war nicht zuverlässig. Ich kann den Bohrer jetzt zum Kühlen mitsamt der Schiene ins Wasser eintauchen und kann ihn immer wieder betrachten, ohne die Ausrichtung des Bohrers zu verlieren.

 $^{^{7}}$ vgl.. Abbildungen 7.13 bis 7.14 auf den Seiten 72–73

7.4 Bohrer-Schleifführung: Vorrichtung für korrekten Schleifwinkel, korrekten Freiwinkel und für horizontale Schneidenlage

Mit dieser Bohrer-Schleifführung⁸ kann ein Bohrer gleichzeitig

- im korrekten Schleifwinkel,
- auf der richtigen Höhe⁹,
- mit exakt horizontal liegender Schneide
- und mit korrekter Kippbewegung¹⁰ für den Hinterschliff sicher geführt und wiederholbar geschliffen werden.

Nach ersten erfolgreichen Schleif-Versuchen mithilfe dieser Vorrichtung schleife ich jetzt nur noch "zur Not" ganz freihändig.

Als ersten Härtetest habe ich einen 3,5 mm-Bohrer geschliffen; zuerst große Enttäuschung: Querschneide im falschen Winkel, kein sichtbarer Freiwinkel! Ich hatte die Höhe über der Motorachse ganz falsch eingestellt; nach Korrektur nochmals mit Farbmarkierung der Schneiden kurz angeschliffen. Gut erkennbar wurde zuerst "hinten" Material abgetragen, bei der dritten kleinen Schleifbewegung wurde von der Schneide bis ganz nach hinten geschliffen. Jetzt steht die Querschneide richtig, der Freiwinkel ist deutlich erkennbar; der Bohrer läuft beim Anbohren nicht zur Seite weg und schneidet in Hartkunststoff und in Eisen ruhig und effektiv und erzeugt ein sehr enges Loch.

Nach längerer Arbeit mit der Bohrer-Schleifführung stelle ich fest, dass nicht mehr der Schleif-Vorgang selbst kritisch ist, sondern die exakte Beurteilung des Schleif-Ergebnisses und die daraus folgenden Korrekturen. Das Schwierigste ist derzeit die Beurteilung der Schneiden-Länge; korrekten Schleifwinkel¹¹ und Freiwinkel erreiche ich zuverlässig; immer häufiger sehen die Bohrer auch schön aus ohne "Wackler" im Hinterschliff.

⁸früher zusammen mit der Vorrichtung für horizontale Schneidenlage, jetzt nicht mehr erforderlich, weil der Bohrer in einer V-Nut-Schiene liegt; Text ausgelagert in Abschnitt 7.7 auf Seite 79

 $^{^9 \}mathrm{für}$ den gewünschten Freiwinkel

 $^{^{10} \}mathrm{auf}$ einer senkrecht zur Bohrer-Längsachse stehenden Achse

¹¹ich muss darauf achten, den Bohrer ganz korrekt und stabil an den Anschlag anzulegen, damit er nicht beim Schleif-Beginn seitlich abweicht

Nach diesen Tests sehe einen großen Fortschritt gegenüber dem Handschliff ohne diese Vorrichtungen. Also kann ich jetzt die Bohrer-Schleifführung als Prototyp beschreiben:

Auf einer 6 mm starken Epoxidharz-Grundplatte steht ein kleiner "Turm" aus 8 mm starker Epoxidharz-Platte; im Turm wird der senkrechte Teil einer "Wippe" in der Höhe verstellbar geführt¹²; daran ist der horizontale Teil der Wippe mit einem Scharnier befestigt¹³; an einer Kante der Wippe ist ein Anschlag für den Bohrer aufgeklebt; die Neigung der Wippe wird durch einen verstellbaren Neigungs-Anschlag begrenzt¹⁴; der Turm ist auf der Grundplatte im Winkel von 31° zur Vorderkante der Schleifmaschine aufgeklebt¹⁵.

Ursprünglich habe ich diese Vorrichtung so gebaut, dass ich die originale Handauflage des Schleifbocks belassen konnte; deshalb steht die Wippe in der Abbildung 7.8 auf der nächsten Seite so weit nach vorn über. Da diese Handauflage aber nicht wirklich stabil und auch nicht wirklich verstellbar war, habe ich sie mittlerweile entfernt und die Wippe vorne gekürzt.

Einstellungen:

- 1. Vorderkante der Grundplatte parallel zur Vorderkante der Schleifmaschine auf dem Arbeitstisch festklemmen¹⁶
- 2. Bohrer in den Anschlag für horizontale Schneidenführung¹⁷ stecken, mit der zugehörigen Lehre ausrichten und dann die Madenschraube anziehen
- 3. Bohrer auf die Wippe legen, Wippe soweit vorne absenken oder anheben, bis der Bohrer horizontal zum Arbeitstisch liegt¹⁸, dann den Neigungs-Anschlag fixieren

¹²Langloch im Turm

 $^{^{13}\}mathrm{man}$ muss ein Scharnier nit minimalem "Spiel" benutzen, normales "Klavierband" taugt nicht

¹⁴dieser Neigungs-Anschlag geht mit dem senkrechten Teil der Wippe mit, muss also bei einer Höhen-Veränderung der Wippe nicht neu eingestellt werden

 $^{^{15}}$ also senkrecht zu den Strichen, die ich auf der Handauflage aufgezeichnet hatte; (von rechts aus: 180° - $149^{\circ}=31^{\circ})$

 $^{^{16}}$ der Schleifwinkel kann durch Abweichen von dieser Parallelität verändert werden $^{17}{\rm vgl.}$ Abschnitt 7.7 auf Seite 79

¹⁸ich mache das mit einem elektronischen Winkelmesser, es geht aber auch mit einer selbstgebauten Lehre, oder mit der in Abschnitt 7.2 auf Seite 63 beschrieben Peilvorrichtung

- 4. Höhe der Wippe so einstellen, dass die Schneide des Bohrers auf der gewünschten Höhe über der Motorachse liegt und dann die Höhen-Verstellung der Wippe fixieren
- 5. mein Scharnier hat doch etwas Spiel; deshalb muss ich beim Bohren die Wippe ein klein wenig immer in die gleiche Richtung zur Seite drücken

Es war mir während der Konstruktion meines Prototyps an vielen Stellen klar, dass ich die nächste Version meiner Vorrichtung anders bauen werde; aber die Funktionen der Vorrichtung würde ich derzeit nicht in Frage stellen.



Abbildung 7.8: Bohrer-Schleifführung mit aufgelegtem Bohrer am Winkelanschlag, Bohrer horizontal gelegen mit horizontaler Schneidenlage durch Horizontalführung, Wippe durch Gummizug in Ausgangslage für den Schleifbeginn gezogen. Aktuell wird der Bohrer ohne das Klötzchen an seinem Ende aufgelegt, der Schräglagen-Ausgleich ist jetzt nicht mehr erforderlich

Durch die große Entfernung zwischen dem Drehpunkt des Scharniers und der Schleifscheibe wandert die Spitze des Bohrers beim Anheben deutlich nach rechts und weit nach oben, bis das Ende



Abbildung 7.9: Bohrer-Schleifführung, Vertikalverstellung hochgeschoben und mit Sechskantmutter im Langloch fixiert, Schräglagenausgleich der Wippe mit Rändelmutter fixiert. Der Schräglagen-Ausgleich wird aktuell auf horizontale Lage der Wippe eingestellt, weil der Bohrer direkt auf der Wippe liegt

des Hinterschliffs erreicht ist¹⁹; deshalb muss die Schleifscheibe wirklich gut plan abgerichtet sein, sie wird aber auch gleichmäßiger abgenutzt; evtl. bringt dieser große Weg der Spitze einen gleichmäßigeren Hinterschliff mit sich.

Ich habe mittlerweile als Test einen 10 mm-Bohrer mit der Schleifführung, aber ohne die Lehre für die horizontale Schneiden-Führung geschliffen und konnte die korrekte Zuführung der Schneide gut erreichen, weil ich eine Lupe vor der Schleifscheibe verwendet habe. Die Inspektion des Bohrers, die Prüfung mit der Bohrer-Winkellehre und mit dem Schleifwinkel-Testbild und die anschließende Probebohrung haben ein gutes Ergebnis gebracht²⁰. Ich habe aber wohl mehr Zeit verbraucht, als wenn ich mit der Lehre für die horizontale Schneiden-Führung gearbeitet hätte.

Im Bestreben, die Anzahl benötigter Vorrichtungen zu reduzieren, habe ich jetzt meine Peilvorrichtung²¹ seitlich neben die Schleif-

¹⁹die Geometrie des Schliffs ändert sich aber nicht

 $^{^{20}\}mathrm{vgl.}$ Abbildungen 7.5 bis 7.6 auf Seite 62

²¹vgl. Abb. 7.7 auf Seite 64

scheibe gestellt und so verschoben, dass das Laserlicht einen Strich auf die Schleiffläche der Scheibe projiziert; damit habe ich die Höhe über der Achse der Schleifscheibe *und gleichzeitig* die horizontale Ausrichtung der Bohrer-Schneide im Blick; das funktioniert bei stehender und bei sich drehender Schleifscheibe.

Diesen Laserlicht-Strich kann man auch benutzen, um den Bohrer "von hinten" beginnend zu schleifen, wenn man z. B. den Hinterschliff korrigieren will; man sieht dann, wie weit man noch von der Schneide entfernt ist (wenn man diese nicht auch etwas anschleifen will).

Jetzt muss ich die Vorrichtung für die horizontale Schneiden-Ausrichtung nicht mehr auf den Bohrer montieren und die Ausrichtung nicht mehr mit dem Ablese-Winkel justieren²²! Das Schleifen eines 10 mm-Bohrers hat gut funktioniert.

Weil sich kleinere Bohrer an der Anschlagschiene schlecht führen lassen und damit feinfühlige Bewegungen erschwert sind, habe ich V-Nut-Schienen gefräst (je eine für ganz kleine, für mittlere und für große Bohrer), in denen ich die Bohrer gut fixieren und an der Anschlagschiene führen kann.²³ Ein Test mit einem 5 mm-Bohrer hat sehr gut funktioniert; ich konnte die Bohrer-Schneide bereits in der V-Nut-Schiene mit horizontal liegender Schneide ausrichten²⁴, dann die V-Nut-Schiene mit dem Bohrer an den Anschlag anlegen, die Lage der Schneide an der Laser-Linie kontrollieren und eventuell noch genauer ausrichten und dann den Bohrer sehr feinfühlig an der Schleifscheibe bewegen. Durch die erleichterte Führung des Bohrers hat sich schnell ein sehr schönes korrektes Schliffbild ergeben. Der Bohrer schabt nicht mehr mit dem Steg²⁵am Anschlag, die V-Nut-Schiene bewegt sich ohne Ruckeln am Anschlag entlang. Dieser Bohrer hat in Hartkunststoff und in Eisen sehr schön geschnitten.

Der "Härtetest" war ein 3 mm-Bohrer; das Ausrichten des Bohrers in der V-Nut-Schiene und am Laserstrahl gelang erstaunlich gut (mit Stirnlupe), das Schleifen ging schnell und zuverlässig, ebenso das Ausmessen mit der Bohrwinkel-Lehre und mit dem Schleifwinkel-Testbild; die Testbohrung in Eisen war auf Anhieb erfolgreich.

Weil die Bohrer in der V-Nut-Schiene im Lauf der Zeit nicht mehr ausreichend fest saßen, habe ich zuerst eine kräftige Feder

²²vgl. Abb. 7.20 auf Seite 81

 $^{^{23}}$ vgl. Abb. 7.13 auf Seite 72

 $^{^{24}}$ vgl. Abb. 7.14 auf Seite 73

 $^{^{25}\}mathrm{vgl..}$ Abb. 4.1 auf Seite 15

an die Schiene, später dann eine festschraubbare Andruck-Platte angebracht, die den Bohrer festdrückt. Der Bohrer kann nach Lockern der Flügelmutter leicht ausgerichtet werden, rutscht aber während des Schleifvorgangs nicht mehr weg. Jetzt kann der Bohrer zum Kühlen und zur visuellen Beurteilung in der Schiene verbleiben.

Bei der Ausrichtung des Bohrers an der Laserlicht-Linie muss man beachten, dass bei dieser Aufsicht auf die Bohrerspitze die Schneide nicht gerade ist, sondern leicht nach unten ausgebuchtet, weil die Spannut an dieser Stelle nicht gerade ist, sie stellt bei den preiswerten rollgewalzten Standard-Bohrern kein ideales "J" dar mit einer Rundung und einem langen geraden Schenkel.

Ich weiß nicht genau, welche Auswirkung eine geringe Abweichung von der horizontalen Zuführung der Schneide hat. Zumindest dürften sich die Form und der Winkel der Querschneide leicht verändern, eventuell ohne größere Auswirkung auf die Schneidleistung des Bohrers.

Ich benötige die am Bohrer festgeschraubte Lehre für die Horizontalführung der Schneide jetzt nicht mehr (vgl. Abschnitt 7.7 auf Seite 79). Der Arbeitsaufwand ist jetzt deutlich geringer geworden. Die Beschreibung dieser Lehre habe ich aber noch im Text belassen; sie wird bei einer kommenden "Grundreinigung" des Textes evtl. gestrichen werden.

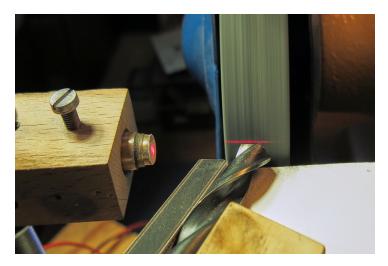


Abbildung 7.10: Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie für die Zuführung der Bohrer-Schneide (10 mm-Bohrer); Bohrer noch ohne V-Nut-Schiene angelegt

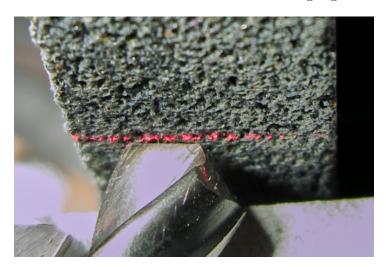


Abbildung 7.11: Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie für die Zuführung der Bohrer-Schneide; Detail bei stehender Schleifscheibe; der Bohrer muss noch ein wenig gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden!

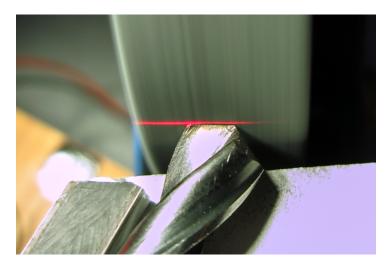


Abbildung 7.12: Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie für die Zuführung der Bohrer-Schneide; Detail bei sich drehender Schleifscheibe; der Bohrer muss noch ein wenig gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden!



Abbildung 7.13: V-Nut-Schienen für kleine und mittlere Bohrerdicken aus Epoxidharz-Kunststoff, mit Andruck-Platte

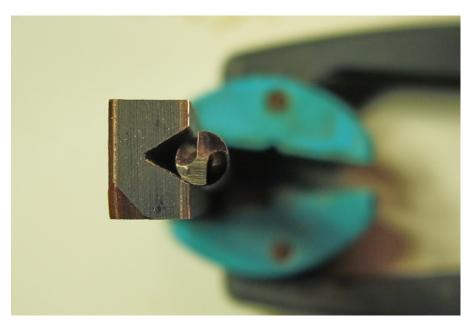


Abbildung 7.14: V-Nut-Schiene, 5 mm-Bohrer fast korrekt ausgerichtet, er muss noch minimal gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden

7.5 mein komplettierter Arbeitsplatz

Die Abbildung 7.15 auf der nächsten Seite zeigt meinen Arbeitsplatz für das Bohrer-Schleifen:

- Doppelschleifbock
- 1: Bohrer-Schleifführung
- 2: im Bild veraltet: Lehre für korrekte horizontale Schneidenführung, ersetzt durch V-Nut-Schiene
- 3: Schleifwinkel- / Schneidenlängen-Testbild auf der zugehörigen Lehre
- 4: Wasserbecher
- 5: Bohrerschleif-Lehren
- 6: Lupe
- 7: Laser-Peilvorrichtung

Die Hilfsvorrichtungen liegen während der Arbeit natürlich nicht direkt neben dem Schleifbock; die Bohrerschleifführung ist am Schleifbock ausgerichtet und mit einer Zwinge auf dem Tisch fixiert. Und natürlich sieht es bei mir nie so aufgeräumt aus!



Abbildung 7.15: mein neuer Arbeitsplatz mit den Hilfsvorrichtungen. Aktuell führe ich die Bohrer ohne das Klötzchen am Ende in einer V-Nut-Schiene zu, die Wippe ist am Beginn des Schleifens horizontal.

7.6 Freiwinkel-Lehre

Diese Lehre habe ich seit ihrer Herstellung nicht mehr benutzt, weil ich den Freiwinkel durch die Höhe über der Motorachse bei horizontaler Zuführung des Bohrers festlege. Den Text und die Abbildungen habe ich dennoch belassen, vielleicht kann's jemand brauchen.

Man kann sich für einen bestimmten Freiwinkel und einen bestimmten Scheiben-Durchmesser eine Lehre herstellen; man braucht nur ein Stück Metall (Länge = beliebig, Breite = Höhe über der Motorachse)²⁶ z. B. aus Aluminium auf die Handauflage zu stellen und die Vorderkante solange zu schleifen, bis sie sich der Schleifscheibe ganz angepasst hat, siehe Abb. 7.16 auf der nächsten Seite.

Oder man nimmt ein durchsichtiges Material²⁷ (Länge = beliebig, Breite = etwas mehr als der größten benötigten Höhe über der Motorachse entspricht²⁸), ritzt in verschiedenen Höhen Linien ein, die den benötigten Freiwinkeln entsprechen und schleift die Scheibe dann wie oben beschrieben.

Wenn sich die Handauflage auf Höhe der Motorachse befindet, kann man mit einer solchen Lehre die erforderliche Höhe der Schneide über der Motorachse erkennen, indem man die Lehre auf die Handauflage stellt.

Wenn man die Handauflage der Schleifmaschine nicht verstellen kann und deshalb der Zeigefinger nicht mehr unter einen dicken Bohrer passt, kann man die Höhe und den Bohrer-Zuführungswinkel erkennen:

Man legt den Bohrer auf den linken Zeigefinger, die Oberkante der Lehre²⁹ ist auf Höhe der Bohrer-Achse³⁰, die Lehre wird an der Schleifscheibe angelegt, der Bohrer wird so gekippt, dass die Bohrer-Längsachse mit der Oberkante der Lehre parallel ist³¹.

Dieses Verfahren wird hier nur gezeigt, weil bei einigen Schleifböcken die Handauflage nicht in der Höhe verstellbar ist.

Wichtig, bitte beachten: In diesen Abbildungen 7.17 bis 7.19 auf den Seiten 77–78 ist nur die untere Hälfte des Bohrers gezeigt, vom unteren Umfang des Bohrers bis hoch zur Schneide!

²⁶vgl. Tabelle 4.2 auf Seite 30

²⁷Polystyrol oder Acrylglas

²⁸dem höchsten benötigten Freiwinkel

²⁹bzw'die gewünschte Freiwinkel-Linie auf einer durchsichtigen Scheibe

³⁰und damit auf Höhe der Bohrer-Schneide

³¹bzw'der gewünschten Freiwinkel-Linie auf einer durchsichtigen Scheibe

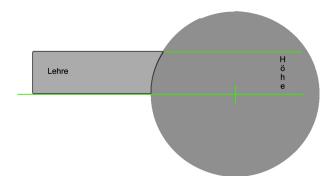


Abbildung 7.16: Freiwinkel: Anfertigen einer Lehre

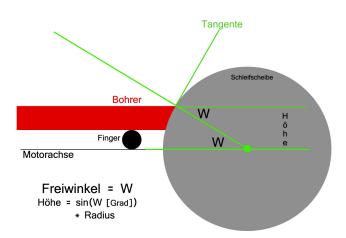


Abbildung 7.17: dünner Bohrer, Handauflage auf Höhe der Motorachse: der Zeigefinger passt unter den Bohrer, der Bohrer wird horizontal zugeführt

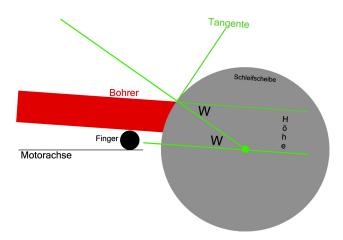


Abbildung 7.18: dicker Bohrer, Handauflage auf Höhe der Motorachse: der Zeigefinger passt nicht mehr unter den Bohrer, der Bohrer muss angehoben werden; Freiwinkel eingehalten durch geneigte Zuführung des Bohrers: Winkel W und $H\ddot{o}he$ haben sich nicht geändert

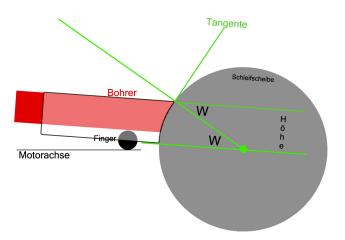


Abbildung 7.19: mithilfe der Freiwinkel-Lehre, dicker Bohrer: Freiwinkel eingehalten durch geneigte Zuführung des Bohrers

7.7 Vorrichtung für die horizontale Führung der Bohrer-Schneide

Diese Vorrichtung habe ich durch die V-Nut-Schienen ersetzt; im Abschnitt 7.4 auf Seite 65 (Bohrer-Schleifführung) wird mein aktuelles Vorgehen für eine zuverlässige Zuführung der Bohrer beschrieben.

Die korrekte horizontale Zuführung der Schneide beim Schleifen und bei der Kontrolle mit dem Bohrertestbild ist v.a. bei kleinen Bohrern schwierig. Sie ist aber für korrekte Schleif-Ergebnisse von sehr großer Bedeutung. Ich habe mir verschiedene Vorrichtungen im Internet angesehen, aber nichts brauchbares Fertiges gefunden.

Mit sehr geringem Aufwand kann man folgendes bauen:

- Vierkantprofil aus Alu oder Hartholz oder Kunstoff, z. B. 5 cm lang; Breite = 2 x Länge der Madenschraube + Dicke des Bohrers.
- exakt in der Mitte ein Querloch für die Aufnahme des Bohrers durchbohren (z. B. 4 mm für Bohrer 3,5 4 mm).
- quer dazu ein kleines Loch bis zur Mitte bohren, dort hinein eine kurze Schraube versenkt einbringen für die Fixierung des Bohrers ("Madenschraube").
- aus Polystyrol oder Acrylglas einen Winkel herstellen (mit Sekundenkleber verkleben), auf der vertikalen Fläche in kleinen Abständen von z. B. 2 mm mit einem Stechbeitel oder mit einem Cutter mehrere horizontale Linien einritzen³².

Benutzung:

- Bohrer-Ende in das Vierkantprofil stecken, noch nicht fixieren; beides auf die Lehre legen, die Spitze zeigt zur Linien-Scheibe, berührt sie aber nicht ganz.
- Bohrer-Spitze durch eine Unterlage soweit anheben, bis die Schneiden zwischen den Linien gut sichtbar sind³³

 $^{^{32}}$ ich habe nacheinander mehrere 2 mm dicke Plättchen auf die horizontale Fläche aufgelegt und jeweils nur vorsichtig geritzt, um feine Linien zu erhalten

 $^{^{\}rm 33}{\rm der~Bohrer~muss}$ nicht exakt horizontal auf dem Winkel liegen

- durch die Linien-Scheibe auf die Bohrerspitze schauen³⁴, Bohrer so drehen, dass die Schneiden mit den Linien fluchten³⁵, dann den Bohrer im Vierkantprofil mit der Madenschraube befestigen.
- beim Schleifen auf horizontale Lage des Vierkantprofils achten 36
- bei der Kontrolle mit dem Bohrertestbild wird der Bohrer automatisch korrekt ausgerichtet³⁷.

³⁴am besten mit einer Lupe

³⁵für die rechte bzw'die linke Schneide muss man die Bohre-Spitze evtl. unterschiedlich weit anbeben

 $^{^{36}}$ bzw'die Bohrer-Schleifführung benutzen, vgl. Abschnitt 7.4 auf Seite 65

 $^{^{\}rm 37}$ wenn man das Vierkantprofil mit einem geeignet dicken Brettchen unterlegt

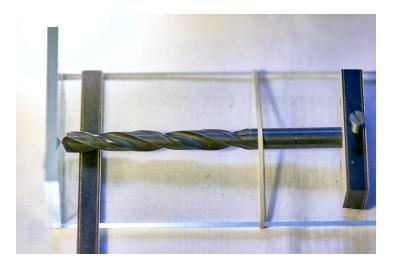


Abbildung 7.20: Vorrichtung für die horizontale Schneiden-Ausrichtung: Vierkantprofil auf dem Bohrerschaft (noch mit normaler Schraube anstelle einer Madenschraube), auf den Ablese-Winkel aufgelegt, Spitze durch Unterlage leicht angehoben, Bohrer mit Gummiband gehalten



Abbildung 7.21: Ablesen der horizontalen Schneiden-Ausrichtung; Foto entspricht etwa der Betrachtung mit einer 5 x-Lupe; mit der Lupe ist das Ablesen leichter als auf diesem Foto, weil man den Blickwinkel verändern kann)

Bei kleinen und kurzen Bohrern kann man die Bohrer-Schleiflehre nicht mehr benutzen, wenn das Vierkantprofil montiert ist. Ich habe deshalb eine solche Schleiflehre entsprechend gekürzt.

8 Schleifen mithilfe meiner Vorrichtungen

Freihand-Schleifen mit Hilfsvorrichtungen Kurzfassung

Sie sollten den Abschnitt über den frei-händigen Schleifvorgang in Abschnitt 5 auf Seite 41 und auch die beiden Zwischenbilanzen in Abschnitt 6 auf Seite 51 schon gelesen haben, sonst ist diese Kurzanleitung evtl. nicht verständlich! Diese Anleitung erscheint umfangreich, der tatsächliche Vorgang ist aber recht schnell abgearbeitet. Wenn der Bohrer nur leicht überarbeitet werden muss, dauert das Schleifen nur ein paar Minuten.

Lediglich der Hinterschliff kostet mich Zeit, wenn ich ihn nicht gut genug angesehen habe und ihn unzureichend geschliffen habe. Dann stelle ich bei der Probebohrung fest, dass ich zu wenig geschliffen habe. Ich bin dabei zu lernen, wie ein korrekter Hinterschliff auszusehen hat. Das wird es mir hoffentlich bald ersparen, nach der Probebohrung nochmals diesen Schleifvorgang zu starten.

- 1. Bohrer inspizieren¹
- 2. Bohrer in die passende V-Nut-Schiene einlegen, Schneiden parallel zur Oberkante ausrichten und leicht befestigen
- 3. Bohrer in der Schiene auf den Winkelanschlag der Bohrer-Schleifführung legen
- 4. Wippe der Bohrer-Schleifführung horizontal fixieren
- 5. Bohrer-Schleifführung in die richtige Höhe über der Motorachse bringen, die Bohrerschneide soll direkt unter der Laserlicht-Linie liegen²
- 6. überprüfen, ob die Bohrer-Schneide tatsächlich parallel zur Laserlicht-Linie liegt

¹vgl. Schleifvorgang, Punkt 1. bis 4. in Abschnitt 5.0.2.2 auf Seite 45

²vgl. Freiwinkel einstellen in Abschnitt 4.6 auf Seite 25

- 7. evtl. horizontale Lage der Schneide korrigieren
- 8. Bohrer in der V-Nut-Schiene endgültig fixieren
- 9. V-Nut-Schiene ausreichend fest an den Winkelanschlag andrücken
- Schneide leicht anschleifen, Schneide inspizieren und evtl. nochmals anschleifen, bis ein sauberer Schliff von der Peripherie bis zur Querschneide resultiert, Kühlen des Bohrers, wenn nötig
- 11. Bohrer zurückziehen
- 12. Bohrer-Ende senken und Bohrer-Spitze anheben, bis die Position erreicht wird, in der der Hinterschliff ganz hinten an der Span-Nut beginnen kann
- 13. Hinterschliff in einer gleichmäßigen Bewegung bis nach vorne zur Schneide, an der Schneide vorne fast ohne Druck; Kühlen des Bohrers, wenn nötig
- 14. Schleifergebnis ansehen, evtl. diesen Hinterschliff nochmals anschleifen
- 15. für die zweite Schneide die Befestigung des Bohrers in der V-Nut-Schiene lockern, Bohrer ausrichten, auf den horizontal liegenden Winkelanschlag legen
- 16. weiter mit Punkt 6.
- 17. nach Schliff der zweiten Schneide und ihres Hinterschliffs gesamte Bohrerspitze inspizieren, evtl. sichtbare Fehler durch nochmaligen Schliff korrigieren
- 18. wenn normale Beurteilung: weiter mit der visuellen Überprüfung³
- 19. evtl. erkannte Fehler korrigieren, erneute visuelle Kontrolle und dann ggf. weiter mit der Probebohrung⁴.
- 20. wenn eine der beiden Schneiden kürzer ist, dann muss die kürzere Schneide nochmals geschliffen werden, sie wird dann länger und entsprechend wird die zu lange Schneide dadurch kürzer.

³vgl. Abschnitt 4.7 auf Seite 32

⁴vgl. Abschnitt 4.8 auf Seite 37

9 Internet-Seiten

Marc L'Ecuyer (That Lazy Machinist)

Home: http://www.thatlazymachinist.com/home-accueil.html

Dort: Video-Übersicht: My shop videos, dort:

002 How Drill Bits Work

003 Manual Drill Bit Sharpening

mrpete222 auf Tubalcaine-machine-shop:

Demonstration an sehr großen Bohrern sehr lehrreich!

THE USE & CARE OF DRILL BITS part 1 of 3 tubalcain

THE USE & CARE OF DRILL BITS part 2 of 3 tubalcain

THE USE & CARE OF DRILL BITS part 3 of 3 Sharpening tubalcain

Diese Videos sucht man am besten auf der Youtube-Hauptseite über die Suchbegriffe: tubalcaine drill bits

Quellen für die Beschreibung diverser Bohrer Eigenschaften, ohne Anleitungen für das Schleifen:

HSS-Forum, deutsch

Viele gute Skizzen, detaillierte Beschreibung, kein Text: http://www.hssforum.com/2-BOHREN.pdf

Neme-s.org, 2005 May Meeting, englisch

Sehr umfangreiche Präsentation, sehr gute Skizzen, kein Text:

http://neme-s.org/2005 May Meeting/drills.pdf

evtl. verschluckt sich der Internet-Browser an den Leerzeichen; dann

bitte diesen Link in das Suchfenster eintragen

kripahle-online.de, deutsch

Umfangreiche Präsentation, sehr gute Skizzen, guter Text:

http://www.kripahle-online.de/unterricht/wp-content/uploads/2011/02/Bohren.pdf

9 Internet-Seiten

ptg-gmbh.de: Spitzenanschliffe für Spiralbohrer, deutsch Sehr gute Datentabellen, Skizzen und Erläuterungen: http://www.ptg-g

regalcuttingtools.com: sehr gute Datentabellen, englisch http://www.regalcuttingtools.com/service-support/specs-and-engineering-data

Auf dieser Seite findet man unter Drills:

- Freiwinkel, Querschneiden-Winkel, Bohr-Fehler und ihre Ursachen: Lip Relief Angles For Drills.pdf
- Bohrerspitzenwinkel für diverse Materialien: Drill Points Suggested For Various Materials.pdf
- Ganz unten unter *Decimal Equivalents*: Umrechnungstabelle amerikanisch – metrisch: *Decimal Equivalents.pdf*

MMS-Online: Geometrie der Bohrerspitze, Text und Bilder, englisch

Interessanter Text, gute Hinweise, kleine Bildchen http://www.mmsonline.com/articles/choose-the-best-drill-point-geometry

machiningmoments: Twist drill sharpening, englisch schönes Video über den Schleifvorgang (Achtung: Schleifscheibe läuft falsch herum; Schleifscheibe ist nicht gut abgerichtet; die Schleif-Bewegungen werden nicht genau so ausgeführt wie zuvor beschrieben)

http://www.youtube.com/watch?v=GID_kRsWnZk

This Old Tony: Sharpening Drill Bits - The Long Way Round, english

sehr umfangreiche Erklärungen; zeigt Herstellung eines Bohrers. https://www.youtube.com/watch?v=r8oORR6jyh8

RUKO: acht-merkmale-eines-spiralbohrers, deutsch sehr gute Erklärung der verschiedenen Bohrer-Typen; Sehr guter Blog zu vielen Themen Bohren, Gewindeschneiden ... https://www.ruko.de/de/blog/acht-merkmale-eines-spiralbohrers

Tabellenverzeichnis

4.1	Zusammenhang von Freiwinkel und Querschneiden-	
	winkel	17
4.2	Zusammenhang von Freiwinkel [Grad] und Höhe [mm]	
	über der Motorachse bei verschiedenen Schleifschei-	
	ben-Radien [mm]	30
4.3	Empfohlene Freiwinkel bei verschiedenen Bohrer-	
	Messern und verschiedenen zu bohrenden Materialien	31

Abbildungsverzeichnis

4.1	Bohrerspitze, Geometrie, Definitionen	15
4.2	Diamantabrichter	19
4.3	Schleiflehre	21
4.4	Schleiflehre, Prüfung des Schleifwinkels und des Frei-	
	winkels; Freiwinkel von 10° auf der Lehre angezeich-	
	net; der Schleifwinkel ist korrekt; der Hinterschliff	
	ist leicht buckelig!	22
4.5	Freiwinkel: Errechnung der Höhe über der Motor-	
	achse aus Scheiben-Radius und gewünschtem Frei-	
	winkel, Schleifwinkel = $W = Tangente$; beachten:	
	nur die untere Hälfte des Bohrers ist gezeigt!	25
4.6	Zwei Bohrer mit korrektem Hinterschliff bzw'mit	
	unzureichendem Hinterschliff hinter der Schneide	29
4.7	unbenutzter Bohrer – Winkel an den Fotos und am	
	Bohrer direkt ermittelt; links: abfallende Linie des	
	Hinterschliffs (Freiwinkel), Winkel ca. 13°; rechts:	
	die Querschneide steht im Winkel von 49° zu den	
	beiden parallel liegenden Hauptschneiden; laut	
	Tabelle 4.1 auf Seite 17 müsste die Querschneide im	
	Winkel zwischen 50 und 55° stehen, bzw bei einem	
	Querschneidenwinkel von 49° wäre der Freiwinkel 11°	34
4.8	Probebohrung in Eisen: Loch mit aufgeworfenem	
	Rand, zirkuläre Riefen im Bohrloch, sauberes Loch	
	von der Querschneide "geschnitten"	40
4.9	Probebohrung in Aluminium: Hinterschliff an der	
	Querschneide und ganz hinten an der Spannut un-	
	genügend, Markierung deshalb abgetragen; Schneide	
	nicht sauber geschliffen, deshalb Markierung teilwei-	
	se kurz hinter der Schneide abgetragen	40

	59° ist korrekt (grün); die Schneide ist noch nicht parallel zur Motorachse (vgl. mit der roten Linie); die Bohrer-Längsachse ist noch gekippt (Spitze zeigt nach oben), der Bohrer muss aber horizontal in der richtigen Höhe (rote Linie) an die Schleifscheibe geführt werden für den richtigen Freiwinkel; die Werkzeugauflage wurde aus fotografischen Gründen falsch	4.5
5.2	justiert	43
5.3	der Bohrer ist horizontal zugeführt Bohrerschneide war nicht horizontal ausgerichtet, deshalb entstand kein zur Schneide paralleler Schliff	49
7.1	Schleifwinkel-Testbild zur Kontrolle des Schleifwinkels (59°) und der Schneiden-Länge	58
7.2	Lehre für das Bohrertestbild; Prototyp	59
7.3	Kontrolle mit Lehre und Bohrertestbild (mit 7,5 mm-	00
	Bohrer, Hinterschliff nicht optimal)	61
7.4	Kontrolle mit Lehre und Bohrertestbild; Vergrößerung von Abb. 7.3 auf Seite 61, so sieht es mit der	
	5-fach-Lupe aus	61
7.5	10- mm-Bohrer, Kontrolle mit der Lehre: keine sichere Abweichung bei Winkel und Länge; im Bohrertestbild eindeutige Abweichung der Länge (rechts 5-rot, links 5-grün) und des Winkels; Kontrollbohren.	
7.6	rung: Bohrer rattert, Loch unrund	62
	enges Bohrloch, schöne Späne	62
7.7	Peilvorrichtung für die korrekte Höhe über Motorachse	64

5.1 Bohrer vor der Schleifscheibe; der Schleifwinkel von

7.8	Bohrer-Schleifführung mit aufgelegtem Bohrer am Winkelanschlag, Bohrer horizontal gelegen mit ho-	
	rizontaler Schneidenlage durch Horizontalführung,	
	Wippe durch Gummizug in Ausgangslage für den	
	Schleifbeginn gezogen. Aktuell wird der Bohrer ohne	
	das Klötzchen an seinem Ende aufgelegt, der Schräg-	
	lagen-Ausgleich ist jetzt nicht mehr erforderlich	67
7.9	Bohrer-Schleifführung, Vertikalverstellung hochge-	
	schoben und mit Sechskantmutter im Langloch fi-	
	xiert, Schräglagenausgleich der Wippe mit Rändel-	
	mutter fixiert. Der Schräglagen-Ausgleich wird aktu-	
	ell auf horizontale Lage der Wippe eingestellt, weil	
	der Bohrer direkt auf der Wippe liegt	68
7.10	Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der	
	Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie	
	für die Zuführung der Bohrer-Schneide (10 mm-Boh-	
	rer); Bohrer noch ohne V-Nut-Schiene angelegt	71
7.11	Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der	
	Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie	
	für die Zuführung der Bohrer-Schneide; Detail bei	
	stehender Schleifscheibe; der Bohrer muss noch ein	
	wenig gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden!	71
7.12	Peilvorrichtung bildet die korrekte Höhe über der	
	Schleifscheiben-Achse ab und die horizontale Linie	
	für die Zuführung der Bohrer-Schneide; Detail bei	
	sich drehender Schleifscheibe; der Bohrer muss noch	
	ein wenig gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden!	72
7.13	V-Nut-Schienen für kleine und mittlere Bohrerdicken	
	aus Epoxidharz-Kunststoff, mit Andruck-Platte	72
7.14	V-Nut-Schiene, 5 mm-Bohrer fast korrekt ausgerich-	
	tet, er muss noch minimal gegen den Uhrzeigersinn	
	gedreht werden	73
7.15	mein neuer Arbeitsplatz mit den Hilfsvorrichtungen.	
	Aktuell führe ich die Bohrer ohne das Klötzchen am	
	Ende in einer V-Nut-Schiene zu, die Wippe ist am	
	Beginn des Schleifens horizontal	75
7 16	Freiwinkel· Anfertigen einer Lehre	77

7.17	dunner Bohrer, Handauflage auf Hohe der Motor-	
	achse: der Zeigefinger passt unter den Bohrer, der	
	Bohrer wird horizontal zugeführt	77
7.18	dicker Bohrer, Handauflage auf Höhe der Motorachse: der Zeigefinger passt nicht mehr unter den Bohrer, der Bohrer muss angehoben werden; Frei-	
	winkel eingehalten durch geneigte Zuführung des	
	Bohrers: Winkel W und $H\ddot{o}he$ haben sich nicht ge-	
	ändert	78
7.19	mithilfe der Freiwinkel-Lehre, dicker Bohrer: Frei-	
	winkel eingehalten durch geneigte Zuführung des	
	Bohrers	78
7.20	Vorrichtung für die horizontale Schneiden-Ausrichtung: Vierkantprofil auf dem Bohrerschaft (noch mit normaler Schraube anstelle einer Madenschraube), auf den Ablese-Winkel aufgelegt, Spitze durch Unterlage leicht angehoben, Bohrer mit Gummiband gehalten	81
7 21	Ablesen der horizontalen Schneiden-Ausrichtung; Fo-	01
7.21	to entspricht etwa der Betrachtung mit einer 5x- Lupe; mit der Lupe ist das Ablesen leichter als auf diesem Foto, weil man den Blickwinkel verändern	
	kann)	81

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammentassung		5
2	Freihand-Schleifen von Spiralbohrern - Kurzfassung	7	7
3	Einleitung	ģ	9
	3.1 Vorbemerkung	(9
	3.2 für Eilige	. 1	1
	3.3 Über diese Anleitung		1
4	Spiralbohrer schleifen	1!	5
	4.1 Bohrer-Typen	15	5
	4.2 Schleifscheiben einrichten und prüfen		7
	4.3 Handauflage	. 19	9
	4.4 Schleifwinkel-Lehre	2	1
	4.5 Trainingsmodus	24	4
	4.6 Freiwinkel einstellen	25	5
	4.6.1 Erreichen des Freiwinkels beim frei-Hand-Sch	hliff 32	2
	4.7 visuelle Beurteilung	. 32	2
	4.8 Probebohrung	. 3	7
5	Schleifvorgang	41	1
	5.0.1 Kurzfassung des Schleif-Vorgangs	42	2
	5.0.2 Genauer	. 4	4
	5.0.2.1 Vorbemerkung	44	4
	5.0.2.2 Schleifvorgang	4	5
6	Zwischenbilanzen meines Trainings	51	1
	6.1 Erste Zwischenbilanz	. 5	1
	6.2 Zweite Zwischenbilanz	. 54	4
7	meine Hilfsvorrichtungen	57	7
	7.1 Schleifwinkel-Testbild	. 5	7
	7.2 Peilvorrichtung (Höhe, Horizontale)		3

94	Inhalts verzeichn is
94	Innaitsverzeichnis

9	Inte	ernet-Seiten	85
8	Sch	leifen mithilfe meiner Vorrichtungen	83
	7.7	veraltet: Horizontalführung der Schneide	79
	7.6	unbenutzt: Freiwinkel-Lehre	76
	7.5	mein komplettierter Arbeitsplatz	74
	7.4	Bohrer-Schleifführung	65
	7.3	V-Nut-Schienen	64