



# Plane Platten als Messplatten oder als Abrichtsteine

## Herstellung und Verwendung



THOMAS R. H. BINDER

Buchenlandweg 211, D 89075 ULM, Tel. +49 731 266959

Email: [thomas.rh.binder@gmail.com](mailto:thomas.rh.binder@gmail.com)

Download des Textes: [thomas-rh-binder.de](http://thomas-rh-binder.de)

erste Redaktion: 06. Sept. 2022

neue Passagen eingefügt und Text verbessert: Juni bis Juli 2025

Textbearbeitung mit *Emacs* und *Auctex*, Textsatz durch L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X,

Revisionskontrolle mit *Mercurial* und *Tortoise HG*

Kompiliert am: 3. Juli 2025





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abrichtsteine herstellen und verwenden</b>	<b>9</b>
1.1	Zusammenfassung	9
1.2	Vorbemerkung	10
1.3	Abrichtstein-Typen	12
1.4	Drei-Platten-Methode	12
1.5	Verwendung von Abrichtsteinen	15
1.5.1	Vorbemerkung	15
1.5.2	Vorgehen	16
1.5.3	Planheit erkennen	16
1.5.4	Abrichten	17
1.5.5	Konditionieren	19
1.5.6	Referenz	19
1.5.7	Abnutzung	20
1.5.8	Rillen	23
1.5.9	andere Zwecke	23
1.6	Planheit prüfen	23
1.6.1	Prüfung mit dem Haarlineal	24
1.6.1.1	Vorbemerkung	24
1.6.1.2	rechteckige Platten	25
1.6.1.3	runde Platten	26
1.6.2	Prüfung mit der Tuscher-Methode	26
1.7	Herstellung von Abrichtplatten	38
1.7.1	Vorbemerkung	38
1.7.2	Werdegang	42
1.7.3	Handschliff - Grundsätzliches	43
1.7.4	Schleifkorn	47
1.7.5	Schleifsequenz	48
1.7.6	Schleifvorgang	49
1.7.7	Steinkombination wechseln	52
1.8	Entwicklung der Standard-Methode	54
1.9	Pflege der Abrichtplatten	57
1.10	Resümee	58
1.11	Entsorgung des Schleifschlamm	59

1.12 Abkürzungen, Begriffe . . . . .	60
--------------------------------------	----

# Abbildungsverzeichnis

1.1	der <i>W-stroke</i> . . . . .	18
1.2	Sternlinien, Beginn des Kontrollschliffs; Haarlineal: Platte fraglich konvex; Tuschie- ren: tatsächlich konvex . . . . .	21
1.3	Sternlinien, fortgesetzter Kontrollschliff; Haarlineal: Platte fraglich konvex; Tuschie- ren: tatsächlich konvex . . . . .	21
1.4	Sternlinien vor der Prüfung . . . . .	27
1.5	Sternlinien, Haarlineal: Platte fraglich konkav; Tuschie- ren: tatsächlich konkav . . . . .	28
1.6	Markierungspunkte vor dem Kontrollschliff; G=grün, B=Bronze, S=Silber, P=Bleistift, E=Edding . . . . .	33
1.7	Markierungspunkte nach kurzem Kontrollschliff . . . . .	33
1.8	Markierungspunkte am Ende des Kontrollschliffs . . . . .	34
1.9	Tuschierpunkte nach der Prüfung (die Platte hatte früher Rillen) . . . . .	35
1.10	Tuschierpunkte nach der Prüfung, Detail bei Ziffer 1, Punkte weitgehend verschwunden . . . . .	36
1.11	Tuschierpunkte nach der Prüfung, Detail bei Ziffer 2, Punkte komplett erhalten . . . . .	36
1.12	flächenhafte Tuschierung nach der Prüfung . . . . .	37
1.13	der <i>normal stroke</i> . . . . .	46



# 1 Abrichtsteine herstellen und verwenden

## 1.1 Zusammenfassung

Wer von Hand auf Schleifsteinen schleift, verursacht unvermeidlich – in Längsrichtung und in Querrichtung – hohl geschliffene Schleifsteine; also braucht er einen Abrichtstein, um darauf die hohl geschliffenen Schleifsteine abzurichten. Abrichtsteine sind teils sehr teuer und werden im Lauf der Zeit ebenfalls hohl, also unbrauchbar.

Diamant-beschichtete Abrichtsteine sind teuer, sie werden durch die Benutzung nicht hohl, werden aber stumpf und tragen weniger Material ab.

Durch das Abrichten wird die Geometrie des Schleifsteins korrigiert und gleichzeitig wird die Oberfläche des Schleifsteins *konditioniert*, der Schleifstein trägt dann wieder mehr Material ab.

Man kann sehr gute Abrichtsteine für sehr wenig Geld und ohne teure Geräte selbst herstellen. Dieses Dokument beschreibt diesen Herstellungsprozess sehr detailliert. Damit sollte es jedem gelingen, seinen eigenen Abrichtstein herzustellen, der mit Sicherheit den käuflichen Abrichtsteinen nicht unterlegen ist, aber fast nichts kostet. Die Abrichtsteine selbst können später durch einen Teil des Herstellungsprozesses leicht erneut in einen optimalen Zustand gebracht werden.

Meine eigenen Abrichtsteine sind aus Granit, rund, 2 cm dick, der Durchmesser ist 30 cm<sup>1</sup>; die Oberfläche ist mit einem Präzisions-Haarlineal gemessen plan, mit Tuschierungs-Methoden gemessen kreissymmetrisch gering konkav. Der Planheitsfehler liegt zwischen 3  $\mu\text{m}$ <sup>2</sup> und 7  $\mu\text{m}$ <sup>3</sup>.

Diese Abrichtsteine kann man auch für andere Aufgaben verwenden: beispielsweise als Prüfplatten, um damit die Planheit eines Objekts zu

---

<sup>1</sup>wenn ich eines Tages neue Abrichtsteine herstellen würde, dann nicht 2 cm, sondern 4 cm dick; sie wären stabiler und schwerer, was das Schleifen erleichtern würde

<sup>2</sup>Genauigkeit des Haarlineals nach DIN 867/00

<sup>3</sup>Ergebnis der Industrie-Messtechnik

überprüfen (z. B. mit Lichtspalt oder Fühlerblattlehre oder mit einem Tuschiervorgang) oder als Planplatte, um darauf Maße auf Werkstücken anzureißen, oder als plane Fläche für Schleifarbeiten auf Schleifpapier oder als ...

## 1.2 Vorbemerkung

Jeder Handwerker, der mit Schleifsteinen schleift, muss seine Schleifsteine abrichten, weil sie sich durch den Gebrauch zwangsläufig abnutzen<sup>4</sup>

Abricht-Platten kann man kaufen, aber auch selbst herstellen, dabei produziert man bei meinem Verfahren immer ein Set aus drei<sup>5</sup> Platten, vergleiche Abschnitt 1.4 auf Seite 12 „Drei-Platten-Methode“. Als Einzelstück gekaufte Abrichtplatten kann man nicht korrigieren, aber die selbst hergestellten Abrichtplatten (Drei-Platten-Set) kann man jederzeit wieder in einen optimalen Zustand versetzen. Die Herstellung dieser Abrichtplatten und deren Pflege ist prinzipiell einfach und sehr preiswert (unter 20 €) und ohne teure Gerätschaften möglich.

Ich will hier nicht diskutieren, wie exakt Schleifsteine und Abrichtplatten sein müssen. Aber wenn es mit einfachen Mitteln vermeidbar ist, möchte ich keine fraglich tauglichen Schleifsteine und Abrichtplatten benutzen.

Hier beschreibe ich die Herstellung, die Benutzung und die Pflege von Abricht-Platten aus Granit. Die Anleitung ist für den engagierten Amateur gedacht, kann aber auch dem professionellen Anwender nützlich sein.

In dieser Anleitung fasse ich die im Internet gefundenen Informationen, die Hinweise von erfahrenen Feinoptikern und Amateur-Teleskop-Herstellern und meine eigenen Erfahrungen zusammen und hoffe, dass es damit gelingt, ohne Umwege zu befriedigenden Ergebnissen zu kommen und nicht wie ich erst einmal zu scheitern.

Ursprünglich enthielt dieser Text auch den Werdegang meiner zuerst länglichen und dann quadratischen Abrichtplatten; da ich aber mittlerweile von der Herstellung unrunder Abrichtplatten dringend abrate,

---

<sup>4</sup>das gilt für nahezu alle Schleifwerkzeuge, also auch für Schleifscheiben, Schleifstäbe, Läpp-Platten, ... Aber auch die dafür verwandten Abricht-Platten werden durch den Gebrauch abgenutzt und werden dadurch unzuverlässig!

<sup>5</sup>zumindest drei Platten

habe ich das alles gestrichen und nur die Herstellung runder Platten beschrieben<sup>6</sup>.

Eine große Hilfe waren mir die Foren der Messerschleifer, dort insbesondere die Texte von Friedrich Kollenrott<sup>7</sup> und die Foren der Astronomen, z. B.<sup>8,9</sup>, die Internetseite von Stathis Kafalis<sup>10</sup> und seine telefonische Unterstützung und die persönliche Beratung durch Herrn Friedbert Wandt von der Ausbildungsstätte für Feinoptiker bei Zeiss in Göttingen.

Ich habe die Anleitung ursprünglich für mich selbst geschrieben, einen engagierten Amateur-Handwerker, der ungern mit fraglich tauglichen Werkzeugen arbeitet. Ich hatte aber immer die Idee, diese Anleitung z. B. in Internet-Foren verfügbar zu machen, um mich dafür zu bedanken, dass ich dort wertvolle Hilfestellung gefunden habe.

Ich hoffe, dass ich nicht zu viele Fehler übersehen habe; ich glaube, alles beschrieben zu haben, was mich zu meinen aktuell sehr schön planen Granit-Abrihtsteinen 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.

Dieser Text zeigt an vielen Stellen den mühevollen Werdegang meiner anfänglich schlechten, dann „erträglichen“ und zuletzt schönen Abrihtplatten, weil ich den Text immer wieder ergänzt habe, wenn ich etwas Neues gelernt habe. Diesen Aspekt habe ich mit Absicht belassen, nicht nur aus Faulheit.

Zu den Bildern: die Bilder sind so hoch aufgelöst, dass es sich lohnt, sie mit der Zoom-Funktion zu vergrößern, man erkennt dann viele Dinge sehr viel klarer als ohne Zoom oder am ausgedruckten Bild. Das gilt insbesondere für die silbernen Markierungen.

Dieser Text kann natürlich zu eigenen Veröffentlichungen benutzt werden, dabei muss aber die Quelle angegeben werden.

Bitte stören Sie sich nicht am Wort *Schleifen*, wenn Sie das als *Läppen* bezeichnen würden. Die Hersteller von Optiken bezeichnen das Schleifen mit losem Korn teils als Schleifen, teils als Läppen.

Freundlicherweise wurde mir die Übernahme von Abbildungen aus der Internetseite von <http://stellafane.org> genehmigt.

---

<sup>6</sup>man kann quadratische Platten genau so herstellen wie runde Platten, erhält aber keine zufriedenstellende Planheit

<sup>7</sup><http://www.woodworking.de/schaerfprojekt/index.html>

<sup>8</sup><http://stellafane.org/tm/atm/index.html>, dort wird das Schleifen von Glas-Spiegeln teils sehr genau beschrieben

<sup>9</sup><http://www.astrotreff.de/>

<sup>10</sup><http://www.stathis-firstlight.de/>

### 1.3 Abrichtstein-Typen

Die Hersteller von Zubehör für das Schleifen von Messern und Schreiner-Werkzeug bieten für das Abrichten von Schleifsteinen zum einen Siliziumkarbid-Steine mit Querrillen und zum anderen Keramikplatten und Diamantschleifplatten an. Die Siliziumkarbid-Platten werden immer einzeln angeboten, offenkundig in der irrigen Annahme, dass sie immer plan bleiben; dass man aber Abrichtsteine ebenfalls abrichten muss, wird nicht erwähnt. Extrem hart gebundene Keramik-Abrichtplatten könnten evtl. länger plan bleiben, sind aber teuer und können nur mit Diamantplatten wieder abgerichtet werden. Die Diamant-beschichteten Platten sind sehr teuer und halten wohl sehr lange, sind aber unbrauchbar, wenn man die Unterlage durch unachtsamen Gebrauch verformt. Für alle käuflichen Platten gilt, dass man sich auf die Planheit ab Werk verlassen muss und dass man die Planheit schlecht selbst kontrollieren und ggf. verbessern kann.

### 1.4 Drei-Platten-Methode

Man kann plane Oberflächen dadurch herstellen, dass man drei Platten systematisch gegeneinander schleift. Diese Methode ist altbekannt, ich habe eine Beschreibung in einem in Leipzig herausgegebenen Technik-Magazin von 1809 gefunden<sup>11</sup>; in einzelnen Berichten wird mitgeteilt, dass historische Handwerker solche Methoden auch kannten. Aktuelle Beschreibungen kann man auf den Internetseiten der Teleskopie-Amateure finden.

Zumeist wird Sir Joseph Whitworth (1803-1887) als „Erfinder“ der Methode genannt (Publikation 1830). Nach meiner Kenntnis hat Whitworth aber als Erster eine Methode beschrieben, bei der drei Werkstücke durch wechselseitiges Farbtuschieren und Abschaben der Hochpunkte aneinander angeglichen werden. Henry Maudslay (1771-1831), in dessen Werkstatt Whitworth gelernt hat, hat die lange bekannte Drei-Platten-Methode bereits angewandt; die Neuerung durch Whitworth war, dass nach Herstellung dreier identischer konkaver Platten anschließend mithilfe der Tuschierung- und Schabe-Methode eine weitgehende Planheit erreicht wurde<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup>D.S.F.Herbstädt, Magazin aller neuen Erfindungen, Entdeckungen und Verbesserungen für Fabrikanten, Baumgärtnersche Buchhandlung, Leipzig; online gestellt von der Technischen Hochschule Nürnberg

<sup>12</sup>Diese Informationen stammen aus verschiedenen Quellen, größtenteils aus: *W. R.*

In diesem Leipziger „Magazin aller neuen Erfindungen, Entdeckungen und Verbesserungen für Fabrikanten“, publiziert ca. 1809, beschreibt J.J. Kraut, ein Messinstrumenten-Bauer aus Bremen, seine *Maschine zum Theilen gerader Linien*. Die Herstellung der erforderlichen planen Schleifsteine erwähnt er quasi nebenbei, offenkundig ist diese Methode damals nichts Neues:

„Es ist also, da es ohnehin oft etwas linealrecht oder plan zu schleifen giebt, gerathen, daß der Mechanikus sich mit der erwähnten Steinplatte versehe. Um ihr die Planfigur zu geben, schafft man sich drei rohe Platten an, die nicht gar zu uneben sind, gießt auf der Rückseite in jede ein Paar eiserne Griffe ein, um sie handhaben zu können;...bestreut sie mit Sand; ...". Die Steine müssen abwechselnd aufeinander geschliffen werden: B auf A, C auf A, A auf B, C auf B, A auf C, B auf C. „So fährt man fort, bis die Steine sich in allen Punkten berühren, und man wird mit dem Erfolge seiner Arbeit zufrieden sein.“

Dass die Platten rund sein müssen, wird nicht erwähnt, ergibt sich aber aus der theoretischen Beobachtung des Schleifvorgangs, vgl. Tabelle 1.1 auf Seite 46 und aus der Beobachtung, dass die Amateur-Spiegelschleifer immer runde Rohlinge verwenden, denen sie evtl. zuletzt eine andere Form geben, und zuletzt aus meinen eigenen Beobachtungen; mit drei rechteckigen gleich großen Platten hatte ich trotz aller Mühe keinen Erfolg. Und zuallerletzt ist theoretisch klar, dass man durch Schleifen mit freiem Korn immer hohle Platten produziert; je feiner zuletzt das Schleifkorn war, desto geringer ist die zentrale Konkavität.

Meine Abrichtplatten sind alle drei gleichermaßen kreissymmetrisch konkav geworden, das Zentrum liegt zwischen  $3\mu\text{m}$  (Kontrolle mit dem Haarlineal) und  $7\mu\text{m}$  (Kontrolle durch Industrie-Messtechnik) tiefer. Mit dem Haarlineal (nach DIN 874/00) konnte ich keine Abweichung nachweisen; bei der Rauheit der Oberfläche der Granitplatten ist das schwierig, weil der relativ weiche Glimmer-Anteil des Granits zu Vertiefungen (Lichteintritten) führen kann. Mit meinen Tuschiernethoden konnte ich geringe Abweichungen nachweisen; der Verlauf der Kontrolle mit der Tuschiernethoden sprach für eine geringe zentrale kreissymmetrische Konkavität.

---

Moore: *Foundations of Mechanical Accuracy*, The Moore Special Tool Company, 1970, Bridgeport, Connecticut. <https://ericweinhoffer.com/blog/2017/7/30/the-whitworth-three-plates-method>

Die Fortsetzung des Schleifens (ohne immer feineres Korn zu verwenden) hat daran nichts geändert.

Ich bin aber überzeugt, dass die anscheinend mathematisch belegbare Behauptung, man könne mit der Dreiplatten-Methode drei gleiche *plane* Steine erzeugen<sup>13</sup>, nicht stimmt. Wahrscheinlich wird man besser plane Steine erst dann erreichen, wenn man im Anschluss an das Schleifen mit zuletzt feinstem  $5\mu\text{m}$  großem Korn mit gezielten Poliermethoden korrigiert (lokales Polieren mit kleinen Polierscheiben oder Polierringen oder mit Planpoliermaschinen). So machen das die Astronomie-Amateure und wohl auch die Profis, ich durfte einmal einen Blick in die Werkstatt der Astronomie-Planspiegel-Fertigung bei der Fa. Zeiss in Oberkochen werfen; dort wurde lokal an einem riesigen Spiegel korrigiert, der Arbeiter saß im Spiegel!

Meine Erklärung für meine symmetrisch konkaven Platten ist einmal das immer noch recht grobe Korn (zuletzt K 600) und zum anderen, dass man schwerlich vermeiden kann, dass die Mitten der Steine immer mehr abgetragen werden. Die Methode mit gegenseitigem Tuschieren der Platten und gezieltem Abtragen der Hochpunkte ist seit Whitworth bekannt.

Ich kann mir vorstellen, dass meine Überlegungen falsch sind. Ich habe es an mehreren Stellen versucht, mein Problem vorzutragen, aber kein Interesse gefunden; wer nimmt auch einen Humanmediziner ernst, der in der hehren Sphäre der Optik herumturnt?

Aber lassen wir die Kirche im Dorf! Ich glaube, dass meine Abrichtplatten genauer plan sind, als es für die Zwecke eines Holzwerkers erforderlich ist. Und wenn ich die ganzen Internet-Videos über plane Schleifsteine der Metallbauer zusammenfasse, scheint das auch für Feinmechaniker auszureichen.

Aber auch dort gibt es Propheten der Exaktheit, z. B. beschrieben in <https://www.wadeodesign.com/flatness-3-plate-method.html> oder bei Oxtolco in <https://www.youtube.com/watch?v=rHmsQEAx16o>.

Ich meine, Planheit ist die für den jeweiligen Verwendungszweck erforderliche Planheit und nicht die theoretische absolute Planheit der Physik.

---

<sup>13</sup>ich habe einen Artikel gelesen, der dies darlegt, finde ihn aber nicht mehr

## 1.5 Verwendung von Abrichtsteinen

### 1.5.1 Vorbemerkung

Schleifsteine werden beim Schleifen von Messern und ähnlichen Werkzeugen immer hohl, gewöhnlich in beiden Achsen jeweils in der Mitte des Steins. Durch zeitweilige gezielte Verwendung an den Rändern der Schleifsteine, die sich normalerweise weniger aushöhlen, kann man dies etwas verzögern. Besonders hart gebundene Steine (z. B. „Keramiksteine“) werden viel langsamer hohl, können aber anscheinend nur mit Diamant-Abrichtplatten korrigiert werden.

Für das Schleifen von Küchenmessern ist ein etwas hohl gewordener Schleifstein ein weniger gravierendes Problem; aber Rasiermesser, Stechbeitel und Hobeisen oder Messer einer Haarschneidemaschine oder Ähnliches kann man auf hohlen Steinen nicht zuverlässig schleifen.

Da der Vorgang des Abrichtens genau genommen den Schleifstein nicht nur *abrichtet*, d. h. planiert, sondern gleichzeitig auch *konditioniert*, d. h. die Poren öffnet und damit die Schleiffähigkeit des Steines erhöht, sollte man auch plane Schleifsteine regelmäßig abrichten (vgl. 1.5.5). Das Abrichten dauert bei nur wenig hohlen Steinen wenige Sekunden bis zu wenigen Minuten.

Aber auch Abrichtsteine werden durch den Gebrauch uneben, selbst wenn man den darauf abzurichtenden Schleifstein in einer besonderen Weise über den Abrichtstein bewegt. Sie werden also im Lauf der Zeit unzuverlässig und führen zu schlechten Schleifergebnissen, wenn man sich „blind“ auf ihre Planheit verlässt. Sie müssen also ebenfalls plangerichtet werden.

Die Form der im Handel vertriebenen Abrichtsteine ist mir ein Rätsel; sie sind in ähnlicher Geometrie verfügbar wie die Schleifsteine, also deutlich länger als breit, sodass man mehr oder weniger gezwungen ist, den abzurichtenden Schleifstein weitgehend parallel zur Längsachse des verkippt), was eine exakte Planheit des Schleifsteines behindert und natürlich auch die Planheit des Abrichtsteines beeinträchtigt. Ich empfehle deshalb, runde Abrichtplatten zu verwenden<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup>ich weiß aus eigener schmerzlicher Erfahrung, dass man mit rechteckigem Stein auf rechteckigem Stein in beiden Achsen hohle Steine erzeugt

### 1.5.2 Vorgehen

Die Zuverlässigkeit einer planen Platte hängt nicht nur von der Genauigkeit der Herstellung ab, sondern auch von der Stabilität des Materials, aus dem sie hergestellt wurde. Obwohl Granit recht „steif“ ist, gibt er unter Belastung nach, etwa so stark wie für Optiken benutztes Glas. Man muss die Abrichtplatte auf eine stabile ebene Fläche legen, am Besten mit einer prallelastischen Unterlage zwischen Arbeitstisch und Abrichtplatte.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass dies für die alltägliche Verwendung – Prüfen, Abrichten und Konditionieren von Schleifsteinen – von Bedeutung ist. Aber wenn man eine hohe Genauigkeit braucht, muss man dies berücksichtigen<sup>15</sup>. Meine runden Abrichtplatten sind für ihren Durchmesser von 30 cm ausgesprochen dünn mit nur 2 cm<sup>16</sup>, aber eine gute Unterlage wird dies weitgehend kompensieren. Wenn man mit der hier beschriebenen Herstellungs-Methode wirklich genaue Planscheiben für Messzwecke herstellen will, muss man viel dickere Platten verwenden.

In der Praxis wird man den Vorgang der Planheits-Kontrolle, des Abrichtens und der Konditionierung eines Schleifsteins meistens kombinieren; dabei wird man ein Schleifkorn verwenden, das wenig, aber ausreichend viel Material abträgt, aber gröber ist als der Stein und damit den Stein auch konditioniert<sup>17</sup>, und wird den Stein vorher mit Markierungen versehen, damit man Unebenheiten leicht erkennt.

### 1.5.3 Planheit erkennen

Man kann die Schleifsteine mit einem Haarlineal kontrollieren; das geht schnell, ist aber evtl. wegen der Rauheit der Oberfläche des Schleifsteins schwierig; rechteckige Steine muss man an mehreren Stellen längs, quer und diagonal kontrollieren.

Genauer geht es mit Tuschiernethoden: man bringt Markierungen mit Bleistift oder Filzschreiber an und reibt die Oberflächen aneinander zusammen mit feiner Schleif-Suspension (z. B. MG 15  $\mu\text{m}$ ), um am Schliffbild auf dem Schleifstein die Hochpunkte und die Tiefpunkte und damit die Planheit zu erkennen<sup>18</sup>.

<sup>15</sup>z. B. beim Lappen mit einer Lappfolie, die auf der Abrichtplatte liegt

<sup>16</sup>für einen Astronomen wäre das untragbar, v.a. weil die Spiegel bei der Benutzung nicht flächig aufliegen

<sup>17</sup>z. B. K 320 für den feinen Abziehstein

<sup>18</sup>dabei wird außerdem auch schwarzer Schleifschlamm abgetragen, der Stein „konditioniert“

Man kann die Planheitskontrolle auch mit noch feinerem Schleifpulver (z. B. MG 5  $\mu\text{m}$ ) ausführen; das funktioniert auch mit den Lackstiften, es besteht aber die Gefahr, dass die Platten an den Markierungen aneinander kleben; für feine Analysen benutze ich den Tuschestift *edding 8404* (oder roten *edding 8030*) und MG 5  $\mu\text{m}$ .

#### 1.5.4 Abrichten

Beim Abrichten unebener Schleifsteine gibt man Schleifkörner auf die feuchte Abrichtplatte und bewegt den Schleifstein darüber; dabei sollte man den Schleifstein mit Bleistift-Strichen versehen, um den Fortschritt des Abrichtens zu verfolgen.

Je feiner der Schleifstein, desto feinere Schleifkörner wird man zum Abrichten verwenden<sup>19</sup>; hier kann ich noch keine gesicherten Empfehlungen geben; am Besten mit sehr feinem Korn versuchen, und gröberes Korn verwenden, wenn es zu lange dauert.

Der abzurichtende Schleifstein darf und soll gelegentlich etwas über den Rand der Abrichtplatte hinaus reichen, man darf dabei aber keinen Druck auf die Kante der Abrichtplatte ausüben, der oben liegende Schleifstein darf nicht abkippen.

Man sollte die Planheit der Abrichtplatten möglichst lange erhalten, indem man beim Abrichten, beim Konditionieren oder beim Überprüfen der Planheit die ganze Fläche der Abrichtplatte verwendet<sup>20</sup>. Wenn man häufig auf den Abrichtplatten abrichtet, muss man natürlich gelegentlich überprüfen, wie sehr sich die Abrichtplatte verändert hat.

Ich verwende in der Routine meine alten rechteckigen Abrichtsteine, um die Schleifsteine von groben Fehlern zu befreien und um sie reinigen oder zu konditionieren. Das Reinigen des Schleifsteins dauert Sekunden: etwas Schleifpulver auf den „fast guten“ rechteckigen Abrichtstein geben, ein paar Schleifbewegungen machen, den Schleifstein abspülen, mit dem Schleifen loslegen. Ich muss dann gelegentlich den rechteckigen Stein auf einer „heiligen“ Abrichtplatte überprüfen und ggf. abrichten

Der Schleifvorgang muss prinzipiell ähnlich aussehen wie bei der Herstellung der Abrichtplatten: der obere Stein wird gegen den Uhrzeigersinn gedreht (jede Drehung etwa 45°, aber nicht genau 45°), man geht gegen den Uhrzeigersinn um den Tisch herum (oder man dreht den

---

<sup>19</sup>z. B. K 180 für einen Stein 600 bis 1000, für noch feinere Steine K 320; meinen groben 120-er-Stein habe ich mit K 80 abgerichtet

<sup>20</sup>bei meinen zentral etwas hohlen Abrichtsteinen spare ich die zentralen Anteile der Abrichtplatte natürlich weitgehend aus

unten liegenden Stein auf der Unterlage); ich verwende beim Abrichten der im Verhältnis zur Abrichtplatte kleineren rechteckigen Schleifsteine den neutralen *W-stroke* mit geringer seitlicher Überlappung mit kleinen kreisenden Bewegungen; man muss sich dabei vorstellen, der rechteckige Stein sei rund; möglicherweise ist der *normal stroke* ebenfalls geeignet (vgl. Abb. 1.13 auf Seite 46).

Neu erworbene Schleifsteine sollte man vor der ersten Verwendung abrichten und konditionieren.

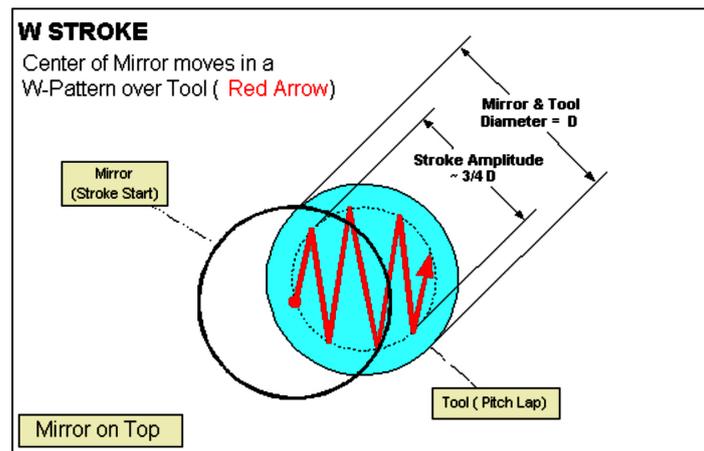


Abbildung 1.1: der *W-stroke*<sup>a</sup>

<sup>a</sup><http://stellafane.org/tm/atm/mirror-refs/strokes.html>

Wenn man durch eine Tuschier-Kontrolle weiß, wo die Abrichtplatte eine konkave Zone hat, kann man diese beim Abrichten eines Steins gezielt weniger benutzen; bei einer Platte wie z. B. in Abb. 1.5 auf Seite 28 würde man den abzurichtenden Stein bevorzugt über die Peripherie der Abrichtplatte führen.

Besonders bei den länglichen Schleifsteinen muss man sehr darauf achten, den Schleifstein nur genau in seinem Zentrum zu belasten (im Schnittpunkt der Diagonalen); entsprechendes gilt natürlich auch für runde Platten; selbst wenn man am abzurichtenden Stein erkennt, wo noch nicht ausreichend Material abgetragen worden ist, darf man ihn nicht exzentrisch belasten!

### 1.5.5 Konditionieren

Durch das Konditionieren der Schleifsteine wird die Oberfläche geöffnet, die wirksamen Schleifkörner werden freigelegt, der Stein trägt deutlich mehr Material ab. Meinen groben 120-er-Stein wollte ich schon entsorgen und ersetzen, weil er kaum Material abgetragen hat (sehr ärgerlich, wenn man einem alten Hobelmesser eine neue Spiegelseite zukommen lassen will); nach einer Konditionierung hat er mehr Material abgetragen als jemals zuvor.

Neu erworbene Schleifsteine sollte man abrichten und konditionieren.

Wenn man den Schleifstein mit sehr feinem Schleifkorn abgerichtet hat, und er dann nicht ausreichend „bissig“ ist, kann man ihn mit etwas gröberem Schleifpulver konditionieren; aber man muss dann mit geringem Druck arbeiten, weil man ja nur die Bindung des Steins leicht abtragen will, damit die Schleifkörner freigelegt werden, man die Schleifkörner selbst aber nicht abtragen will. Ähnlich geht man auch bei Schleifscheiben an Schleifmaschinen vor: erst sehr fein abrichten, dann etwas gröber konditionieren (Abrichten mit Diamanten, dann konditionieren mit Konditionierrollen)<sup>21</sup>.

Wahrscheinlich gilt auch das Umgekehrte: man könnte das Schliffbild eines Schleifsteins feiner machen, ihn weniger bissig machen, indem man den Schleifstein ohne Schleifpulver oder mit MG 15  $\mu\text{m}$  auf der Abrichtplatte reibt und dadurch allzu bissige vorstehende Schleifkörner beseitigt oder bricht. Ähnliches macht man ja mit Feilen, um sie weniger bissig zu machen: man schleift Kreide auf der Feile und füllt dadurch die Rillen, die abtragenden Spitzen stehen weniger weit vor.

### 1.5.6 Referenz

Von den drei Abrichtplatten sollte man eine als „Referenz“ belassen und nicht zum Abrichten, sondern nur zum Prüfen benutzen; die Kontrolle der beiden „Gebrauchsplatten“ gegenüber der Referenz kann dann den Zeitpunkt anzeigen, an dem das Drei-Platten-Set neu plangerichtet werden muss.

Ich habe bei der endgültigen Herstellung meiner drei runden Abrichtplatten für die Zukunft vorgesorgt: nachdem die drei Platten zufriedenstellend geschliffen waren, habe ich den ganzen Vorgang mit der anderen

---

<sup>21</sup>Konditionierrollen werden z. T. falsch als Abrichtrollen benannt; sie taugen aber nicht für das Abrichten, sondern nur für das Konditionieren

Seite der Platten wiederholt; ich war ja „im Fluss“. Und diese zweite Seite der Abrichtplatten ist jetzt tabu und wird nur als plane Fläche benutzt, um darauf Schleifpapier aufzulegen, auf dem z. B. Holzleisten oder Hobelsohlen plan geschliffen werden.

### 1.5.7 Abnutzung

Eine meiner neuen Abrichtplatten hat einen ersten Härtetest bestanden: der in Abb. 1.9 gezeigte längliche Gabbro-Stein mit dem schweren Fehler wurde mit K 180 darauf abgerichtet und wurde recht schnell plan (Haarlineal, Tuschieren), Schleifaufwand ca. 15 Minuten. Die Kontrolle der benutzten Granitplatte gegenüber einer noch nicht benutzten Abrichtplatte zeigte keine Veränderung (Haarlineal, Tuschieren)!

Zweiter Härtetest auf derselben Abricht-Platte: ein Gabbro-Stein (der linke Stein aus Abb. 1.12) war nach 5 Schleifdurchgängen (*wets*) mit K 180 deutlich besser, aber laut Haarlineal noch in beiden Diagonalachsen und der Längsachse gut erkennbar konkav; der neue Granit-Abrichtstein ist jetzt laut Haarlineal plan oder fraglich konvex, laut Tuschie-Methode eindeutig in einer großen zentralen leicht unsymmetrischen Zone angedeutet konvex geworden; er war zuvor plan (Haarlineal) bzw. minimal konkav (Tuschier-Methode) gewesen.

Die beiden Abbildungen 1.2 bis 1.3 auf der nächsten Seite zeigen die Kontrolle der Abrichtplatte mit der Tuschie-Methode in diesem Stadium; man kann gut erkennen, dass man bei dieser Kontrollmethode nach kurzer Zeit des Kontrollschliffs und nochmals später nachsehen muss; die Sternlinien besitzen ja selbst eine nennenswerte Höhe und werden durch den Schliff allmählich schwächer, und zudem ist der Kontrollschliff ja ein Schliff, der auch den Stein etwas anschleift und den Fehler gegenüber der Kontrollscheibe verändert; hier wird während des Schliffs die konvexe zentrale Erhebung schwächer und die Zone weitet sich aus! (die Fotos zeigen die Situation leider nicht so deutlich wie direkte Betrachtung, es will mir nicht besser gelingen!)

Jetzt folgen nochmal zwei *wets* mit K 180, mit *COC-stroke* und mit kleinen kreisenden Bewegungen; weil der Gabbro-Rechteck-Stein ja viel kürzer ist als der Durchmesser der Abrichtscheibe, bleibt er immer innerhalb des unteren Steins; dadurch und durch den gewählten *stroke* erwarte ich, dass die zentrale Konvexität des Abrichtsteines vermindert wird; das Haarlineal zeigt am Gabbro jetzt Planheit in allen Achsen, die Tuschie-Methode zeigt Planheit! Insgesamt hat dieser widerspenstige Gabbro

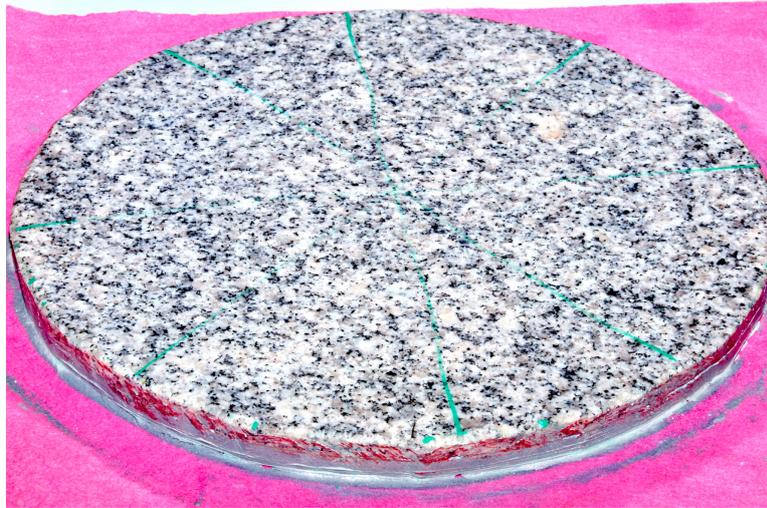


Abbildung 1.2: Sternlinien, Beginn des Kontrollschliffs; Haarlineal: Platte fraglich konvex; Tuschieren: tatsächlich konvex



Abbildung 1.3: Sternlinien, fortgesetzter Kontrollschliff; Haarlineal: Platte fraglich konvex; Tuschieren: tatsächlich konvex

fast 45 Minuten Schleifzeit gebraucht; er war aber durch misslungene Drei-Platten-Set-Versuche unebener geworden als er primär war, als ich ihn in der Steinhandlung geschenkt bekommen habe. Der andere Gabbro

hatte nur 15 Minuten „verbraucht“, s.o.. Der Abrichtstein hat durch den *COC-stroke* an Konvexität verloren, das Haarlineal lässt allenfalls einen Rest davon vermuten, die Tuschier-Methode zeigt eine verbliebene geringste Konvexität an, allerdings hat die Platte dabei einen Symmetriefehler: ein Markierungs-Strich ist im gesamten Durchmesser bis zum Ende des Kontroll-Schleifvorgangs ganz schwach sichtbar geblieben. An diesem Symmetriefehler ist offenkundig der längliche Gabbro schuld, dieses Phänomen habe ich zuvor beim Schleifen runder Scheiben gegeneinander nicht beobachtet; ich habe allerdings bei den letzten beiden *wets* mit dem Gabbro und K 180 ziemlich viel Druck angewendet und dabei womöglich unsymmetrisch geschliffen.

Dritter Härte-test: ein Gabbro-Stein (der rechte Stein aus Abb. 1.12) hat eine mit dem Haarlineal gut erkennbare evtl. symmetrische Konvexität, er wird auf dem noch unbenutzten Granit-Abrichtstein geschliffen; nach drei *wets* mit K 180 ist er noch nicht plan (Haarlineal, Tuschier-Methode), das anfangs sehr grobe Schleifgeräusch, das drauf hinwies, dass der Gabbro nicht gut zu dem Granit-Abrichtstein passte, ist aber schon deutlich geringer geworden; ich schleife nochmals zwei *wets* mit *COC-stroke* mit  $\frac{1}{3}$ -Strich mit K 180, bei jedem *wet* habe ich ca. 10 Tischumrundungen gemacht, zuletzt habe ich etwas mehr aufgedrückt, vielleicht 1–2 kg; der Gabbro wird mit dem Haarlineal geprüft: in allen Richtungen plan, überall ein wenig Licht unter dem Lineal und mit der Tuschier-Methode: plan; der Granit-Abrichtstein ist fast plan geblieben (Haarlineal: plan, Tuschier-Methode: symmetrisch leicht konkav).

Das reicht jetzt vorläufig; weitere Beobachtungen werde ich später anstellen, wenn meine Abrichtsteine quantitativ ausgemessen sind; dann kann ich das Ausmaß der Abnutzung besser beobachten. Man kann zusammenfassen: auch harte Steine kann man auf den Abrichtplatten planrichten, die Abrichtsteine verändern sich wenig, diese Veränderung ist davon abhängig, wie man den abzurichtenden Stein auf dem Abrichtstein bewegt.

Man kann auch auf dem Boden bleiben: die Granit-Abrichtplatten zeigen Abweichungen im Mikrometerbereich, die man an den abgerichteten Schleifsteinen nicht sieht, weil die Schleifsteine deutlich kleiner sind als die Abrichtscheiben und nach dem Abrichten ein „Summenbild“ der Oberfläche des Abrichtsteines zeigen und damit minimale symmetrische Fehler oder Zonenfehler oder Astigmatismus-Fehler keine Rolle mehr spielen. Übliche Schleifsteine „belasten“ den Abrichtstein deutlich weniger als mein Gabbro, von ihnen wird schnell viel Material abgetragen.

### 1.5.8 Rillen

Abrichtplatten brauchen keine Rillen, es geht sehr gut ohne, wenn man Schleifpulver verwendet; ich kann mir vorstellen, dass eine Abrichtplatte ohne Rillen ein zuverlässigeres Schliffbild ergibt, aber das ist nicht untersucht; ich werde mir auch keine übliche Abrichtplatte besorgen, um das zu untersuchen.

### 1.5.9 andere Zwecke

Abrichtplatten kann man auch für andere Zwecke benutzen:

- Als glatte und plane Unterlage, wenn man z. B. Hobelsohlen auf Planheit prüfen und sie ggf. mit Schleifpapier (nass oder trocken) abrichten will oder wenn man mit einem aggressiven Nassschleifpapier eine Spiegelseite eines Hobeisens korrigieren und vorschleifen will.
- Als glatte und plane Unterlage, wenn man mit Läppfolien<sup>22</sup> feinst schleifen oder Flächen läppen will; es gibt „Schleif-Enthusiasten“, die Rasiermesser oder Hobeisen oder Stecheisen auf solchen Läppfolien den Endschliff geben. Ich verstehe nicht, wie man dabei feine Läppfolien auf normales Fensterglas auflegen kann, das ganz sicher alles andere als plan ist<sup>23</sup>.
- Wenn man sie als Messplatten verwenden will<sup>24</sup>.
- etc. . . . .

## 1.6 Planheit prüfen

Wer die Planheit seiner Schleifsteine oder Abrichtsteine mit einem Stahl-lineal oder üblichen Eisenwinkel aus dem Baumarkt prüft, wird nicht erfahren, warum er sich beim Schleifen von Hobelmessern oder Stechbeiteln so schwer tut; solche Messwerkzeuge sind nur selten ausreichend gerade und besitzen außerdem keine Messerschneiden-artige Kante und zeigen also Verformungen nicht an oder zeigen Verformungen an, wo keine sind! Die Folge: Schneiden werden nicht ohne weiteres gerade, beim Wechsel auf den nächsten feineren Stein entsteht ein neues Schliffbild

---

<sup>22</sup>die eigentlich Schleif-Folien heißen müssten!

<sup>23</sup>habe ich mehrfach in Anleitungen im Internet gefunden

<sup>24</sup>dann wird man aber feiner schleifen als für meine „Standard“-Platten angegeben

etc.. Man muss also ein sog. Haarlineal verwenden, um mit einem Lineal die Planheit der Schleifsteine ausreichend genau zu untersuchen<sup>25</sup>.

Selbst wenn man ein übliches Lineal auf einem planen Schleifstein abrichten würde, könnte man damit nicht exakt untersuchen, da man für eine empfindliche und zuverlässige Untersuchung eine Messerschneide als Messkante braucht. Man müsste also das einfache Lineal erst mit einer (nicht zu scharfen) Schneide versehen und diese dann auf einem planen Abrichtstein abrichten.

Für eine genaue Untersuchung sollte man also ein kommerziell gefertigtes Haarlineal beschaffen. Ein solches kostet bei einer Länge von 30 cm etwa 25–40 € (z. B. nach DIN 874/00, Fehler der Planheit bei einem 30 cm-Lineal  $\leq 3 \mu\text{m}$ ).

Man hat mir gesagt, dass man mit einem solchen Haarlineal Unebenheiten bzw. Planheits-Fehler bereits ab  $1 \mu\text{m}$  erkennen kann. Meine Erfahrung sagt mir aber, dass man mit einem solchen Haarlineal an Granitsteinen die Fehler erst oberhalb von 5–10  $\mu\text{m}$  erkennen kann; dies ist durch die poröse Oberfläche der Steine bedingt, die überall etwas Licht durchdringen lässt, selbst bei zuletzt mit K 600 geschliffenen Steinen (siehe Ebenheitsmessung in 1.8 auf Seite 57).

Eine „indirekte“ Prüfmethode bieten Tuschie-Verfahren, bei denen man zwei Flächen miteinander vergleicht; in der Metallbearbeitung benutzt man eine Tuschiepaste, die man auf eine Fläche hauchdünn aufträgt; dann legt man die zweite Fläche auf, reibt beide Flächen in allen Richtungen aneinander und erkennt dann, wo die beiden Flächen zueinander den engsten Kontakt hatten (sog. Tragpunkte).

## 1.6.1 Prüfung mit dem Haarlineal

### 1.6.1.1 Vorbemerkung

Mit dem Haarlineal kann man immer dann sichere Aussagen machen, wenn die zu untersuchende Oberfläche eine hohe Oberflächengüte hat. Bei meinen Granitsteinen ist das selbst nach einem Schliff mit K 600 noch nicht der Fall. Bei genauer Betrachtung sieht man immer ein wenig Licht unter dem Lineal durchtreten und erkennt „Tragpunkte“ (kein Lichtdurchtritt)<sup>26</sup>. Man muss also beurteilen, ob der Lichtspalt überall gleich breit ist (d. h. Planheit) oder ungleich (Planheitsfehler).

---

<sup>25</sup>alternativ kann man eine Tuschiemethode anwenden,s.u.

<sup>26</sup>die „Täler“ werden wahrscheinlich durch den Glimmer-Anteil des Granits verursacht; Glimmer ist viel weicher als die Quarz- und Feldspat-Anteile

Wenn man ein Drei-Platten-Set von Abrichtsteinen untersuchen will, sollte man zuerst die sorgfältig gereinigten Steine trocken ein wenig aufeinander reiben, damit fast frei liegende feinste Partikel abgenommen werden – das entspricht einer minimalen Politur – und dann den Staub abwischen; das schützt das Haarlineal<sup>27</sup>. Wenn man nur einen Stein zu untersuchen hat, muss man ihn anderweitig (z. B. mit einer Bürste oder einem sehr feinen Schleifstein) sehr gründlich reinigen.

Wenn man eine Zwischenuntersuchung im Rahmen der Abrichtstein-Herstellung durchführen will, muss man die Platten mit Wasser sorgfältig abwischen, sie dann trocknen (kein fusselndes Tuch verwenden). Ich verwende, wenn ich es eilig habe, ein Heißluftgebläse, erhitze die Platten dabei aber nicht richtig; ich wische den trockenen Stein dann mit einer trockenen sauberen Hand oder einem Hygienetuch nochmals ab.

Die Investition in ein Haarlineal kann man sich aber sparen, wenn man über plane Abrichtsteine verfügt und stattdessen die in [1.6.2](#) auf der nächsten Seite beschriebene preiswerte Tuschiermethode anwendet!

### 1.6.1.2 rechteckige Platten

- Platte reinigen und trocknen (s.o.).
- Helles Licht suchen (heller Himmel, breit strahlende Lampe), sich selbst dem Licht entgegen stellen.
- Mindestens drei Untersuchungen in beiden Achsen (oben, Mitte, unten).
- Mindestens drei Untersuchungen in beiden diagonalen Achsen wie oben; man kann eine Konvexität oder Konkavität leicht übersehen, wenn man die Prüfung der Diagonalen auslässt!
- Haarlineal sehr vorsichtig senkrecht auf die Fläche aufstellen; Haarlineal niemals auf der Platte verschieben, sondern abheben und neu aufsetzen!
- Augen auf Höhe der Fläche bringen und sehen, ob Licht unter dem Haarlineal durchdringt, ob ein Lichtspalt unter dem Lineal überall gleich breit ist, ob durchdringendes Licht evtl. lediglich durch die Rauheit der Oberfläche der Platte verursacht wird, d. h. überall gleich breit durchkommt, unregelmäßig verteilt; dann ist die Platte an dieser Stelle evtl. plan.
- Bei einem planen sehr feinen Schleifstein sieht man kein durchdringendes Licht. Mein grober Schleifstein (Korn 120) lässt, frisch abgerichtet, überall etwas Licht durchscheinen.

---

<sup>27</sup>und macht die Messung sicherer

- Auch bei einer sehr gut zuletzt mit K 600 geschliffenen Granitplatte kann wegen der inhomogenen Zusammensetzung des Steins und einer damit geringen Oberflächen-Güte ein Minimum an Licht unter dem Lineal sichtbar sein. Die Untersuchung wird dadurch unsicher! Es kann so aussehen, als ob überall gleich viel Licht durchdringen würde und trotzdem liegt eine geringe Wölbung vor.  
Dies gilt natürlich nicht nur für Granitplatten, sondern für alle porösen Oberflächen, besonders aber für Abrichtsteine mit Rillen (an den Kanten der Rillen wird man geblendet, siehe oben). Die Aussage: „plan“ ist also unsicher, nur eine brauchbare Annäherung. Wenn man exaktere Aussagen machen will, muss man eine Tuschier-Methode anwenden (siehe 1.6.2).
- Eventuell muss man sich vor der Lichtquelle hin-und-her-drehen, wenn sie nicht breit und homogen genug ist. An den Enden des Lineals wird man evtl. vom Licht so geblendet, dass man einen Lichtspalt unter dem Lineal nicht erkennt; wenn man sich aber so zum Licht stellt, dass man nicht geblendet wird, sieht man evtl. doch durchdringendes Licht.
- Haarlineal säubern und in seinem Futteral aufräumen.
- Ergebnisse aufschreiben.

### 1.6.1.3 runde Platten

Im Prinzip wie oben bei rechteckigen Platten; man sollte, ausgehend von einer Marke bei  $0^\circ$ , zumindest bei einer Drehung des Steins um  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $135^\circ$  prüfen, jeweils im oberen Drittel des Kreises, auf Höhe des Mittelpunktes und im unteren Drittel. Symmetriefehler sind damit aber nicht sicher erkennbar.

### 1.6.2 Prüfung mit der Tuschier-Methode

Die hier geschilderten Überlegungen beziehen sich primär auf das Herstellen planer Abrichtplatten aus Granit. Die Tuschier-Methode umfasst den Vorgang der Markierung der Oberflächen und den Vorgang des Vergleichens gegenüber einer anderen Oberfläche durch einen sehr feinen Schliff mit z. B. MG  $15\ \mu\text{m}$  oder MG  $5\ \mu\text{m}$ .

Diese Methode habe ich aus der Original-Methode der Metallbearbeiter abgewandelt. Im Rahmen des Planschleifens habe ich sie nur an mittelfein bis fein geschliffenen (K 180, bis K 600) Granitplatten und an Steinen aus Gabbro untersucht; ob sie auch für Glas taugen, weiß ich

nicht. Eine konventionelle Tuschie-Paste habe ich nicht versucht, weil ich nur Tuschiepasten auf Öl-Basis gefunden habe.

Die Tuschie-Methode ist sensitiver und vor allem zuverlässiger als die Untersuchung mit dem Haarlineal, sie leidet nicht unter der Rauheit der Oberfläche (vgl. 1.6.1.2 auf der vorherigen Seite). Mit dem Haarlineal als plan einzustufende Platten zeigten mit der Tuschie-Methode häufig noch sehr gut erkennbare Fehler.

Die Tuschie-Methode hat gegenüber der Prüfung mit dem Haarlineal den Vorteil, dass man gleichzeitig mehrere Zonen oder Achsen untersuchen kann; Außerdem ist ein Haarlineal ein sehr empfindliches Instrument, das man leicht beschädigt und das man nicht selbst reparieren kann<sup>28</sup>.



Abbildung 1.4: Sternlinien vor der Prüfung

Die Abb. 1.4 zeigt eine mit Sternlinien markierte Abrichtplatte bei einer Zwischenkontrolle, vor dem K 600-Schliff. Ich markiere meist mit einem achtstrahligen Stern.

Die Abbildung 1.5 auf der nächsten Seite zeigt eine Abrichtplatte, bei der mit dem Haarlineal eine geringe oder fragliche Konkavität sichtbar ist; die Prüfung gegenüber einem laut Haarlineal planen Stein zeigt den Befund deutlich: im Zentrum sind die Sternlinien erhalten geblieben, sie ist also konkav; nachdem der „Schwester“-Stein laut Haarlineal plan ist,

<sup>28</sup>eine selbst hergestellte fraglich korrekte Planscheibe kann man aber überprüfen und durch erneutes Planrichten des Drei-Platten-Sets korrigieren



Abbildung 1.5: Sternlinien, Haarlineal: Platte fraglich konkav; Tuschie-  
ren: tatsächlich konkav

verursacht also dieser verdächtige Stein den Befund. Wenn man beide verglichene Platten mit Sternlinien versehen hat, kann man den Fehler genauer beschreiben.

Solange man nicht eine gesichert plane Platte besitzt („Referenzplatte“), kann man nicht erkennen, welche der beiden gegeneinander geschliffenen Platten den Fehler verursacht hat, man sieht nur, dass an der abgeschwächten oder abgeriebenen Stelle beide Platten enger aneinander liegen. Eventuell kann man den Fehler durch eine zusätzliche Untersuchung mit dem Haarlineal genauer zuordnen; man muss dann das Haarlineal in  $90^\circ$  zu der noch sichtbaren Linie auflegen. Während des Planrichtens eines „Drei-Platten-Sets“ ist die Tuschiermethode dennoch hilfreich, weil man durch gegenseitige Kontrolle der Platten erkennen kann, ob weitere Schleif-Sequenzen erforderlich sind.

Eine Untersuchung gegenüber einer gesichert planen Scheibe ist nicht möglich, ohne diese zumindest geringfügig zu verändern. Wenn man allerdings mit sehr feinem Schleifpulver MG  $15\ \mu\text{m}$  oder MG  $5\ \mu\text{m}$  arbeitet, ist dies meist zu vernachlässigen<sup>29</sup>.

Die Vorbereitung zur Untersuchung mit dieser Methode steht in Absatz 1.6.1 auf Seite 24.

Ich habe mehrere Markierungs-Verfahren versucht; die Entscheidung

<sup>29</sup>siehe Pflege der Abrichtplatten in 1.9 auf Seite 57

fällt je nach Situation: für eine erste Orientierung bei noch nicht gut geschliffenen Steinen reichen einzelne Punkte; wenn man schon weiter geschliffen hat und man es genauer wissen will, sind Linien sinnvoller und besser zu beurteilen. Für eine Flächen-Markierung (wie bei der Originalmethode der Metallbearbeitung) habe ich noch keine gut brauchbare Methode gefunden.

- Flächenhafte Markierung: man kann übliche Tuschie-Paste nicht verwenden, da man ja kein Öl auf den Platten haben will; aber man kann z. B. Auto-Lack aufsprühen. Für die Herstellung und Kontrolle meiner Abrichtplatten brauche ich aber keine Flächen-Markierung, weil ich weiß, dass meine Schleiftechnik zu sehr gut Rotations-symmetrischen Platten führt, sodass Linien für die Beurteilung ausreichen. Und ich brauche auch keine Beurteilung der Oberflächengüte.
- Punkte: bei rechteckigen Platten soll man einzelne Punkte auftragen (zumindest in den Ecken, an mehreren Stellen im Zentrum und in seiner Umgebung und an mehreren Stellen entlang der Kanten); bei kreisförmigen Platten entsprechend. Diese Markierungen sollte man auf beiden gegeneinander zu prüfenden Steinen anbringen (vgl. Abb. 1.9 bis 1.11 auf den Seiten 35–36).
- Linien: Schachbrett-Muster mit zusätzlichen Linien in den Diagonalen bzw. bei runden Platten mehrere Linien entlang des Radius, z. B. ein achtstrahliger Stern (Abb. 1.4), evtl. mit zusätzlichen konzentrischen Kreisen.
- meine aktuelle Wahl: Linien.

Für Punkte und Linien habe ich vieles versucht:

- Stempelfarbe eignet sich nicht, sie dringt zu tief in die Oberfläche ein und trägt zu wenig auf.
- Bleistift: trägt wenig auf, sodass man den Kontrolleffekt zwischen Granitplatten schlecht erkennt; er funktioniert aber hervorragend bei der Markierung feuchter Wasser-Schleifsteine, die auf den Planplatten aus Granit geprüft oder abgerichtet werden sollen!
- Wachsmalkreide (*Staedtler permanent Lumocolor 236-2*): dringt nicht ausreichend gut in die Poren ein und verliert deshalb sehr schnell ihre Wirkung.
- Standard-Filzschreiber: dringt gut in die Poren ein, trägt aber zu wenig auf.
- Tuschestift *edding 8404 „aerospace marker“*, hält extrem gut selbst auf poliertem Glas und trägt wenig auf; ihn benutze ich zusammen mit MG 5  $\mu\text{m}$  für genaue Untersuchungen; damit sieht man Ab-

weichungen, die mit meinem Routine-Stift *edding 750* nicht sicher erkennbar sind.

- *edding 8030* „NLS high-tech marker“ in rot ist ein extrem tief eindringender Spezialstift, der eine sehr haltbare Markierung auch an der Oberfläche aufträgt; dieser Stift bleibt während des Kontrollschliffs am längsten von allen hier genannten Stiften sichtbar; nach längerem Schleifen mit MG 15  $\mu\text{m}$  ist er immer noch schwach sichtbar, aber wegen seiner Farbe noch gut erkennbar; mit einem Auflicht-Mikroskop (80-fach) sieht man, dass der Stift an glänzenden Oberflächen verschwunden und nur in kleinen tiefen Poren noch verblieben ist.
- Lackstift: dringt gut in die Poren ein, trägt ausreichend gut bis sehr gut auf; je dünner der Lackstift aufträgt, desto empfindlicher wird die Untersuchung; für die Routine eignet sich ein „fett“ auftragender Lackstift sehr gut.
  - *edding 780* in Silber: trägt eine dicke glänzende Schicht auf, die im Verlauf der Kontrolle allmählich den Glanz verliert und dann nur noch grau ist; dieser „Farbverlauf“ ist sehr hilfreich! Der Stift ist auf Granit nur im schrägen Licht gut erkennbar.
  - *edding 750* in Kupferfarbe: trägt eine mittelgradig dicke homogene Schicht auf, mit gutem Farbkontrast zu Granit, die Farbe dringt gut in Poren ein und haftet sehr gut. Im Verlauf des Kontrollschliffs verhalten sich die Markierungen wie beim *edding 780* in Silber, allerdings sind geringe verbliebene Spuren mit der Bronze=Farbe viel besser zu erkennen.
  - *edding 751* in grün oder rot: dringt gut ein, ausreichend dicke Schicht an der Oberfläche, sehr guter Farbkontrast zu Granit.
- Meine derzeitige Wahl:
  - Am Beginn der Planrichtung: silberner *edding 780*, weil er am dicksten aufträgt.
  - Bei fortschreitender Planheit: Kupfer-farbiger *edding 750*; den grünen oder roten *edding 751* habe ich in meinen späteren Experimenten nicht mehr verwendet.
  - Bei sehr planen Steinen (nach dem Schliff mit K 400): *edding 8404* „aerospace marker“, der ausreichend in den Poren haftet und später komplett verschwindet, oder *edding 8030* „NLS high-tech marker“, der nach Verschwinden des *edding 8404* immer noch gut sichtbar ist. In diesem Stadium kann man auch den *edding 750* verwenden, man darf aber nicht zu viele

Linien auftragen, weil sonst die Steine beim Kontrollschliff leicht aneinander kleben.

Den besten Kompromiss für die Routine-Herstellung der Abrichtplatten scheint der *edding 750* darzustellen, weil er mittelgradig dick aufträgt und auf grauen Granitplatten sehr gut sichtbar ist.

- Eine Warnung: wenn man an sehr planen Platten mit einem Lackstift markiert hat und den Kontrollschliff mit einem sehr feinen Pulver, z. B. MG 15  $\mu\text{m}$  oder gar MG 5  $\mu\text{m}$  schleift, können die Platten aneinander kleben und den Lackstift abreißen; man muss genügend Schleifpulver und genügend Wasser auftragen und vorsichtig ohne Druck schleifen, eventuell Schleifpulver nachlegen.

Die Marken müssen auf sorgfältig getrocknete Platten aufgetragen werden. Nach der Markierung müssen die Markierungen gut trocknen. Wenn man schon weitgehend plane Platten hat, darf man nicht beide gegeneinander zu prüfende Platten mit vielen fetten Linien versehen, weil sie sonst aneinander kleben; das kann man evtl. mit einer großen Menge von Schleifpulver vermeiden.

Für die Untersuchung der Planheit führt man einen nassen Schleifvorgang mit feiner Schleif-Suspension (z. B. MG 15  $\mu\text{m}$ ) durch, der die Markierungen dort schwächer und später verschwinden lässt, wo die gegenseitigen Oberflächen sog. Tragpunkte aufweisen, also engen Kontakt herstellen. Ich verwende dafür die Schleifmethode „COC“ (Center Over Center) mit  $\frac{1}{3}$ -Strich und mit kreisenden Bewegungen (siehe 1.7.6). Für die orientierende Beobachtung des Schleif-Fortschritts während der Planplatten-Herstellung kann man das aktuell verwandte Schleifpulver verwenden.

Besonders bei den länglichen Schleifsteinen muss man sehr darauf achten, den Schleifstein nur genau in seinem Zentrum zu belasten, im Schnittpunkt der Diagonalen. Entsprechendes gilt natürlich auch für runde Platten.

Für den Kontrollvorgang gebe ich einige Spritzer MG 15  $\mu\text{m}$  auf die untere Platte, nicht zu wenig, lieber vergeude ich ein wenig; meine Lösung ist in einer 50 ml-Flasche, die einen ca. 2 mm hohen Bodensatz des Schleifpulvers enthält (erst schütteln, dann anwenden). Die benötigte Menge der Schleif-Suspension ist von der Rauheit der Platten und der „Dicke“ der Markierungen abhängig; je glatter die Platten sind, desto weniger Suspension benötigt man.

Für genaue Analysen an bereits fein geschliffenen Platten kann man auch ein sehr feines Schleifpulver MG 5  $\mu\text{m}$  benutzen, weil die Markie-

rungen damit sehr langsam abgetragen werden. Ich habe den Eindruck, dass die Beurteilung damit sicherer wird.

Wenn man während des Kontrollschliffs die Linien oder Punkte beobachten will, muss man den oberen Stein ganz herunterziehen und nach der Beobachtung wieder vollflächig auflegen; nicht nur zur Seite schieben, weil die Steine sonst aneinander kleben können.

Man sollte diesen kontrollierenden Schliff nicht trocken ausführen, weil dabei die Markierungen zu aneinander klebenden Platten führen können und damit das Kontrollergebnis unzuverlässig wird.

Wenn man nur wenige Punkte aufgetragen hat, kann man grob beurteilen, ob schwere Fehler der Planheit vorliegen (Konkavität, Konvexität). Wenn man aber ein Gitternetz oder Sternlinien aufgetragen hat, kann man zudem gut erkennen, ob die Abweichungen Rotations-symmetrisch sind oder ob die Abweichungen zonal betont sind.

Bei gleich großen Platten legt man am Besten die markierte Platte auf den Tisch auf, ansonsten legt man die kleinere Platte (z. B. den zu kontrollierenden Schleifstein) auf die größere Platte.

Diesen Kontrollschliff setzt man solange fort, bis man keine wesentliche weitere Abschwächung der Markierungen mehr sieht; auch wenn man jetzt sehr lange weiter schleift, verschwinden die Markierungen nicht, weil das feine MG 15  $\mu\text{m}$  oder MG 5  $\mu\text{m}$  die Markierungen nicht aus den Stellen ohne Kontakt der Oberflächen herauslösen kann.

Die Abbildungen 1.6 bis 1.8 auf den Seiten 33–34 zeigen die verschiedenen Markierungs-Stifte im Verlauf: vor dem Kontrollschliff, nach einiger Zeit des Schleifens mit MG 15  $\mu\text{m}$  und am Ende des Kontrollschliffs; die silbernen Punkte sind auf den Bildern teils schlecht sichtbar, sie glänzen aber bei schrägem Licht sehr schön.

Der Bronze-farbene und der silberne Stift zeigen am Besten die ersten Veränderungen und sind auf den Granitsteinen sehr gut zu erkennen; der grüne Lackstift zeigt erst recht spät erste Veränderungen; der grüne und der Bronze-farbene Lackstift ergeben auch am Ende des Schliffs noch gut erkennbare Markierungen, die silberne Markierung ist recht bald kaum mehr erkennbar, die Bleistiftmarken sind gegen Ende am schlechtesten zu erkennen.

Den Tuschestift *edding 8404* und den *edding 8030* (hier nicht dargestellt) habe ich erst später eingeführt. Sie haben sich bei den Messungen an weitgehend planen Platten zusammen mit MG 5  $\mu\text{m}$  bewährt, weil sie durch ihre hervorragende Haftung sehr lange sichtbar bleiben.

Diese Markierungen funktionieren sehr gut auf den Abrichtplatten; auf den Wasserschleifsteinen halten die Marken aber nicht gut, wenn



Abbildung 1.6: Markierungspunkte vor dem Kontrollschliff; G=grün, B=Bronze, S=Silber, P=Bleistift, E=Edding



Abbildung 1.7: Markierungspunkte nach kurzem Kontrollschliff

man die Steine lediglich kurzfristig abgetrocknet hat. Wahrscheinlich würden die Markierungen auf richtig getrockneten Wasserschleifsteinen auch gut halten (aber meine Wasserschleifsteine sind nie trocken).

Mann kann aber einen nassen Wasserschleifstein dadurch überprüfen,

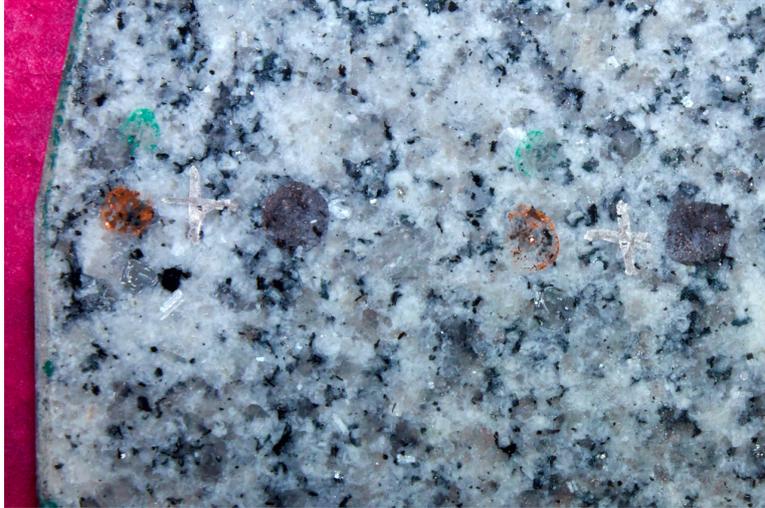


Abbildung 1.8: Markierungspunkte am Ende des Kontrollschliffs

dass man ihn mit einem Gitter aus Bleistift-Strichen überzieht und auf einer feuchten planen Abrichtplatte mit MG 15  $\mu\text{m}$  schleift. Ein planer Schleifstein verliert schnell und gleichmäßig alle Linien (geprüft mit sehr fein, und mittel). Sollte der zu prüfende Stein nicht plan sein, kann man ihn dann sofort (z. B. mit K 320) korrigieren.

Man kann diese Tuschie-Technik zur Planheits-Kontrolle anwenden, ebenso gut aber auch, um den Schleifvorgang z. B. während der Herstellung der Planplatten zu beobachten (wie weit sind die Platten schon einander ähnlich geworden?):

- Wenn die Linien beim Schleifen in allen Stein-Kombinationen zuerst in der Peripherie verschwinden, sind alle drei Platten konkav.
- Wenn die Linien nicht immer zuerst peripher abgetragen werden, sieht man die gegenseitige Anpassung der Steine (z. B. ein Stein konvex, einer konkav).
- Eine bei allen drei Steinen gleiche Zentrum-betonte Abtragung der Linien habe ich noch nicht beobachtet (es sei denn am Beginn des Abrichtens, wenn alle Steine konvex sind; aber ganz am Beginn braucht man ja die Linien noch nicht).

Wer sich genauer mit den diversen Standard-Schleifbewegungen beschäftigen will, kann dies mit Tuschie-Linien ebenfalls beobachten: wo trägt ein bestimmter „stroke“ am meisten Material ab?

Die drei Bilder (Abb. 1.9 bis 1.11 auf den Seiten 35–36) zeigen einen

nicht planen rechteckigen Stein, der auf einer planen Granitplatte kontrolliert wurde; an vielen Stellen wurden Marken jeweils mit dem silbernen, dem kupferfarbenen und dem grünen Lackstift gesetzt. Diese sind fast alle sehr deutlich schwächer geworden, kaum noch sichtbar; aber in der rechten oberen Ecke und der linken unteren Ecke sind die Punkte nicht oder kaum abgeschwächt. Das Detail-Bild aus der Region bei der Ziffer 1 zeigt die Markierungen nur noch in den Poren, das Detail-Bild aus der Region bei der Ziffer 2 zeigt die fast unveränderten Marken.

Die Kontrolle mit einem üblichen Werkstatt-Metall-Lineal hatte Planheit angezeigt, die Kontrolle mit dem Haarlineal zeigt einen geringen aber eindeutigen Fehler an, die Tuschiermethode zeigt den Fehler deutlich: es liegt ein diagonal verlaufender Planheits-Fehler vor.

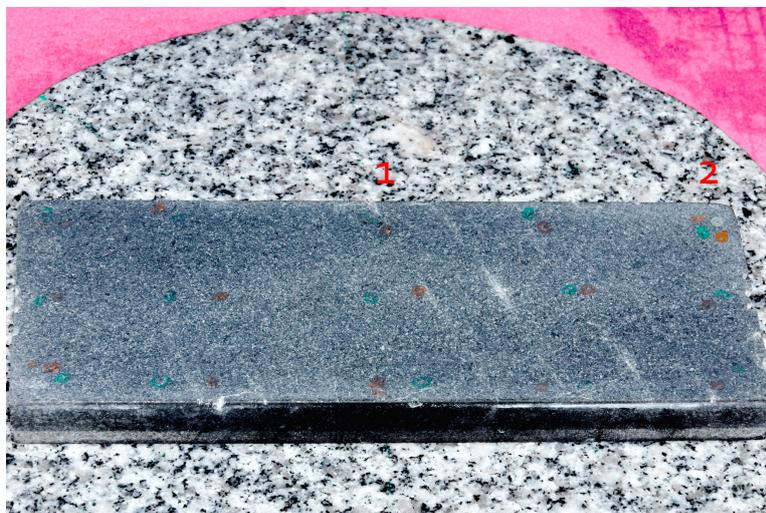


Abbildung 1.9: Tuschierpunkte nach der Prüfung (die Platte hatte früher Rillen)



Abbildung 1.10: Tuscherpunkte nach der Prüfung, Detail bei Ziffer 1, Punkte weitgehend verschwunden

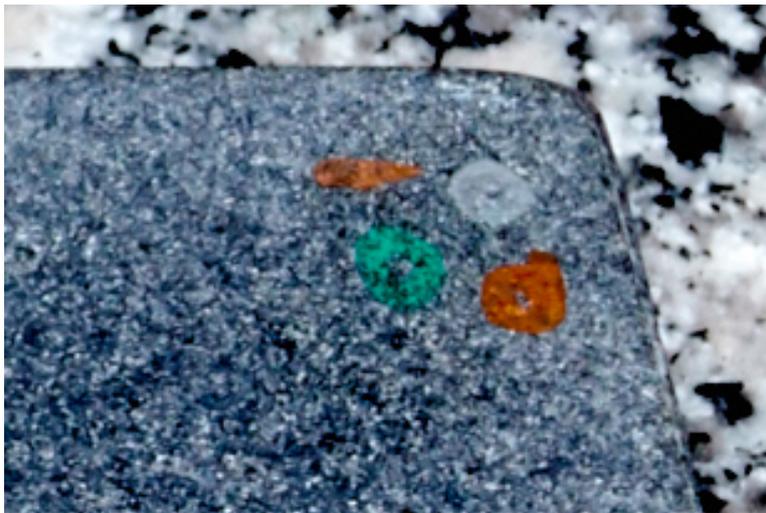


Abbildung 1.11: Tuscherpunkte nach der Prüfung, Detail bei Ziffer 2, Punkte komplett erhalten

Die beiden Platten in Abbildung 1.12 wurden mit Auto-Lack eingesprüht und dann mit Schleifpulver K 180 nass gegeneinander geschliffen. Sie gehören zusammen mit der Platte in Abbildung 1.9 zu einem Drei-

Platten-Set, das ich trotz aller Mühen nicht zu planen Abrichtplatten abrichten konnte. Ich sehe für meine Zwecke in der Flächen-Tuschierung keine wesentliche zusätzliche Information gegenüber der Punkt- oder Linien-Markierung (die „Metaller“ benutzen die Tuschierung mit Paste ja vorwiegend für die Beurteilung der Oberflächengüte, sie entfernen dann die Tragpunkte z. B. durch „Schaben“, damit z. B. ein Schlitten glatt über eine Schienenführung gleiten kann).



Abbildung 1.12: flächenhafte Tuschierung nach der Prüfung

Ich bin schon fast entschlossen, für die Kontrolle der Planheit eines Schleifsteins oder der Abrichtplatten kein Haarlineal zu empfehlen, sondern die Linien-Tuschier-Methode. Wie leicht verpasst man einen Fehler, wenn man das Haarlineal auf zu wenigen Stellen auflegt, wie leicht macht man eine Fehlbeurteilung, weil man den Haarlineal-Test bei porösen Oberflächen falsch interpretiert, aber wie leicht kann man durch Tuschieren testen und das Ergebnis interpretieren! Und zudem kostet die Tuschier-Methode fast nichts, ein Haarlineal aber viele Euros.

## 1.7 Herstellung von Abrichtplatten

### 1.7.1 Vorbemerkung

Den Metall-Bearbeitern ist es seit mindestens 100 Jahren bekannt, dass man plane Flächen dadurch herstellen kann, dass man drei formgleiche Platten mithilfe der Tuschier-Methode miteinander vergleicht und bei jeder Paarung der Platten die sog. Tragpunkte (Stellen intimen Kontakts der Platten zueinander) durch Schaben abträgt und diesen Vorgang mehrfach wiederholt, bis die gewünschte Genauigkeit erreicht ist.

In der Herstellung optischer Instrumente geht man ähnlich vor, aber hier werden die drei Flächen nicht nur miteinander verglichen und dann je nach Ergebnis korrigiert, sondern die drei Flächen werden gegeneinander geschliffen, verformen sich gegenseitig und werden dadurch am Ende plan.

Beim manuellen Schliff optischer Instrumente funktioniert dieses Prinzip nur bei Verwendung von drei<sup>30</sup> runden Platten:

Wenn man drei *gleich große runde Platten* in einer sinnvollen *Reihenfolge* (vgl. 1.7.5 auf Seite 48) und mit einer bestimmten *Schleifbewegung* (vgl. 1.7.3 auf Seite 43) gegeneinander schleift, entstehen mit *zunehmender Zahl der Zyklen* und *zunehmend feinem Korn* zwangsläufig drei *zunehmend plane Platten*.

Es ist allerdings theoretisch plausibel und durch meine Erfahrungen und die Ebenheitsmessung<sup>31</sup> mit einer exakt arbeitenden Apparatur unterstützt, dass man immer drei konkave Platten erhält und man wirklich plane Platten erst dann erreichen kann, wenn man den Schleifprozess unter strikter Einhaltung der Schleif-Sequenz bis hin zu feinsten Körnern fortsetzt und anschließend (mit gebundenem Korn) mit einem Polier-Tool arbeitet. Der Schleifbrei geht nämlich beim Schleifen in der Peripherie verloren und verbleibt eher im Zentrum, wodurch immer eine geringe Konkavität verbleibt. Beim Schleifen ist also das Ausmaß der Planheit von der Korngröße abhängig: je feiner das Korn, desto besser wird die Planheit<sup>32</sup>.

Auch die Form der Platten ist von entscheidender Bedeutung, die Platten müssen rund sein, an z. B. quadratischen Platten erreicht man

---

<sup>30</sup>zumindest drei Platten; es können auch mehr Platten sein, man muss dann die Schleif-Sequenz entsprechend verändern

<sup>31</sup>siehe 1.8 auf Seite 57

<sup>32</sup>in den Texten habe ich keine Hinweise darauf gefunden, dass man plane Platten durch Schleifen nicht erreichen kann, sondern nur durch Schleifen und Polieren

keine exakte Planheit. Wenn die Platten nicht gleich groß sind, muss man spezielle Schleiftechniken anwenden.

Leider war die Abhängigkeit der Planheit von der zuletzt benutzten Schleifkorngröße in der Literatur nicht genannt, weshalb ich unnötig lange experimentiert habe, bis mir die Idee eines solchen Zusammenhangs kam; natürlich ist den Herstellern von Optiken dieser Zusammenhang nicht störend aufgefallen, weil sie ohnehin bis zum feinsten Korn schleifen und anschließend polieren.

Unterschiedliche Autoren propagieren unterschiedliche Schleifbewegungen bei der Planspiegel-Herstellung, also ist der Einfluss der Schleifbewegungen wahrscheinlich weniger bedeutsam.

Für optisch verwandte Planplatten wird der Rest an Ungenauigkeit nach dem Schleifen und dem Polieren dann an jeder einzelnen Scheibe durch eine Politur mithilfe eines Polier-Tools beseitigt; dieser Prozess erfordert ständiges Messen des Ergebnisses und dementsprechende Anpassung der Poliertechnik. Anschließend wird aus den planen Scheiben der Teil herausgeschnitten, der dem Optimum<sup>33</sup> am nächsten kommt.

Das Herstellen von planen optischen Platten ist weit komplexer als die Herstellung von Hohlspiegeln. Nicht umsonst rät man bei *Stellafane*<sup>34</sup> von der Eigenherstellung des Planspiegels ab (eine Organisation, die den Anspruch hat, mit professionell hergestellten Teleskopen konkurrenzfähige Geräte herzustellen).

Für meine Zwecke ist es aber nicht erforderlich, eine solche Genauigkeit anzustreben, insbesondere deshalb, weil ich Abrichtplatten herstelle, die im Vergleich zu den abzurichtenden Steinen viel größer sind und von denen der abzurichtende Stein ein Summen-Bild übernimmt und dadurch weitestgehend plan wird. Selbst mit meinen nicht ganz korrekten Vorläufer-Planplatten konnte ich Schleifsteine so abrichten, dass sie – mit dem Haarlineal geprüft – plan waren.

Diesen Weg zu einer höher als erforderlichen Genauigkeit musste ich aber gehen, weil ich die Funktion dieser Drei-Platten-Methode verstehen wollte und herausfinden wollte, wie exakt die Platten werden können. Daraus wollte ich dann einen Praxis-gerechten Weg hin zu ausreichend genauen Abrichtplatten beschreiben.

- Abrichtplatten sollen immer deutlich größer sein als die abzurichtenden Schleifsteine, als Referenz-Platten verwendete Abricht-

---

<sup>33</sup>z. B. Radius der Konkavität 15 km

<sup>34</sup><https://stellafane.org/>

platten sollen nach Möglichkeit größer als die zu untersuchenden Objekte sein.

- Ich habe lange nach preisgünstigen ausreichend dicken Granitplatten gesucht, die ich für meine Abrichtplatten verwenden kann. Grundsätzlich kann man immer in einer großen Natursteinhandlung nach Abfällen suchen, muss diese aber dann noch zuschneiden, wenn man kein oder kaum Geld ausgeben will. Die billigste Lösung: 10 mm dicke Granitfliesen aus dem Baumarkt, 30 \* 30 cm, Stück 1,4 €. Im Paket sind sie billiger, aber wer weiß, ob auch Schrott im Paket ist?

Diese Fliesen habe ich mit Fliesenkleber zu 20 mm dicken Platten verklebt. Die Platten sind, mit dem Haarlineal geprüft, reichlich weit weg von der Planheit, außerdem sind sie poliert, sodass man am Beginn des Schleifvorgangs bald sehen kann, wo noch glänzende konkave Stellen verblieben sind und man deshalb den Grobschliff fortsetzen muss. Die Fliesen aus dem Baumarkt sind auf der polierten Seite angefast; die Fase ist aber recht klein; sobald man mehr Material abgetragen hat, wird die Fase zu klein und muss nachbearbeitet werden. Man sollte also gleich eine tiefere Fase einschleifen.

- Ich konnte an vielen Stellen leicht ein Papier mit ca. 0,1 mm Dicke und ca. 1 cm Breite unter dem Haarlineal durchschieben, also ist der Fehler mindestens 100  $\mu\text{m}$ !
- Man kann auch andere harte Natursteine verwenden, da habe ich nicht weiter nachgeforscht; meine ersten länglichen Abrichtsteine waren aus Gabbro<sup>35</sup>. Interessant finde ich Quarzit, einen dem Granit etwas ähnlichen Stein, der aber viel mehr Quarz enthält und keinen weichen Glimmer, damit im Gebrauch potentiell länger seine Form behalten und eine weniger poröse Oberfläche besitzen könnte.
- Dicke Glasscheiben sind teurer als Granitfliesen und das Material ist weicher als Granit.
- Man muss die Abrichtplatten an den Kanten anfasen, d. h. die Kanten durch einen Schliff im Winkel von 45 ° brechen; dafür taugt ein billiger Sensenschleifstein (z. B. Karborundum-Wetzstein). Den Schliff braucht man, damit nicht an den Kanten der Steine gröbere Stücke ausbrechen (sog. Muschelbruch). Ich kann mir zudem vor-

---

<sup>35</sup>ein Stein, der manchmal als schwarzer Granit bezeichnet wird, aber für die Mineralogen kein Granit ist

stellen, dass harte Kanten den Schleifkornbrei leichter abstreifen als weiche Kanten und man also mit ungebrochenen Kanten mehr Schleifpulver verbraucht und wohl auch das Schleifergebnis beeinträchtigt, weil die Peripherie weniger intensiv geschliffen wird. Die Astro-Spiegelschleifer schreiben das Anfasen vor, sie werden schon Gründe haben.

- Die Steine müssen beschriftet werden, damit man die Schleifreihenfolge korrekt einhalten kann; bisher verwandte ich Filzschreiber, mit dem ich die Rückseite des Steines beschriftete, aber er hielt nicht lange durch. Jetzt habe ich die Beschriftung mit der Diamantscheibe meines Dremel-Spielzeugs eingraviert (römische Zahlen kann man damit leichter schreiben: I, II, III) und habe zudem die Seitenflächen der Steine mit Wachsstift farblich gekennzeichnet. An einem weiteren Drei-Steine-Set habe ich die Numerierung auf der späteren Planseite eingraviert; dies hatte keinen sichtbaren Einfluss auf die erreichte Planheit.
- Man kann, wenn man den käuflichen Vorbildern folgen mag, Rillen in die spätere Schleiffläche schneiden, wenn man eine Diamant-Trennscheibe besitzt; ich habe das bei meinen ersten Versuchen so gemacht, dann habe ich es unterlassen und sehe im Gebrauch der Abrichtsteine keinen Vorteil für die gerillten Steine. Ich kann mir aber gut vorstellen, dass der Vorgang des Planschleifens mit der drei-Steine-Methode durch die Rillen beeinträchtigt wird, weil der Schleifbrei den Schleifbewegungen nicht ungestört folgen kann.
- Man sollte, wenn möglich, die Platten zu kreisförmigen Platten oder zu 16-Eck-Platten, zumindest aber zu 8-Eck-Platten schneiden, damit man sich den Schleifvorgang vereinfacht und zusätzlich auch die Präzision erhöht bzw. schneller zu präzise planen Abrichtplatten kommt. Nach meinen mühsamen Erfahrungen werde ich keine quadratischen oder gar länglichen Platten mehr herstellen. Ich habe hier aber die Produktion von quadratischen Platten erwähnt, weil es historisch für mich so war und weil der Einsatz von Gerätschaften dabei minimal ist (für Leute ohne Garten, ohne Diamant-Trennscheibe) und weil man damit Abrichtplatten von „erträglicher“ Qualität herstellen kann.
- Wer optimale Planplatten unbedingt in anderer als kreisrunder Form braucht, muss zuerst kreisförmige Platten herstellen und diese anschließend in der passenden Form ausschneiden (so machen es beispielsweise die Astronomen).

### 1.7.2 Werdegang

Ohne das unten beschriebene Vorgehen, lediglich nach Informationen aus Messerschleifer-Foren bin ich mehrfach trotz großen Engagements (auch Sturheit genannt) bei der Herstellung länglicher Platten gescheitert, aber zuletzt habe ich es an quadratischen Platten doch einigermaßen geschafft! Und mit runden Platten kann ich nun zielgerichtet weitere Serien planer Steine mühelos schleifen!

In der Optik verwendet man runde Scheiben, das war mir zu Beginn nicht präsent, deshalb habe ich bei meinem ersten Versuch, Abrichtsteine herzustellen, drei harte längliche Natursteine verwandt (Form wie die Schleifsteine und wie die käuflich erhältlichen Abrichtsteine) und sie gegeneinander geschliffen und habe keine planen Abrichtsteine erhalten.

Dann habe ich meine Schleifbewegungen so verändert, dass sich der obere Abrichtstein komplett nach und nach gegenüber dem unteren Stein dreht, und dass ich die langen Diagonalen intensiver geschliffen habe, aber ich habe keine durchschlagende Besserung erreicht. Ich konnte zwar mit dem Haarlineal keine eindeutigen Abweichungen mehr erkennen, aber mit der Tuschie-Methode konnte ich mehrere Fehler erkennen, z. B. an einem der drei Abrichtsteine eine leichte Konkavität entlang einer langen Diagonalen<sup>36</sup>. Diese Schleifbewegungen mit nur manchmal voll aufeinander liegenden Steinen sind sehr unangenehm, da man andauernd versuchen muss, ein Verkippen der Platten zu verhindern.

Dann habe ich mit einem sehr freundlichen und hilfsbereiten „Kollegen“ aus einem Astro-Forum korrespondiert, der mir sehr viel weiter geholfen hat<sup>37</sup>. Ich habe mir das Vorgehen in der Optikfertigung an runden Scheiben zu Herzen genommen (aber zuerst einmal nur halb, ich habe quadratische Scheiben genommen) und habe Glück gehabt: es funktioniert einigermaßen auch mit drei quadratischen Granitplatten, ich musste die Platten nicht mit Staub und Gefahr rund schneiden.

Mit dem Haarlineal geprüft waren die quadratischen Steine plan, allerdings mit der Tuschie-Methode geprüft nicht exakt plan: alle drei Steine waren in den Ecken etwas erhaben, also in den Diagonalen leicht konkav.

Damit wurde klar, dass man nur mit runden Steinen tatsächlich plane Abrichtsteine erhält. Deshalb habe ich meine quadratischen Abrichtsteine rund zugeschnitten und erneut geschliffen, um damit meine Experimente abzuschließen und dann eine „Standard-Prozedur“ zu beschreiben.

---

<sup>36</sup>vgl. Bilder 1.9 bis 1.11 auf den Seiten 35–36

<sup>37</sup>Stathis Kafalis, <http://www.stathis-firstlight.de/>

### 1.7.3 Handschliff - Grundsätzliches

Beim Hand-Schleifen von Spiegeln wird grundsätzlich folgendermaßen vorgegangen (eine Planplatte entspricht einem Spiegel mit Krümmungsradius unendlich):

- Man arbeitet mit einem Werkzeug *Tool* (T) auf oder unter dem Spiegel *Mirror* (M), bei der Herstellung von Planplatten im Drei-Platten-Set ist jede Platte zugleich T bzw. M.
- Die Führung des oben liegenden Steines hat anscheinend große Bedeutung; ein französisches Projekt<sup>38</sup> beschreibt, dass man den Stein nur an den Seiten anfassen darf, weil man sonst erhebliche Schliff-Fehler produziert; wollte man mit mehr Druck schleifen, als das Gewicht des oberen Steines verursacht, müsste man ein Gewicht zentral auf den oberen Stein auflegen.
- Die oben liegende Platte wird in einer bestimmten Bewegung (*stroke*) über der unteren Platte schleifend bewegt. Die Tabelle 1.1 und die Abbildung 1.13 auf Seite 46 zeigen die Schleifbewegungen beim Herstellen von Hohlspiegeln; für die Herstellung von Planplatten wird meist der *normal stroke* verwandt.
- Jeder *stroke* besteht aus einer bestimmten Zahl von Hin-und-Her-Bewegungen, z. B. 5–10 beim *normal stroke*, damit zuerst der Schleifbrei im neu ausgewählten Winkel in Position gebracht und dann schleifend wirksam wird.
- Nach Abschluss eines *stroke* verdreht man die Platten gegenläufig, z. B. dreht man die obere Platte gegen den Uhrzeigersinn (jede Drehung etwa 45°, aber nicht genau 45°), die untere Platte entsprechend weit im Uhrzeigersinn. Dann erneut diese Schleifbewegung . . . .
- Die unten liegende Platte muss stabil liegen ohne zu rutschen oder zu kippen, sie muss entweder auf der Unterlage drehbar sein, oder sie liegt auf einem Drehteller. Oder aber – und das ist mein Standard – die untere Platte liegt fest auf dem Tisch und ich wandere allmählich um den Tisch herum:  
Die obere Platte wird links herum gedreht, ich wandere rechts herum um den Tisch herum. Eine Tischumrundung erreiche ich binnen 6–8 *strokes*.
- Nach jeder Winkel-Veränderung muss man mit einer großen Bewegung ohne Druck den Schleifbrei neu und möglichst gleichmäßig

<sup>38</sup><http://serge.bertorello.free.fr/plan/plan.html>

zwischen den Platten verteilen und beginnt dann einen neuen *stroke*.

- Unterschiedliche *strokes* haben unterschiedliche Effekte (z. B. zunehmende Konkavität der unten liegenden Platte), unterschiedliche Lagen der Platte (oben oder unten) haben ebenfalls unterschiedliche Effekte, unterschiedliche Oberflächen-Beschaffenheiten von T bzw. M haben unterschiedliche Auswirkungen auf das Schleifergebnis.
- Mit einer zunehmenden Zahl unterschiedlicher Winkel der Platten zueinander wird eine zunehmende Rotations-Symmetrie der Flächen erreicht.
- Mit zunehmender Feinheit der Schleifkörner wird die Genauigkeit der Arbeit erhöht<sup>39</sup>.
- Es muss ausreichend viel Schleifbrei zwischen den Platten liegen, damit die ganze durch den speziellen *stroke* benutzte Fläche wirksam wird und es muss genügend Wasser zwischen den Platten vorhanden sein, damit die Schleifkörner sich im Schleifbrei regelmäßig verteilen können und damit der Schleifbrei frei beweglich ist und den Bewegungen leicht folgt; zu viel Schleifpulver und zu viel Wasser führen zum Verlust unverbrauchter Schleifkörner; zu viel Wasser führt v.a. bei feinem Korn zu einem unzuverlässigen Schleifergebnis; der Schleifbrei soll eine zähflüssige Konsistenz haben; man muss während des Schleifens die Wanderung des Schleifbreis beobachten; wenn er nicht gut erkennbar den Schleifbewegungen folgt, muss man die Ursache dafür suchen.
- Durch die Schleifbewegung verliert man automatisch Schleifkörner in der Peripherie der Scheiben und damit zu einer gesteigerten Schleifwirkung im Zentrum; man muss durch die richtige Konsistenz des Schleifbreis dafür sorgen, dass der Schleifbrei unbehindert in die Peripherie gelangen kann.
- Sobald das Schleifgeräusch verschwindet, muss man Schleifkörner (und evtl. Wasser) nachlegen; beim Schleifen in einer bestimmtem Sequenz (siehe 1.7.5 auf Seite 48) von drei Platten in wechselnder Paarung sollte man auf die nächste Paarung wechseln und nicht neue Schleifkörner nachlegen.
- Wenn der Schleifbrei den Bewegungen nicht folgt, muss man zuerst die Bewegungen verlangsamen, gegebenenfalls Wasser nachlegen; spätestens bei der zweiten Tischumrundung sollte der Brei bis zum

---

<sup>39</sup>z. B. kann man mit grobem Korn keine planen Platten erreichen!

- Ende der Platte folgen; möglicherweise muss man auch die Zahl der Schleifbewegungen innerhalb einer Winkelstellung erhöhen<sup>40</sup>.
- Wenn sich die oben liegende Platte nicht leicht und ohne zu ruckeln bewegt oder gar festklebt, hat sich evtl. stellenweise zwischen den Platten ein Unterdruck gebildet; häufig hilft es, die Schleifbewegungen langsamer auszuführen; der Schleifbrei kann dann besser den Bewegungen folgen und verteilt sich besser und auf einer größeren Fläche; wenn nicht, ist zumeist zu wenig Wasser vorhanden oder zu wenig Schleifpulver oder ist der Anpressdruck zu hoch oder es ist zu viel Schleifschlamm zwischen den Platten; Gewaltanwendung ist nutzlos und wohl auch schädlich.
  - Ich musste beim Übergang von K 80 auf K 180 zuerst unerwartet viel Schleifpulver verwenden und schon nach ca. 10 einzelnen Schleifzügen klebten die Platte aneinander; ich musste Schleifpulver und Wasser nachlegen, weil sich die Schleifkörner sehr schnell verbraucht haben und ich nur in sehr wenigen Winkelpositionen schleifen konnte; evtl. hätte ich zuerst mit einer Korngröße zwischen K 80 und K 180 schleifen sollen.

Früher habe ich meine ersten Granitplatten, die jede aus zwei mit Fliesenkleber zusammen geklebten Granitfliesen bestanden, vor der Arbeit und zum Reinigen in Wasser gestellt. Das mache ich jetzt nicht mehr so, weil ich befürchte, dass sich der Fliesenkleber mit Wasser vollsaugt und die dünnen Fliesen verformt. Ob eine solche Verformung im Bereich der von mir angestrebten Genauigkeit relevant ist, weiß ich nicht.

Früher habe ich meine unteren Steine auf eine gerippte Gummimatte gelegt. Das mache ich nicht mehr so, weil ich befürchte, dass die untere Platte v.a. beim Schleifen mit Druck unkontrollierte Kippbewegungen macht. Ich lege jetzt nur noch ein dünnes Flies-Tuch auf meine wasserfeste Tischplatte.

---

<sup>40</sup>beim COC-*stroke* werden 5–10 Bewegungen empfohlen, bevor man die Platten dreht

Die Tabelle 1.1 und die Abbildung 1.13 sind adaptiert aus:  
<http://stellafane.org/tm/atm/mirror-refs/strokes.html>

Tabelle 1.1: Schleif-Bewegungen und ihre Auswirkungen; oberhalb der Linie: Grundschliff, darunter Korrekturmaßnahmen

Stroke	Stadium	Wirkung
Sehne	Grobschliff	Ausputzen
normal (= $\frac{1}{3}$ COC)	grob, fein, Politur	erzeugt Kugelform
<i>W-stroke</i>	Formgebung	Parabolisierung
$\frac{1}{4}$ COC	Formgebung	Korrektur bei TDE
$\frac{1}{2}$ COC	Formgebung	Korrektur bei TUE
W-CDS	Formgebung	Parabolisierung
W-EDS	Formgebung	Parabolisierung

Ausputzen bewirkt initiale konkave Kurve

Stroke: Strich, Schleifbewegung

COC: Center over Center, Mittelpunkt über Mittelpunkt;

CDS: Center Deepening Stroke, vertieft das Zentrum;

EDS: Edge Deepening Stroke, vertieft den Rand;

TDE: Turned Down Edge, abgesunkener Rand;

TUE: Turned Up Edge, angehobener Rand

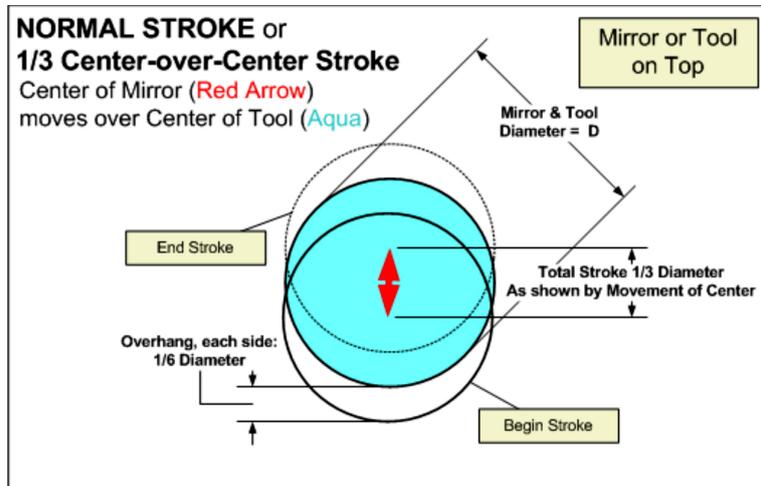


Abbildung 1.13: der *normal stroke*

### 1.7.4 Schleifkorn

Für den groben Schliff verwende ich Siliziumkarbid-Pulver, das ich entweder bei einem Mineralien-Händler<sup>41</sup> oder in der Astronomie-Szene beschaffe (*Stathis Kafalis*<sup>42</sup>). Je nach Beschaffenheit der Steine beginne ich mit Korngröße K 80 oder deutlich feiner, K 120 oder K 180. An polierten Granit-Fliesen sollte man wohl mit K 80 beginnen, wenn das Haarlineal grobe Planheitsfehler wie bei meinen Platten (100 $\mu$ m) anzeigt.

Für feinere Schriffe über K 400 oder K 600 verwende ich Aluminium-Oxid-Pulver (*Microgrit* MG 15  $\mu$ m, MG 10  $\mu$ m, MG 5  $\mu$ m, MG 3  $\mu$ m).

Achtung! Mit einem groben Korn erreicht man nach meiner Erfahrung bei der drei-Platten-Methode immer 3 konkave Platten, unabhängig von der Schleifbewegung (*stroke*)! Das ist mir mit jedem Korn zwischen K 80 und K 320 passiert, erst nach dem Schliff mit K 400 bzw. K 600 konnte ich das mit meinen Mesmethoden nicht mehr feststellen. Das ist ein korrektes Verhalten und kein Zeichen für ein falsches Vorgehen (vgl. Abschn. 1.7 auf Seite 38). Man sollte rechtzeitig zu feinerem Korn wechseln, aber spätestens dann, wenn alle drei Platten gleichermaßen konkav werden!

Wenn man zuerst mit K 80 geschliffen hat, ist der Übergang zu K 180 zu groß. Ich habe Unmengen von K 180 nachlegen müssen, weil sich das Pulver rasant schnell verbraucht hat und dadurch die Platten sehr schnell und fest aneinander zu kleben begannen.

Man muss jeweils für den aktuellen Zustand der Planheit und das verwendete Korn die richtige Menge des aufzutragenden Schleifpulvers herausfinden; je feiner das Korn, desto geringer ist das benötigte Pulver-Volumen und desto weniger Wasser benötigt man.

Beim Schleifen eines Drei-Platten-Sets ist es wichtig, dass jede Stein-Kombination gleich lang geschliffen wird. Wenn ein *wet*<sup>43</sup> nicht für mindestens 3 Tischumrundungen<sup>44</sup> ausreicht, sollte man mehr Schleifpulver auflegen und von da an mit gleicher Schleifpulver-Menge weitermachen.

---

<sup>41</sup>z. B. [www.mineraliengrosshandel.com](http://www.mineraliengrosshandel.com)

<sup>42</sup><http://www.stathis-firstlight.de/>

<sup>43</sup>vom Neubeladen mit Schleifpulver bis zum Verbrauch des Schleifpulvers

<sup>44</sup>vgl. 1.7.3 auf Seite 43

### 1.7.5 Schleifsequenz

Ich habe in einem sehr guten und umfangreichen Dokument über das Schleifen von Hobelmessern und Stechbeiteln<sup>45</sup> eine Anleitung gefunden, wie man plane Abrichtplatten selbst herstellen kann. Der Autor gibt folgende Sequenz an, in der man die Steine (1, 2 und 3) auf einander schleifen soll (alle sechs Spalten nacheinander von links nach rechts abarbeiten, dann wieder mit der ersten Spalte beginnen):

2	3	3	1	1	2
auf	auf	auf	auf	auf	auf
1	1	2	2	3	3

In Astronomie-Foren habe ich aber gefunden, dass eben diese Sequenz nicht zuverlässig zu planen Platten führe, weil die Platten nicht im steten Wechsel geschliffen werden, sie kommen immer zweimal in Folge oben bzw. unten liegend vor. Es wird stattdessen folgende Sequenz angegeben:

#### **Dreier-Sequenz**

1	2	3
auf	auf	auf
2	3	1

In einer späteren Mitteilung beschreibt ein Forumsmitglied, dass er ermittelt hat, dass die folgende Sechser-Sequenz erfolgreicher ist, weil die Platten noch besser verteilt zum Einsatz kommen – es spielt beim manuellen Schleifen eine Rolle, ob eine Platte auf der Arbeitsfläche unten fest liegt oder oben aufliegt und bewegt wird; möglicherweise spielt dies selbst bei der geforderten nur mittelgradigen Präzision eine Rolle, weil meine Platten ja recht dünn sind – untragbar dünn für einen Spiegel-Schleifer!

#### **Sechser-Sequenz**

1	2	3	1	2	3
auf	auf	auf	unter	unter	unter
2	3	1	2	3	1

Zurück zu den Wurzeln: H. H. Selby<sup>46</sup>, einer der alten Meister des Handschliffs optischer Instrumente, beschreibt auf Seite 117 die Sequenz anders; jede Plattenkombination wird mit Wechsel von oben und unten geschliffen, dann kommt die nächste Plattenkombination; dabei wird ein *COC-stroke* mit  $1/4$  bis  $1/3$ -Strichen angewendet; dies scheint mir

<sup>45</sup>F. Kollenrott in: <http://www.woodworking.de/schaerfprojekt/schaerf2/index.html>

<sup>46</sup>Flats – Selby, in: Ingalls A.G. (ed.) - Amateur telescope making. Book II (Scientific American, 1952), zu finden auf <http://librarun.org/book/689/117>

v.a. bei meinen recht dünnen Platten sinnvoller, wenn man eine hohe Präzision benötigt; ich habe diese Kombination nicht angewendet, weil ich ja keine „optische“ Präzision erreichen muss:

**Zwölfer-Sequenz nach Selby**

1	2	1	3	2	3	1	3	1	2	3	2
auf											
2	1	3	1	3	2	3	1	2	1	2	3

Eine Idee: wenn man ein planes Drei-Platten-Set besitzt, könnte man damit die Herstellung eines neuen Drei-Platten-Sets erleichtern, indem man die neuen Platten zusammen mit den bereits planen Abrichtplatten in eine Sechser-Sequenz einbaut:

1a	1b	2a	2b	3a	3b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
auf	auf	auf	auf	auf	auf	unt.	unt.	unt.	unt.	unt.	unt.
2b	2a	3b	3a	1b	1a	2b	2a	3b	3a	1b	1a

Dabei wären die bereits planen Platten mit „a“ bezeichnet, die neuen noch nicht planen Platten mit „b“. Ob das allerdings einfacher ist, als gleich ein neues Set zu erstellen?

### 1.7.6 Schleifvorgang

- Die Granitsteine (und wohl auch andere Natursteine) nehmen Wasser auf; damit man nicht dauernd während des Schleifens Wasser hinzugeben muss, sollte man die Platten schon einige Minuten vor dem Schleifen befeuchten und ggf. direkt vor dem Schleifen nochmals befeuchten.
- Wenn man wie ich zwei Granitfliesen mit Fliesenkleber aufeinander geklebt hat, um eine dickere Platte zu erreichen, sollte man die Fuge mit wasserfestem Lack abdichten.
- Die Arbeitsplatte soll sehr stabil sein, damit sie durch die Schleifkräfte nicht wackelt oder gar kippt; sie muss weitgehend in beiden Ebenen horizontal sein, damit der Schleifbrei beim Auftragen der Schleifkörner oder während des Schleifens nicht alleine wegen des Gefälles zur Seite herausläuft; ich lege auf einen kleinen stabilen Beistelltisch mit wasserfester Platte, um den ich herumgehen kann, ein Flies-Tuch, darauf dann die untere Platte. Die Unterlage soll das Rutschen des unteren Steins behindern und ein klein wenig elastisch sein, um Unebenheiten der Unterseite des unten liegenden Steines ausgleichen.
- Die zu schleifenden Flächen beider Steine sollen zuerst gründlich feucht gemacht werden, am Besten mit einer Sprühflasche.

- Dann trägt man die Schleifkörner auf, bei meinen 30 cm großen Steinen und K 80 ist das knapp ein gestrichener kleiner Kaffeelöffel; das Schleifmittel sollte man mit dem Finger über die gesamte Fläche verteilen (dann am Finger verbliebene Schleifkörner mit etwas Wasser auf den Stein abspülen); dass man zu viel Schleifkörner aufgetragen hat, erkennt man daran, dass sehr schnell sehr viele unverbrauchte Schleifkörner beim Schleifen seitlich herausgedrückt werden; ähnliches geschieht allerdings auch, wenn man zu viel Wasser verwendet); wenn man zu wenig Schleifpulver aufgetragen hat, erreicht man zu wenige Drehungen über dem unteren Stein, weniger als 3 Tischrunden sollten es nicht sein.
- Dann legt man den feuchten oberen Stein sehr vorsichtig auf.
- Dann bewegt man den oberen Stein vorsichtig, z. B. durch Drehen und Verschieben auf dem unteren Stein, um ein gleichmäßiges gut verteiltes Schleifgemisch zu erhalten; diese vorsichtigen Bewegungen ohne Druck brauchen sich nicht an die Art der Schleifbewegung halten, die man anschließend ausführen will.
- Die Steine müssen in allen Winkeln zueinander geschliffen werden, d. h. der oben liegende Stein muss nach einigen Schleifbewegungen um etwa  $45^\circ$ , aber nicht exakt  $45^\circ$ , gedreht werden; man soll nicht zu lange bei einem Winkel verbleiben (empfohlen werden 5–10 Schleifbewegungen pro Winkelstellung); der Winkel soll sich nicht regelmäßig weiterdrehen, sondern „chaotisch“ gewechselt werden; es darf keine Winkelstellung übersprungen werden.
- Die Schleifbewegung selbst kann „vor-und-zurück“ sein, oder aus kleinen kreisförmigen Bewegungen bestehen. Die Metallbearbeiter benutzen beim Läppen (in der Nomenklatur der Metaller heißt das Schleifen mit losem Korn Läppen) häufig Bewegungen in der Form einer Acht (8); diese Schleifbewegung muss man aber erst üben und ist bei der großen Masse der Abrichtplatten nicht gut möglich; deshalb benutze ich gerade oder kleine kreisförmige Bewegungen; wahrscheinlich sind beide Bewegungen gleich brauchbar, kreisförmige Bewegungen beschleunigen den Materialabtrag. Wenn man die Literatur der Präzisions-Schleifer ansieht, findet man die Bemerkung, dass die Schleifbewegung so unsystematisch als möglich sein soll, auf Planschleifmaschinen werden deshalb üblicherweise elliptoide Bewegungen ausgeführt
- Überlegungen und Anweisungen zu den unterschiedlichen Schleifbewegungen siehe <http://stellafane.org/tm/atm/index.html> und <http://stellafane.org/tm/atm/mirror-refs/strokes>.

[html](#); dort sind die Schleifbewegungen (*strokes*) auch als kurze Videos verfügbar.

- Ein deutsches Projekt<sup>47</sup> beschreibt das Herstellen von Planspiegeln mit der „COC“-Bewegung (Center Over Center) mit  $1/3$ -Strich (d. h. jeweils  $1/6$  des Durchmessers steht der obere Stein über den unteren Stein an beiden Enden der Schleifbewegung heraus) und anscheinend mit geraden Einzelbewegungen. Achtung, dort ist ein Schreibfehler bei der Schleifsequenz, bitte Tabellen in meinem Text benutzen, Dreier-Sequenz oder Sechser-Sequenz, siehe 1.7.5 auf Seite 48.
- Ein weiteres deutsches Projekt<sup>48</sup> benutzt ebenfalls die Sechser-Sequenz, der Autor benutzt aber nicht die „COC“-Methode, sondern „W-Striche“ mit  $1/3$  Überhang
- Ein französischer Autor<sup>49</sup> benutzt die Dreier-Sequenz mit noch einer anderen Schleifbewegung und kommt dabei ebenfalls zu planen Platten.
- H. H. Selby empfiehlt die „COC“-Methode mit  $1/4$ - bis  $1/3$ -Strichen<sup>50</sup>.
- Die Schleifbewegungen sind prinzipiell einfach: kleine gerade oder kreisförmige Schleifbewegungen mit dem Mittelpunkt des oberen Steins über dem Mittelpunkt des unteren Steins („COC“), dann oberen Stein etwas drehen, schleifen, drehen etc..
- Bei einer Stein-Kombination sollte man so lange weiterschleifen, bis sich der obere Stein mehrfach über den unteren Stein gedreht hat.
- Man sollte es vermeiden, den oberen Stein zu stark auf den unteren Stein zu pressen, da man dabei leicht den oberen Stein einseitig aufdrückt oder ungleichmäßige oder ruckartige Bewegungen ausführt. Meine  $30 * 30$  cm großen und 20 mm dicken Steine habe ich anfangs ohne Druck geschliffen, verwende jetzt aber den dritten „freien“ Stein (ca. 4 kg) als zusätzlichen Druck.
- Wenn man das „rauschende“ Geräusch der Schleifkörner nicht mehr hört, braucht man nicht mehr mit dieser Stein-Kombination weitezurmachen, weil keine wirksamen Schleifkörner mehr vorhan-

---

<sup>47</sup><http://www.otterstedt.de/atm/newton-10/flat.html>

<sup>48</sup><http://www.beyond-earth.de/atm-planspiegel.php>

<sup>49</sup><http://serge.bertorello.free.fr/plan/plan.html>

<sup>50</sup>Flats – Selby, in: Ingalls A.G. (ed.) - Amateur telescope making. Book II (Scientific American, 1952), gefunden auf <http://librarun.org/book/689/117>, Link aber derzeit nicht mehr aktiv

den sind und man mit dem Schleifschlamm evtl. Schaden anrichtet; sobald der obere Stein anfängt zu „kleben“, fehlt entweder Wasser oder die Schleifkörner sind verbraucht.

- Wenn man sich schon bei der Verfeinerung des Schliffs befindet und nicht mehr bei der Beseitigung grober Unebenheiten, wird man evtl. schon auf die nächste Stein-Kombination wechseln, bevor alle Schleifkörner aufgebraucht sind, weil in diesem Stadium ja nur noch geringe Ungleichheiten beseitigt werden müssen und weil eine steigende Zahl von Stein-Wechseln eine raschere Angleichung der Oberflächen ergibt.
- Wenn man auf eine neue Stein-Kombination wechselt und sich schon reichlich Schleifschlamm angesammelt hat, muss man beide Steine abwischen und neue Schleifkörner verwenden. Die Spiegel-Schleifer wischen bei jedem Wechsel ab.
- Wenn man die Stein-Kombination wechselt und sich noch nicht viel Schleifschlamm angesammelt hat, kann man auch ohne Abwaschen weitermachen, und nur zusätzliche Schleifkörner und Wasser auftragen.
- Reinigung der Flächen: wie bei der Reinigung von Optiken, mit kreisenden Bewegungen zunehmenden Umfangs von der Mitte aus zur Peripherie; Reinigung der Unterfläche und der Kante des Steins nicht vergessen!
- Die Platten werden erst mit zunehmend feinem Korn zunehmend planer, davor sind sie mehr oder weniger konkav!
- Bei jedem Waschvorgang, v.a. aber beim Wechsel auf ein feineres Schleifkorn, muss der Arbeitsplatz und müssen die Abwischtücher oder Pinsel gründlich gereinigt werden, damit keine groben Körner oder Absprengungen von den Steinen weitergetragen werden.

### 1.7.7 Steinkombination wechseln

Eine Empfehlung dafür zu geben, wann auf die nächste Steinkombination übergegangen werden soll, ist fast unmöglich, weil zu viele unterschiedliche Bedingungen die Dauer eines Schleifvorgangs beeinflussen. Insbesondere wird die Schleifdauer unzulässig verkürzt, wenn man zu wenig Schleifpulver aufgetragen hat. Je feiner das Schleifpulver ist, desto länger kann die Schleifzeit bei einer Steinkombination werden. Es gibt einige wichtige Regeln:

- Eine Steinkombination darf nicht nur angefangen werden und man darf nicht aufhören, bevor die Platten die meisten Winkelstel-

lungen zueinander eingenommen haben; ich drehe mich ca. 3 bis 4 mal um den Schleiftisch herum, bevor ich zur nächsten Kombination wechsele (vgl. 1.7.3 auf Seite 43); eine zu geringe Zahl von Tischumrundungen führt zu Symmetrie-Fehlern und damit zu einer höheren Zahl erforderlicher Schleifsequenzen (vgl. 1.7.5 auf Seite 48).

- Die Platten müssen nicht bei jeder Kombination vollkommen aneinander angepasst werden, sie gleichen sich allmählich im Lauf der Kombinationen an.
- Sobald nur noch Schleifschlamm vorhanden ist, kann man die nächste Kombination beginnen, weil man ja nicht mehr effektiv schleift; hat man zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht mindestens zwei „Tischumrundungen“ geschafft, kann man neues Schleifkorn und Wasser nachlegen und bei dieser Kombination bleiben, bis man drei bis vier Tischumrundungen erledigt hat; oder man merkt sich die Zahl der Tischumrundungen bzw. die vergangene Schleifzeit in dieser Kombination und schleift die folgenden Kombinationen ebenso lang.
- Man kann mit der Tuschier-Methode den Schleifvorgang beobachten und weiter bei der aktuellen Kombination bleiben, sofern noch aktives Schleifkorn vorhanden ist; dann muss man aber bei den folgenden Steinkombinationen ebenso viele Tischumrundungen lang schleifen und ebenso viel Schleifpulver auftragen wie hier verwendet.
- Man hört beim Schleifen unterschiedliche Geräusche: am Anfang ein recht lautes gleichmäßiges Schleifgeräusch, das im Verlauf leiser wird und am Ende quasi kein schleifendes Geräusch mehr; und zudem kann man häufig (solange noch nicht alles zu Schleifschlamm zerrieben worden ist), in bestimmten Winkel-Konstellationen ein inkonstantes schabendes etwas lauterer zusätzliches Geräusch hören; dieses kommt daher, dass hier stellenweise mehr Material abgetragen wird; in diesem Fall sollte man das Schleifen dieser Stein-Kombination noch nicht beenden, sondern etwas weiter schleifen; zumeist verschwindet dieses zusätzliche Geräusch bald und man kann dann auf die nächste Kombination übergehen. Aber Achtung: dieses Geräusch kann auch dann auftreten, wenn man exzentrischen Druck auf den oberen Stein ausübt; also: Handhaltung überprüfen! Am besten ist es, wenn man die Platten nur seitlich anfasst; dadurch vermeidet man ungleichmäßigen Druck.
- Je feiner das Korn ist, desto länger bleibt es wirksam (weil die

Platten sich ja mittlerweile schon sehr gut angepasst haben); man sollte jetzt die Zahl der Tischumrundungen erhöhen und mit einer festen Schleifkorn-Menge und festen Zahl der Tischumrundungen weiter schleifen.

- Da der auf die obere Platte angewandte Druck die Schleifzeit erheblich beeinflusst, sollte man den Druck nicht dauernd verändern. Ich lege seit Kurzem den momentan „freien“ dritten Stein auf den oberen Stein. Man sollte nicht mehr Druck ausüben; ich schleife lieber etwas länger und erreiche dabei zahlreichere Tischumrundungen.
- Diese Empfehlungen sind vielleicht etwas verwirrend, weil ich noch zu unerfahren bin und weil die Empfehlungen der Spiegelschleifer nicht ohne weiteres auf das Schleifen von Planplatten aus Granit anwendbar sind.

## 1.8 Entwicklung der Standard-Methode

Ich beschreibe hier die Herstellung eines neuen Abrichtplatten-Sets, weil ich das bisher Gelernte erproben wollte. Ich habe dennoch während der Arbeit drei neue Dinge eingeführt und in den bisherigen Text eingefügt: Druck auf die obere Platte, kreisende Bewegungen und eine verfeinerte Tuschier-Methode. Dies ist eine Art Logbuch, das gleichzeitig als Anleitung dienen soll. Wer damit nicht direkt zum Ziel gelangt, möge bitte Kontakt zu mir aufnehmen.

An den polierten Baumarkt-Granit-Platten habe ich mit dem Haarlineal Berge bzw. Täler von mindestens  $100\ \mu\text{m}$  Höhe gemessen, wo ich ein Papier zwischenschieben konnte, in großen Kurven (1–2 Berge pro Platten-Durchmesser). Die Platten sind fast rund (16-Eck) geschnitten, die Kanten habe ich angefast. Dicke der Platten 20 mm (2 Platten aufeinander geklebt).

Ich habe anfangs ohne Druck gearbeitet, mit Druck wäre wohl alles schneller gegangen; ebenso hätten kreisende Bewegungen die Arbeit beschleunigt, aber *Stellafane*<sup>51</sup> rät davon ab, evtl. wegen Problemen mit der Präzision der Bewegungen. Dennoch habe ich am Ende der Herstellung dieses Drei-Platten-Sets sowohl Druck ausgeübt<sup>52</sup>, als auch kleine kreisende Bewegungen ausgeführt<sup>53</sup> und habe keine negativen Auswirkungen gesehen.

<sup>51</sup><http://stellafane.org/tm/atm/mirror-refs/strokes.html>

<sup>52</sup>ich habe die gerade „freie“ Platte obenauf gelegt

<sup>53</sup>analog zum *normal stroke*

1. Ich schleife mit *stroke* „COC“ mit geraden  $\frac{1}{3}$ -Strich-Bewegungen ohne Druck; das Schleifpulver reicht pro *wet* für 2–3 Tischumrundungen.
2. 2 Sechser-Sequenzen mit K 80: nur noch eine glänzende Stelle auf einer Platte; eine weitere Sechser-Sequenz mit K 80: keine glänzende Stelle mehr; alle drei Platten sind konkav, teils mit unsymmetrischen zusätzlichen Tälern (Kontrolle mit dem Haarlineal); der Schleifbrei bleibt im Zentrum, solange noch ein starkes Schleifgeräusch hörbar ist. Sobald kein aktives Schleifkorn mehr vorhanden ist, kleben die Platten aneinander (entspricht Konkavität!). Schleifdauer 45 Minuten.
3. Jetzt weiter mit K 180 (weil ich kein K 120 vorrätig habe); eine Platten-Kombination neigt zum aneinander-Kleben, ich muss die Bewegungen langsamer ausführen und Wasser nachlegen; der Schleifbrei folgt den Bewegungen nicht gut, ich muss die Zahl der Schleifbewegungen pro Winkelstellung auf 8 erhöhen; ich führe 2 Sechser-Sequenzen aus, pro *wet* erreiche ich jetzt 4–5 Tischumrundungen; Schleifdauer 45 Minuten; alle drei Platten sind leicht konkav (mit dem Haarlineal geprüft).
4. Weiter mit einer Sechser-Sequenz mit K 220 (das mir viel feiner erscheint als das K 180); der Schleifbrei verteilt sich schon deutlich besser, die o.g. Plattenkombination bockt weniger, ich mache durchgehend recht langsame Schleifbewegungen (vor-zurück in 1 sec), am Anfang und am Ende der Bewegung gibt es immer noch ein etwas lauterer Geräusch als während der Bewegung (Material wird abgetragen); ein *wet* reicht für 5–6 Tischumrundungen; Schleifdauer 30 Minuten; ein Stein mit dem Haarlineal geprüft: plan! einer deutlich konkav, einer gering exzentrisch konkav.
5. Nochmal 2 Sechser-Sequenzen mit K 220; die o.g. Plattenkombination bockt nicht mehr; Schleifdauer 30 Minuten; alle drei Platten sind leicht und homogen konkav (Haarlineal).
6. Hier hätte ich eigentlich K 320 nehmen müssen, aber ich hatte davon nicht mehr genug, also schleife ich eine Sechser-Sequenz mit K 400, mit *stroke* „COC“ mit geraden  $\frac{1}{4}$ -Strich-Bewegungen ohne Druck, 8 Schleifbewegungen pro Winkelstellung, jede Platten-Kombination mit 3 Tischumrundungen; der Schleifbrei verteilt sich jetzt viel besser als mit K 220; das schabende Geräusch an Beginn und Ende der Schleifbewegung ist fast nicht mehr zu hören; ich habe jetzt recht viel Schleifpulver aufgetragen (1 gestrichener Kaffeelöffel pro *wet*) und soeben soviel Wasser dazugegeben, wie

erforderlich, um einen leicht mitfließenden Schleifbrei zu erhalten; alle Plattenkombinationen verhalten sich gleich, kein Kleben oder Ruckeln mehr; Haarlineal: Stein 1 gering konkav, Stein 2 vielleicht plan, Stein 3 leicht konkav; Schleifdauer 30 Minuten.

Jetzt wollte ich auf K 600 wechseln, aber das wäre falsch, da die Schleifdauer bei K 400 bisher kürzer war als bei K 220; mit zunehmender Feinheit des Korns muss aber die Schleifdauer ansteigen! Weil ich momentan nicht so viel Geduld habe, arbeite ich jetzt mit Gewicht (ich lege den gerade freien Stein oben auf, Gewicht ca. 4 kg) und mit kleinen kreisenden statt geraden Bewegungen; also jetzt nochmals 1 Sechser-Zyklus mit K 400 (Schleifdauer 20 Minuten), danach Kontrolle mit dem Haarlineal: Stein 1 plan, Stein 2 plan, Stein 3 leicht konkav; da nur ein Stein konkav erscheint, die anderen plan, kann ich nochmals eine Sechser-Sequenz mit K 400 schleifen; Schleifdauer 30 Minuten; Haarlineal und Tuschier-Methode zeigen alle drei Steine plan ohne Symmetriefehler!

Nach dieser „Endkontrolle“ kennzeichne ich diejenige Platte als „Referenzplatte“, die am wenigsten verdächtige Markierungs-Spuren zurückgelassen hat.

Hier endet die Beschreibung des Standard-Verfahrens, es ist nach K 400 eine Genauigkeit erreicht, die für das Abrichten von Schleifsteinen ausreichen sollte.

**Zusammenfassung:** nachdem ich weiß, dass die Schleifsteine auch mit leicht fehlerhaften Abrichtplatten exakt planzurichten sind, kann man mit dem in Tabelle 1.2 als Standard bezeichneten Schliff mit zuletzt K 400 zufrieden sein, auch ohne eine hochgenaue quantitative Analyse.

Tabelle 1.2: Standardverfahren für die Herstellung von Abrichtplatten

Korn	Zeit (min)	Sequenzen	Ergebnis
K 80	45	2	roh
K 180	45	2	roh
K 220	60	3	ungenau
K 400	80	1	plan: <b>Standard-Methode</b>

**Mein Standard-Protokoll:** *stroke* COC mit kleinen kreisförmigen  $\frac{1}{3}$ -Strich-Bewegungen, mit Druck durch Auflegen der gerade nicht benutzten Platte, 8 Schleifbewegungen pro Winkelstellung, jede Platten-

Kombination mit 3 Tischumrundungen, Abwischen der Platten nach jedem *wet*, Schleifdauern und Korngrößen etwa wie in Tabelle 1.2.

Die genauere Untersuchung meiner „Standard-Platten“ mit dem *edding 8404* und *edding 8030* und mit sehr feinem Schleifpulver MG 15  $\mu\text{m}$  zeigte dann doch noch leichte Fehler; nach der Ebenheitsmessung (siehe *Ebenheitsmessung* in 1.8) weiß ich jetzt, dass der Planheitsfehler der zuletzt mit K 400 geschliffenen Platten bei ca. 10  $\mu\text{m}$  liegt.

**Ebenheitsmessung:** Ich habe eine Abrichtplatte aus einem Drei-Platten-Set (Durchmesser 30 cm, 16-eckig) ausmessen lassen, das zuletzt mit K 600 geschliffen war<sup>54</sup>. Es wurden 5 konzentrische Kreise von fast ganz außen bis fast ganz innen ausgemessen und daraus ein Ebenheitsprofil erstellt. Die Ebenheit ergab eine Abweichung von 7  $\mu\text{m}$ , der Stein war Rotations-symmetrisch und eindeutig konkav! Mit dem Haarlineal war diese Abweichung nicht erkennbar, meine Tuschier-Methoden hatten ebenfalls keine eindeutige Abweichung angezeigt.

Ich kann es nicht belegen, aber ich glaube, dass die beiden anderen zu diesem Drei-Steine-Set gehörigen Platten denselben Fehler anzeigen würden. Ich konnte am Diagramm des Messprotokolls keinen negativen Effekt der nicht ganz runden Platten ablesen.

Aus meinen bisherigen Erfahrungen und den theoretischen Überlegungen folgt, dass man weitaus besser plane Platten durch diese Schleifprozedur erreichen kann, wenn man die Schleifprozedur um weitaus feinere Schleifpulver erweitert<sup>55</sup>. Ich bin aber auch überzeugt, dass man auch am Ende des Schleifens drei konkave Platten erzeugen wird. Solche „quasi planen“ Platten könnten dann für andere Anwendungen als für das Abrichten von Schleifsteinen brauchbar sein.

## 1.9 Pflege der Abrichtplatten

Abrichtplatten nutzen sich ab, egal wie hart das verwendete Material ist<sup>56</sup>.

Wenn man dafür sorgt, dass bei jeder Verwendung der Platten möglichst gleichmäßig die ganze Fläche der Abrichtplatten verwendet wird, kann man die Abrichtplatten länger plan halten. Man könnte die Periphe-

<sup>54</sup>Firma QP in 88471 Laupheim, Gerät: Mitutoyo CRYSTA-APEX S 9168, Tastgenauigkeit 1,7  $\mu\text{m}$

<sup>55</sup>aber dann muss man wohl auch wirklich runde Platten benutzen

<sup>56</sup>deshalb laufen z.B. auf Läppmaschinen während des Arbeitsprozesses immer gleichzeitig Planricht-Ringe mit

rie der Platten etwas intensiver benutzen, weil die Platten ja angedeutet konkav sind.

Man sollte die drei Abrichtplatten nicht im Wechsel alle benutzen; zumindest sollte eine Platte<sup>57</sup> als „Referenzplatte“ für Planheitsprüfungen reserviert werden. Wenn man durch eine Zwischenkontrolle festgestellt hat, dass die erste Platte nicht mehr ausreichend plan ist, kann man dann die zweite Platte benutzen. Wenn dann auch die zweite Platte nicht mehr gut genug ist, muss man die drei Platten (das Drei-Platten-Set) durch Schleif-Sequenzen – wie bei der Herstellung – erneut planrichten; das wird recht selten vorkommen (vgl. 1.5.7 auf Seite 22) und dürfte recht schnell gehen.

Für die Zwischenkontrolle empfehle ich die Kontrolle gegenüber der „Referenzplatte“ mithilfe der Tuschier-Methode mit Sternlinien.

In welchen Abständen man kontrollieren muss, hängt von vielen Bedingungen ab (Zahl und Schleifkorn der Abrichtvorgänge, Aggressivität und Korngröße der Schleifsteine, ...).

Für die Pflege der Planheit braucht man keinesfalls das grobe Schleifpulver, das ich bei der Herstellung der Platten anfangs verwendet habe; wahrscheinlich ist dafür das zuletzt bei der Herstellung des Drei-Platten-Sets benutzte Schleifkorn ausreichend.

## 1.10 Resümee

- Man kann auch als Handwerker ohne Maschinen hochgenaue Planplatten herstellen.
- Man kann mit der Drei-Platten-Methode 30 \* 30 cm große quadratische Granitsteine zu brauchbaren Abrichtplatten schleifen, die eindeutig besser plan sind als die Steine aus der Steinhandlung oder vom Baumarkt.
- Man erreicht bei quadratischen oder gar länglichen rechteckigen Platten keine bessere Planheit, egal, wie sehr man die ungünstige Geometrie zu kompensieren versucht.
- Mit drei weitgehend runden (z. B. 16-eckigen) Granitsteinen von 30 cm Durchmesser kann man sehr zuverlässige Abrichtplatten herstellen, wenn man mit zunehmend feinem Korn bis zuletzt K 400 weiter schleift. Der Planheitsfehler liegt bei etwa bei 10  $\mu\text{m}$  auf 30 cm (bzw. 7  $\mu\text{m}$  nach leicht erweitertem Schleifen bis zu K 600).

---

<sup>57</sup> am besten diejenige, die bei der Endkontrolle als beste Platte bewertet wurde

- Man verbraucht für ein „Drei-Platten-Set“ ca. 20 € und ca. 3 bis 4 Stunden Zeit.
- Ich empfehle als Schleifvorgang den *stroke* „COC“ mit kleinen kreisförmigen  $\frac{1}{3}$ -Strich-Bewegungen<sup>58</sup> (vgl. 1.13 auf Seite 46) und als Schleifsequenz die Sechser-Sequenz (vgl. 1.7.5 auf Seite 48).
- Man muss drei Abrichtsteine herstellen, auch wenn man in der Schleifpraxis mit einem einzigen Abrichtstein lange Zeit arbeiten könnte.
- Man braucht keine Abrichtsteine mit Rillen.
- Man muss keine teuren Abrichtsteine kaufen.
- Man braucht keine Diamant-Abrichtplatten und keine keramischen Abrichtplatten.
- Wenn man plane Abrichtplatten besitzt, braucht man kein Haarlineal mehr, um seine Schleifsteine zu überprüfen; man kann stattdessen die Tuschier-Methode benutzen; sie ist mindestens ebenso sensitiv wie das Haarlineal und ihre Aussage ist viel sicherer. Die Tuschier-Methode kann das Haarlineal auch auf dem ersten Weg zur Erreichung planer Platten ersetzen.
- Ich gehe davon aus, dass man mit dieser Methode auch Planplatten aus feinkörnigen Steinen mit besserer Oberflächengüte herstellen kann (z. B. Gabbro (z. B. Nero assoluto)), oder auch aus Glas.

## 1.11 Entsorgung des Schleifschlammes

Das zum Waschen der Platten verwendete Wasser gehört nicht in den Ausguss! Schleifkörner sind so schwer, dass sie sich sehr leicht zu einer harten Kruste ablagern und damit leicht den Siphon oder die Abflussrohre verstopfen oder einengen können. Da Schleifschlamm lediglich für die Umwelt unschädliches Material enthält, gehört er in den Garten unter einen Busch oder an einen entsprechenden Ort (oder man lässt das Wasser ruhen, gießt dann das überstehende Wasser ab und entsorgt den Schlamm im Hausmüll oder auf dem Recycling-Hof).

---

<sup>58</sup>der Mittelpunkt des oberen Steins beschreibt einen Kreis von  $\frac{1}{3}$  Durchmesser um den Mittelpunkt des unteren Steins

## 1.12 Abkürzungen, Begriffe

Tabelle 1.3: Abkürzungen und Begriffe

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
MG 15 $\mu\text{m}$	Schleifkorn Microgrit WCA 15 $\mu\text{m}$ , aus Aluminiumoxid, aufgeschwemmt in Wasser
MG 5 $\mu\text{m}$	Schleifkorn Microgrit WCA 5 $\mu\text{m}$ , aus Aluminiumoxid, aufgeschwemmt in Wasser
K 80, K 180 ...	Siliziumkarbid-Schleifpulver der Korngröße 80, 180 ...
<i>stroke</i>	Strich, Schleifbewegung
COC	Schleifbewegung Center Over Center (Mittelpunkt über Mittelpunkt), siehe Tabelle 1.1 auf Seite 46
1/3-Strich	Länge der Bewegung innerhalb eines <i>stroke</i>
<i>W-stroke</i>	Schleifbewegung
<i>wet</i>	Schleifeinheit: mit Korn beladen, schleifen bis Korn verbraucht
Tischumrundung	360°-Wanderung um den unten liegenden Stein; Alternative: unteren Stein drehen