Schärfen von Klingen, insbesondere von Rasier- und Mikrotommessern

Untersuchungen von Klingenprofilen, Schärfutensilien, Korn, Schärfemessung,
Schleifversuche, Ergebnisse und Überlegungen, Schleiftechnik

Wer einmal mit wirklich scharfem Werkzeug - ob Stecheisen, Hobel, Messer, Rasiermesser oder anderem - gearbeitet hat, den lässt die Faszination, die das Erlebnis bei der Handhabung solcher Werkzeuge erzeugt, nie mehr los.
Ein Rasiermesser, das nahezu widerstandslos Barthaare durchtrennt, Ein Gemüsemesser, das beim Schneiden wie von selbst durch die Paprika gleitet und saubere Schnittflächen zurücklässt, ein Hobel mit dem man mühelos feinste Holzspäne auch auf schwierigem Maserungsverlauf abnimmt oder ein Stecheisen, das beim Abspanen leicht wie ein Surfbrett durch's Holz gleitet, wer das einmal erlebt hat, der fasst kein stumpfes oder schlecht geschliffenes Werkzeug mehr an und der weiß auch, dass es sich immer lohnt, die Zeit für einen guten Schliff aufzuwenden.
Wie sieht eine scharfe Schneide aus? Wie erzeugt man bei einer Klinge Schärfe? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein? Schärfe für welchen Zweck? Welche Probleme ergeben sich oder können sich ergeben? Wo sind die Grenzen? Wo kann man / muss man Kompromisse machen?
Diese und ähnliche Fragen berührt die nachfolgende Abhandlung ohne den Anspruch, erschöpfende Antworten darauf geben zu wollen.
Der Titel 'Abenteuer Klingen Schärfen' möge nicht nur daraufhin deuten, wie ich meine Schleifversuche erlebt habe, sondern ebenso daraufhin, dass man das Klingenschärfen auch mit den in diesem Text niedergelegten Erfahrungen als stets neue Herausforderung betrachten kann, deren Gelingen von so viel Achtsamkeit und Fingerspitzengefühl abhängt, wenn man nicht am Ende unangenehm überrascht werden möchte.

I n h a l t :

1.	Grundsätzliche Feststellungen:	
	a/ Material,	S. 2
	b/ Form	S. 3
2.	Untersuchungen von Klingenprofilen:	
	Cuttermesser, Rasierklinge,	S. 5
	div. Rasiermesser,	S. 6
	Mikrotomklinge Leica	S. 8
3.	Das Schleifmaterial:	
	Steine, Polierscheiben, Leder,	S. 9
	Schleifpasten, Korn	S. 11
4.	Experimente und Ergebnisse:	
	a/ Schärfemessung	S. 16
	b/ Schleifproben	S. 25
5.	Zusammenfassung:	S. 42
6.	Der Schleifvorgang:	
	a/ Voraussetzungen,	S. 43
	b/ das Abrichten des Steins,	S. 45
	c/ das Schleifen,	S. 47

d/ C-Messer	S. 51
e/ das Entfernen des Grates	S. 53
Legende zu den mikroskopischen Fotos	S. 57
Informationsquellen	S. 57

Vorbemerkung:

Die Tatsache, dass ich vor Jahren mal kurze Zeit im Geigenbau tätig war, und dort Werkzeugschleifmethoden kennengelernt hatte, führte dazu, dass ich als Teilnehmer der Arbeitsgruppe Mikroskopie in Bonn den Auftrag erhielt, zum Thema ‚Schleifen von Rasiermessern zwecks Herstellung mikroskopischer Schnitte einen Vortrag zu erarbeiten und die Teilnehmer in die notwendigen Schleiftechniken einzuführen. Ich habe diese Aufgabe gerne übernommen, obwohl mir von vornherein bewusst war, dass ich mich da auf ein mittleres Abenteuer einließ.

Ich hatte sehr bald den Eindruck, dass das Schärfen von Rasiermessern für den Einsatz in der Mikroskopie mehr Voraussetzungen erforderte, als mir beim Schärfen von Hobelmessern und Stecheisen geläufig war. Ich habe daher versucht, die mir fehlenden Kenntnisse durch zusätzliche Informationen und eigene Versuche anzueignen. Zusätzliche Informationen erhielt ich, aus Filmmaterial, Texten aus Broschüren und Internet, sowie direkten Informationen von Fachleuten.

Je mehr ich mich mit dem Thema befasste, umso deutlicher wurde, wie umfänglich und komplex die Gegebenheiten beim Schleifvorgang sind und dass man hier viel Erfahrung und Sachkenntnis sammeln kann, ehe man zu guten Ergebnissen kommt und vielleicht das Metier beherrscht.

Mein Vortrag beschreibt daher nur meine Versuche, mich diesem Thema zu nähern und könnte vielleicht Sachkundige dazu bewegen, grundlegende Ergänzungen oder Berichtigungen hinzuzufügen.

1. Grundsätzliche Feststellungen:

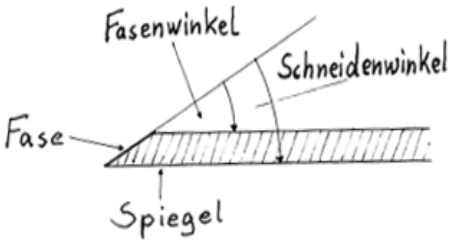
a/ zum Material:

rostfreier Stahl/ Es gibt Klingen aus rostfreiem Stahl, Klingen aus rostendem Stahl mit hohem
rostender Stahl/ Kohlenstoffanteil und solche aus Keramik und Glas.
Keramik/ Rostfreie Stähle haben einen niedrigen Kohlenstoffanteil. Durch die Legierungsbeimischungen sind sie weicher als rostende Stähle mit hohem Kohlenstoffanteil und verformen sich bei zu starker Belastung der Schneide. Sie haben eine kürzere Standzeit, d.h. sie werden bei Gebrauch schneller stumpf.

Klingen aus rostendem Stahl lassen sich sehr scharf schleifen und polieren und haben eine höhere Standzeit als rostfreie Stähle. Natürlich müssen sie nach jeder Anwendung sorgfältig getrocknet werden und möglichst mit einem Pflegeöl (z.B. Kamelienöl) eingerieben werden, damit sie nicht rosten. Stähle mit hohem Kohlenstoffanteil sind außerdem sehr spröde, d.h. bei zu starker Belastung der Schneide kann diese ausbrechen.

Keramik-Klingen haben eine noch höhere Standzeit als kohlenstoffreicher Stahl. Sie sind noch spröder. Wegen ihrer Härte kann man sie nur mit Diamant schleifen (Polieren ist schwierig). Glasklingen werden aus einem speziellen Glas gebrochen. (In diesem Text wird auf Keramik- und Glasklingen nicht näher eingegangen!)

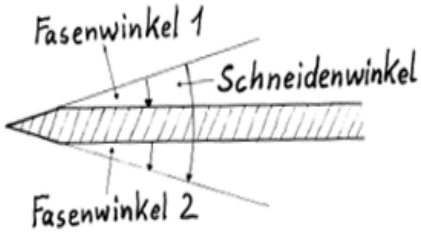
b/ zur Form:



einseitig angeschliffene Klingen/

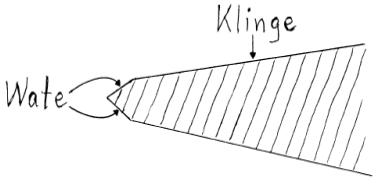
zweiseitig angeschliffene Klingen/

Es gibt einseitig und zweiseitig angeschliffene Klingen. Bei einseitig angeschliffenen Klingen nennt man die Schliffseite 'die **Fase**', die der Fase gegenüberliegende Seite den **Spiegel**.



Der Winkel, in dem die Fase geschliffen wird, ist der **Fasenwinkel**. Bei einseitig angeschliffenen Werkzeugen (z.B.Hobelmesser, Stecheisen) verwendet man Fasenwinkel, die i.d.R. zwischen 20° bis 30° schwanken je nach Anwendung. Hier ist der Fasenwinkel identisch mit dem **Schneidenwinkel.**

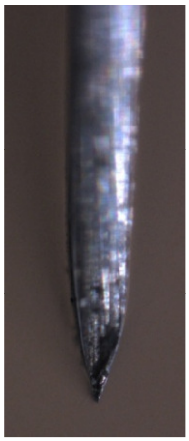
Bei zweiseitig angeschliffenen Werkzeugen ergibt sich der Schneidenwinkel aus der Summe beider Fasenwinkel.



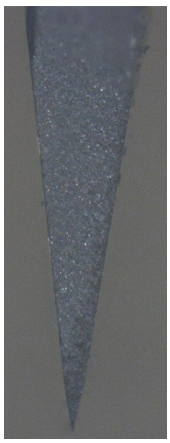
Wate: Wenn man eine Klinge im Schneidenbereich noch mal anfast, spricht man von einer Wate. Europäische Messer sind i.d.R. mit Wate geschliffen.

U-Schliff und V-Schliff/

Man unterscheidet 2 Schliffarten: Den U-Schliff und den V-Schliff. Europäische Messer werden i.d.R. im U-Schliff geschliffen. Dabei wird im Prinzip die Wate zur Klinge hin gerundet. Das begünstigt, dass das Schnittgut durch die Klinge beim Schneiden auseinandergedrückt wird. Ein Beispiel dürfte die Rasiermesserschneide von Euromex sein (s. Foto!). Stecheisen, Hobelmesser, Rasiermesser und japanische Messer sind i.d.R. im V-Schliff geschliffen. Der V-Schliff ist, wenn es um Schärfe geht der effektivere Schliff.

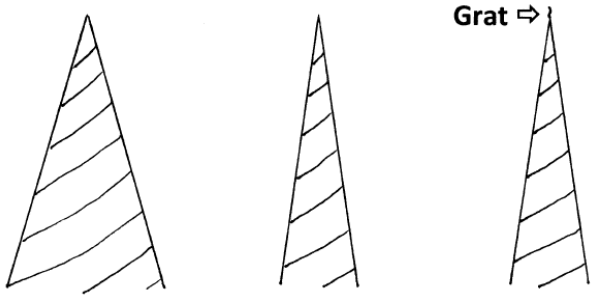


U-Schliff



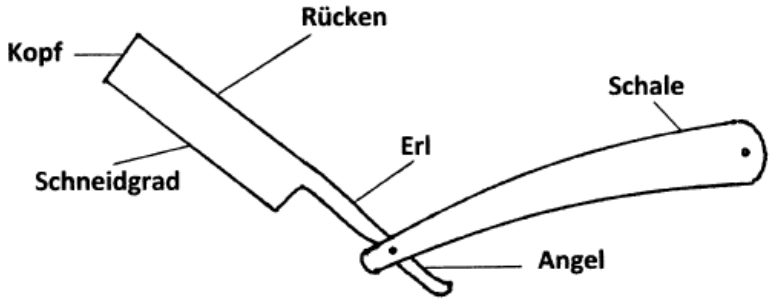
V-Schliff

Grat/ Der Begriff Grat wird mit zwei verschiedenen Bedeutungen verwendet. Einmal bezeichnet er das vor allem beim groben Vorschleifen einer Klinge an der Schneide entstehende ausfransende Klingenmaterial, das in der Endphase des Schleifens wegpoliert werden muss (siehe nachfolgende Skizze!). Zum anderen bezeichnet man häufig damit die oberste Schneidenregion, wenn z.B. vom Aufrichten des Grates die Rede ist. Ich möchte daher in diesem Zusammenhang immer von der Schneide sprechen und den Begriff Grat nur in der erstgenannten Bedeutung verwenden.



Schneidenwinkel/ Es ist naheliegend, dass ein relativ stumpfer Schneidenwinkel robuster aber weniger schneidfreudig ist. Umgekehrt gilt:

Je spitzer der Schneidenwinkel ist, umso schneidfreudiger also schärfer ist die Schneide, aber die Empfindlichkeit der Klinge wird entsprechend größer und ihre Standzeit sinkt. Je kleiner der Schneidenwinkel ist, umso höhere Anforderungen werden an das Material gestellt.

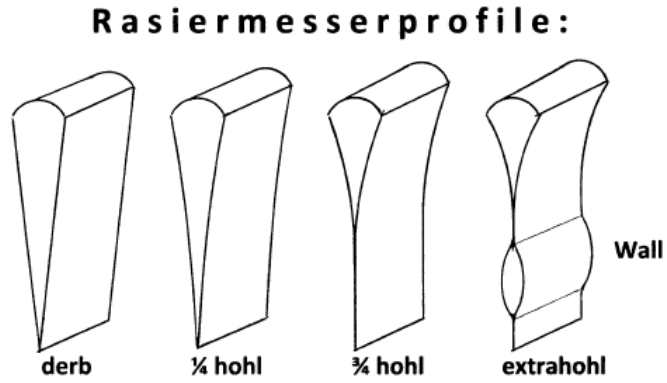


Der Aufbau des Rasiermessers

In der nebenstehenden Abbildung sind die Teile eines Rasiermessers gekennzeichnet.

Die Hohlung des Rasiermessers/

Die Hohlung bezeichnet die Innenwölbung des Klingenquerschnittes eines Rasiermessers. Man kann zwischen **derben, halbhohlen, hohlen und extrahohlen** Klingen unterscheiden. Extrahohle Rasiermesser (**auf Klang geschliffen**) besitzen ein äußerst dünn ausgeschliffenes Klingenblatt, welches extrem flexibel ist. Bei den extraholen Messern sorgt der **Wall** für eine größere Verwindungsfestigkeit in Längsrichtung der Klinge.



Die Kopfform des Rasiermessers/

Die Kopfform des Rasiermessers kann rund oder gerade sein und wird entsprechend bezeichnet. Hohl geschliffene Rasiermesser haben i.d.R. einen Rundkopf. Rasiermesser für mikroskopische Schnitte sind meist derb oder einseitig hohl geschliffen und haben generell einen Gradkopf. Ihre Klingen sollen auf keinen Fall flexibel sein.

Die Breite der Klinge wird in **Zoll** angegeben. Ein 6/8 Zoll Messer hat also eine Breite von 19 mm

(2,54cm / 8 x 6 = 1,91cm).

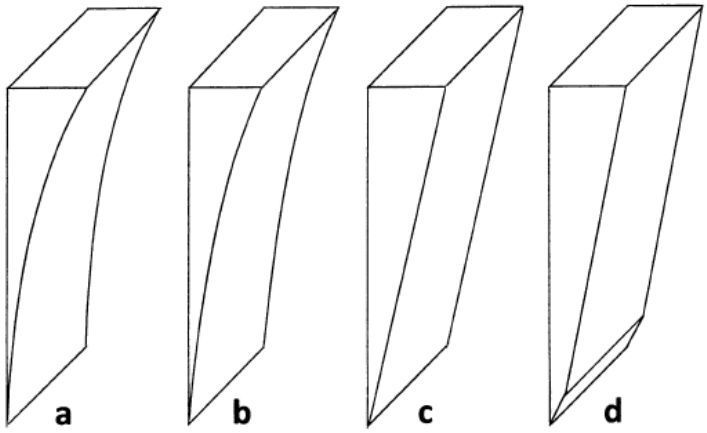
Bei **Mikrotommessern** unterscheidet man nach ihrem Profil 4 Messertypen:

Sie sind in der nebenstehenden Skizze dargestellt:

A- und B-Messer sind plan-konkav geschliffen. Sie unterscheiden sich durch ihre Hohlung.

Das C-Messer entspricht dem derben Rasiermesserprofil.

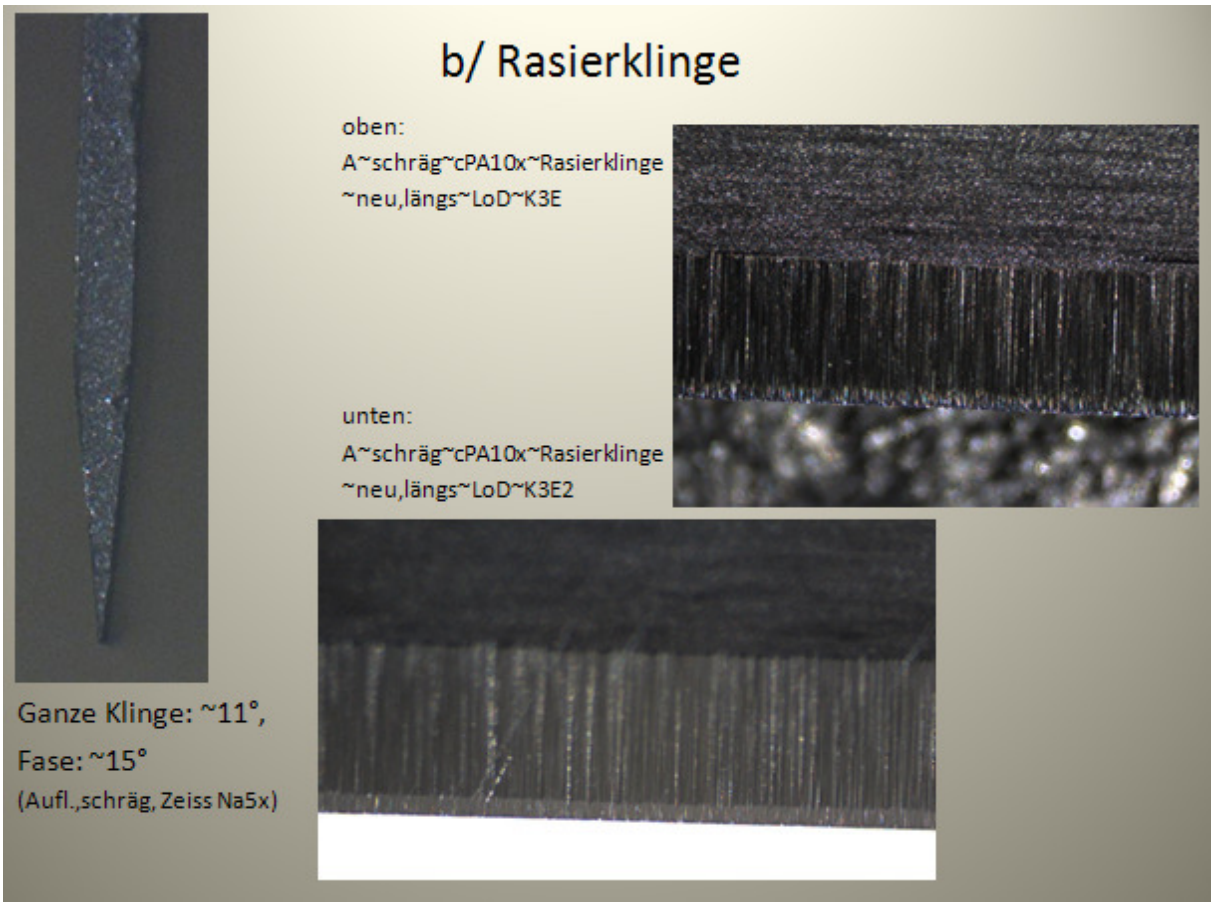
Das D-Messer ist nochmals eine Steigerung des derben Schliffs.



***2.* Untersuchungen von Klingenprofilen:**

Welche **Schneidenwinkel** finden wir bei handelsüblichen Klingen?

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele von Klingen. Die Schneidenwinkel der hier vorgestellten Klingen bewegen sich in einem Bereich von **13° bis ca. 47°**, wobei Die Euromex-Klinge mit 47° deutlich aus der Norm fällt, die zwischen **13° bis 25°** schwankt. (bei Hobel- und Stecheisen ~ 20° - 30°)

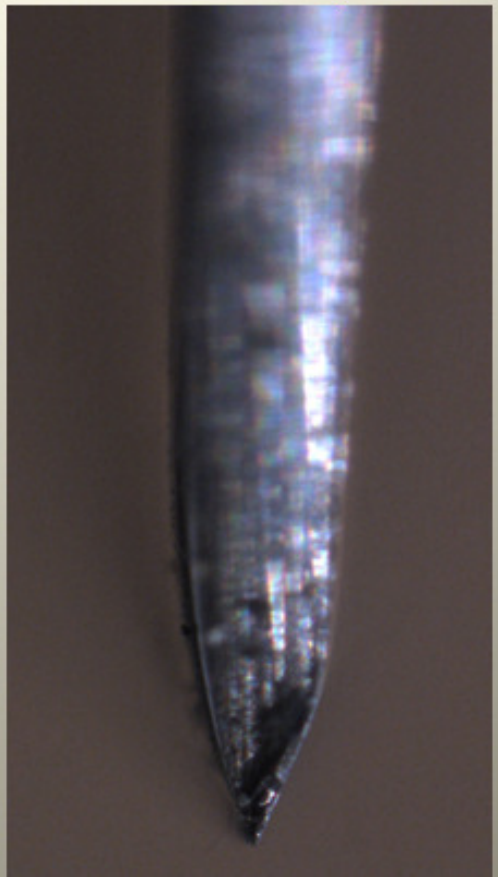


c/ Rasiermesserschneide Euromex (rostfrei)

ganze Klinge: ~6,5°

Fase : ~47°

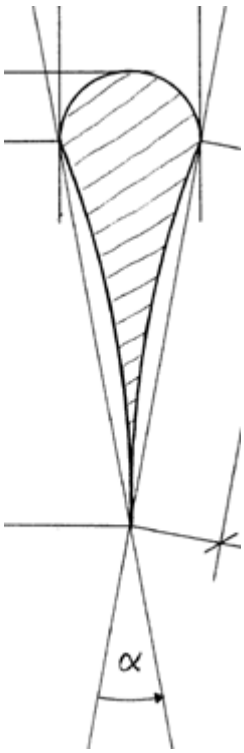
(Aufl.,schräg, Zeiss Na5x)



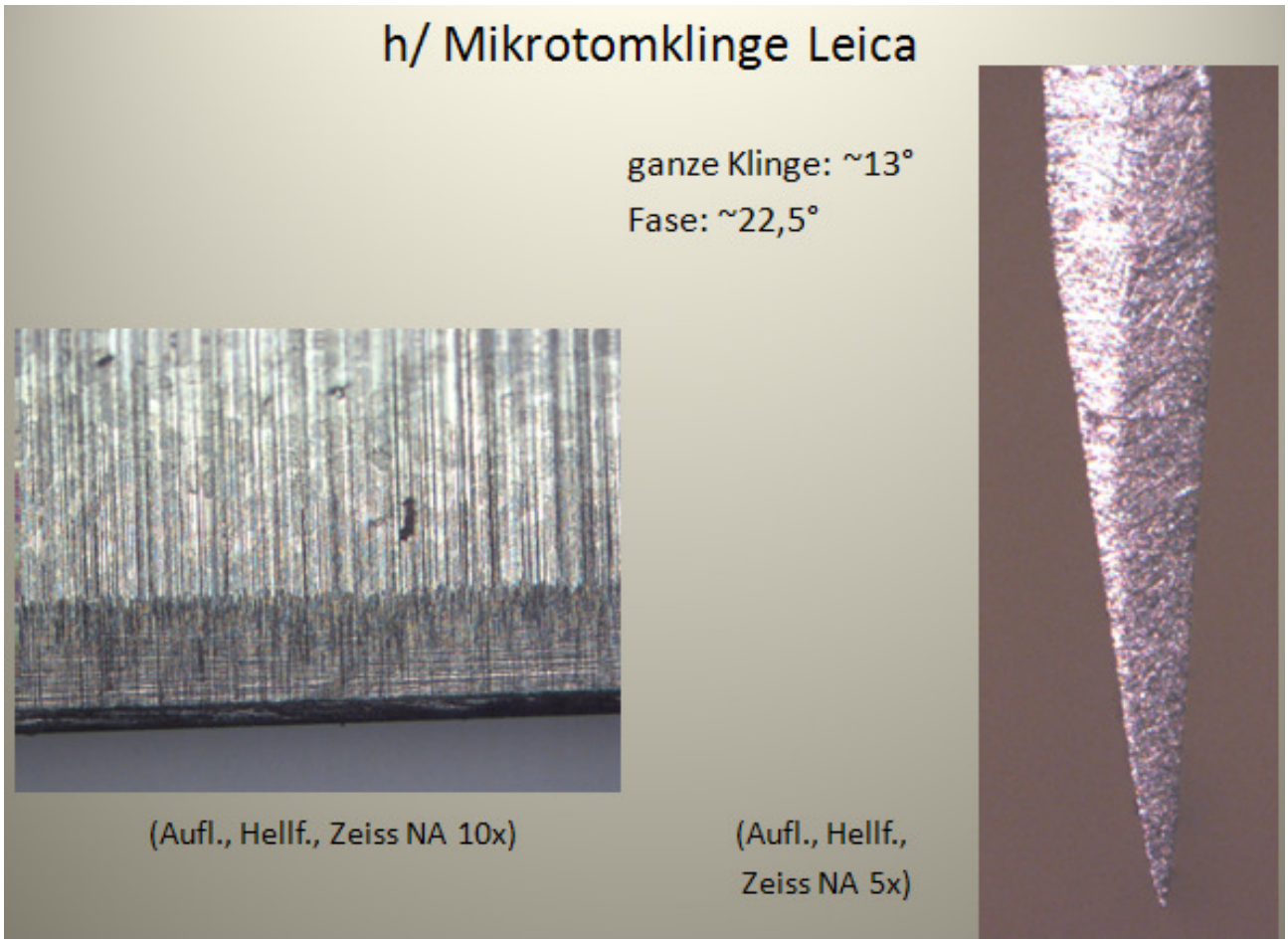
d/ Rasiermesserschneide Kosmos (rostfrei)

ganze Klinge: ~15°

(Aufl.,schräg, Zeiss Na5x)



Der Schneidenwinkel bei hohl geschliffenen Klingen ergibt sich, wie in der obigen Skizze dargestellt, aus den Tangenten über Schneide und Messerrücken, nicht nur, da auf dem Stein nur so geschliffen werden kann, sondern vor allem auch, weil nur so der effektive V-Schliff im Schneidenbereich zur Wirkung kommt!



Viele Klingen zeigen, dass sie eine oder gar zwei Waten-Fasen aufweisen, was man z.T. bei genauem Betrachten der Klingenquerschnitte erkennt. Bei der Mikrotomklinge Leica folgt auf die erste grobe Quer-Fase eine zweite etwas feinere und schließlich eine dritte ganz feine Fase in Längsrichtung (sic!).

3. Das Schleifmaterial:

Gute Klingen wie z.B. Rasiermesser werden grundsätzlich nass auf Steinen geschliffen. Man verwendet hierfür Steine, die in Wasser getränkt werden auf keinen Fall in Öl!

Für einen Schliff benötigt man Steine unterschiedlicher Körnung. Der eigentliche Schliff wird auf einem Stein mit einer **groben Körnung (200 – 500)** ausgeführt. Danach braucht man für die 1. Verfeinerung des Schliffs, bei der die groben Schleifspuren beseitigt werden einen **feineren Stein der Körnung 1000 bis 2000.**

Schließlich wird die Klinge auf einem **sehr feinen Stein abgezogen (Korn 6000 – 10000).**

Man kann auch auf einem feinen Schleifstein einen feinen **Schleifschlamm** auftragen bzw. mit einem entsprechenden Stein erzeugen und in diesem Schlamm die Klinge feiner polieren.

Nach dem Steinschliff kann die Klinge über **Leder** abgezogen werden. Sie kann ferner mit Hilfe einer aus **Leinenlappen-Scheiben zusammengesetzten Polierscheibe**, die mit feiner Schleifpaste behandelt ist, bei hoher Drehzahl poliert werden. Dies Verfahren soll sich besonders eignen, um den Grat von der Schneide zu entfernen.

Zum Schluss wird die Klinge über den **Ballen der Hand** gezogen.

Das Leder kann man mit **unterschiedlichen Schleifpasten** behandeln. Zum Schluss nimmt man Leder, das nur mit Lederfett (ein besonderes Fett für Streichriemen) eingerieben wurde oder gar unbehandeltes Leder.

Bei den Steinen gibt es eine relativ große Auswahl:

Man unterscheidet **Natursteine, Kunststeine und Diamantsteine**.

Die Körnungen der Natursteine reichen von ca. **400 bis 8000**.

Der Belgische Brocken mit einer Körnung von ca. 6000 – 8000 hat sehr gute Abzieheigenschaften. Der Graue Brocken ist etwas dichter und langlebiger. Er ist ebenfalls ein sehr guter Abziehstein mit einer ähnlichen Körnung, wie der Belgische Brocken.

Gute Naturabziehsteine gibt es auch aus Japan.

I.d.R. haben **Kunststeine die besseren Schleifeigenschaften**, da sie vor allen keine Unregelmäßigkeiten in der Körnung aufweisen. Kunststeine werden in Körnungen von **80 bis 30.000** angeboten. Für unsere Belange reicht als gröbster Stein ein 500er. Dem sollte obligatorisch ein 2000er und ein 6000er oder 8000er folgen. Wer möchte kann auch noch mit feineren Steinen nachpolieren.

Diamantsteine sind mit Diamantstaub beschichtete Schleifplatten. Es gibt sie in den Körnungen 220 bis 1200. Sie sind besonders für Hartes Material z.B. Keramikklingen geeignet. Aber aus ihrer verfügbaren Körnung geht klar hervor, dass sie sich nicht zum feinen polieren eignen, wie andere Schleifsteine.

Man sagt, die **besten Kunststeine kommen aus Japan**. Sie sind **weicher** als europäische Kunststeine und haben gerade dadurch eine gute Schleifwirkung. Durch die **weichere Bindung** werden beim Schleifen Schleifpartikel schneller abgetragen und dadurch ständig frische unverbrauchte freigelegt, die für eine gute Schleifwirkung sorgen.

Natursteine und europäische Kunststeine kann man ohne Bedenken **dauerhaft in Wasser aufbewahren**. Man macht dies u.a. gerne, um eine **unerwünschte Kalkanreicherung** im Stein durch wiederholtes Trocknen der Steine nach dem Schliff zu vermeiden. Um **Algenbildung** im Wasser zu unterbinden, bewahrt man die Steine im Dunkeln auf und gibt dem Wasser etwas Alkohol hinzu.

Bei **japanischen Kunststeinen** besteht aufgrund der weichen Bindung des Materials bei längerer Lagerung im Wasser die Gefahr, dass die **Steine aufweichen** und an der Oberfläche unbrauchbar werden. Man legt sie daher besser kurz vor dem Schleifen in Wasser und gibt beim Schleifen nach Bedarf etwas Wasser nach.

Bei den japanischen Kunststeinen haben die Steine der **Fa. Shapton** einen besonders guten Ruf.

Schleifsteine werden in **unterschiedlicher Größe** angeboten. Für Rasier- und Mikrotommesser sollte man m.E. nur größere Steine verwenden. Die Steine der Fa. Shapton haben mit **210x70x10**mm ein gutes Maß. Es lässt sich einfach besser arbeiten, wenn die Schleifbewegung großräumiger ausgeführt werden kann.

Wichtig ist auch, dass der Stein beim Schleifvorgang ruhig in einem **Schärfsteinhalter** liegt.

Je feiner die Körnung eines Steins ist, desto teurer ist der Stein. Nachfolgend einige Beispiele für japanische Kunststeine und deren Preise (Stand: Okt. 2009):

Körnung:	Hersteller:	Maße:	Preis (€):	Händler:
220	Sun Tiger	205 x 75 x 50 mm	36,90	Dick in Metten
500	Shapton	210 x 70 x 10 mm	34,90	Dick in Metten
700	Cerax	207 x 73 x 28 mm	43,90	Schmidt in Berlin
320	Shapton	210 x 70 x 15 mm	42,00	Schmidt in Berlin
2000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	49,00	Schmidt in Berlin
2000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	47,50	Dick in Metten
6000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	59,90	Dick in Metten
500 2000 8000	3-er-Set inclusive Schärfsteinhalter der Fa. Shapton	210 x 70 x 15 mm	185,90	Dick in Metten
8000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	79,00	Schmidt in Berlin
8000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	74,90	Dick in Metten
10.000	Naniwa	210 x 70 x 10 mm	69,00	Dick in Metten
12.000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	88,00	Schmidt in Berlin
16.000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	94,50	Dick in Metten
30.000	Shapton	210 x 70 x 15 mm	439,00	Schmidt in Berlin

Eine gute Grundausstattung sollte aus 3 Schleifsteinen der Körnung ~500, ~2000 und 6000 bis 8000 bestehen inklusive einem Schleifsteinhalter, damit der Stein beim Schleifen ruhig liegt. Dafür muss man so 180 bis 200 € rechnen. Zum Abziehen der Schleifsteine kann man sich auch in einem Natursteinhandel ein Reststück einer gerade polierten **Granitplatte** (nicht Marmorplatte!) holen, wenn man die Kosten für einen **Abrichtblock** (ca. 60,-€) sparen will.

Im Katalog und der Website der Fa. Dick in Metten (www.dick.biz) und auf der Website der Fa. Schmidt in Berlin (www.feinewerkzeuge.de/japwas.htm) werden die besonderen Eigenschaften der verschiedenen Schleifsteine z.T. ausführlich beschrieben.

Zum **Entgraten und Polieren** bzw. Abziehen kann man **Abziehriemen** und / oder **Polierscheiben** verwenden. Die Abziehriemen sind entweder mit glattem, festen Rindleder oder mit leicht angerautem etwas weicherem Leder bestückt. Das Leder der Abziehriemen kann mit unterschiedlichen Abziehpasten behandelt werden, die Leinenscheibe

muss mit Polierpaste behandelt werden!

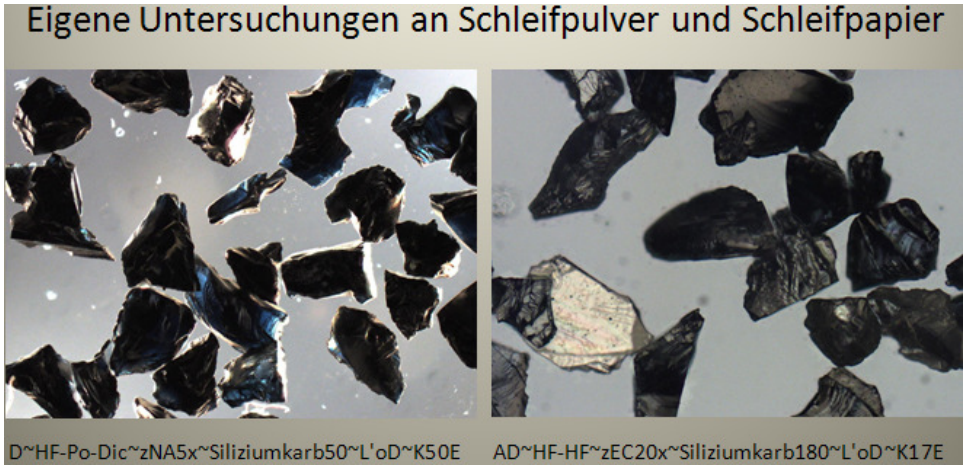
Polierscheiben bestehen aus vielen Lagen von Leinengewebe. Solche Scheiben müssen **schnell laufen**, um den gewünschten Effekt zu bringen (Ø 28cm bei 1600 U/Min. =**Außengeschwindigkeit** 1408 m/Min. = **84 km/h**) (bei 700 U/Min. = 37 km/h, bei 1100 U/Min. = 58 km/h, bei 2200 U/Min. =116 km/h – zu schnell! [Bei dieser hohen Geschwindigkeit kann man zusehen, wie durch die enorme Zentrifugalkraft die Gewebefasern aus der laufenden Scheibe herausgeschleudert werden!]).

Bei der **Tormek-Schleifmaschine** ist das Abziehleder auf einer Scheibe angebracht. Diese Maschine ist ein Langsamläufer. Der Schleifstein läuft in Wasser. Ein Verbrennen der Schneiden ist durch die Wasserkühlung und die langsame Drehgeschwindigkeit ausgeschlossen. Der sog. SuperGrind-Stein hat eine Körnung von 220. Die Schleifkörner bestehen aus Aluminiumoxid. Der Metallabtrag ist außerordentlich gut.

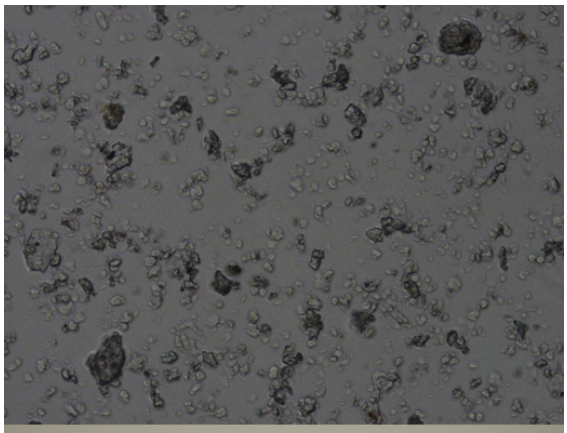
Schleifpasten:

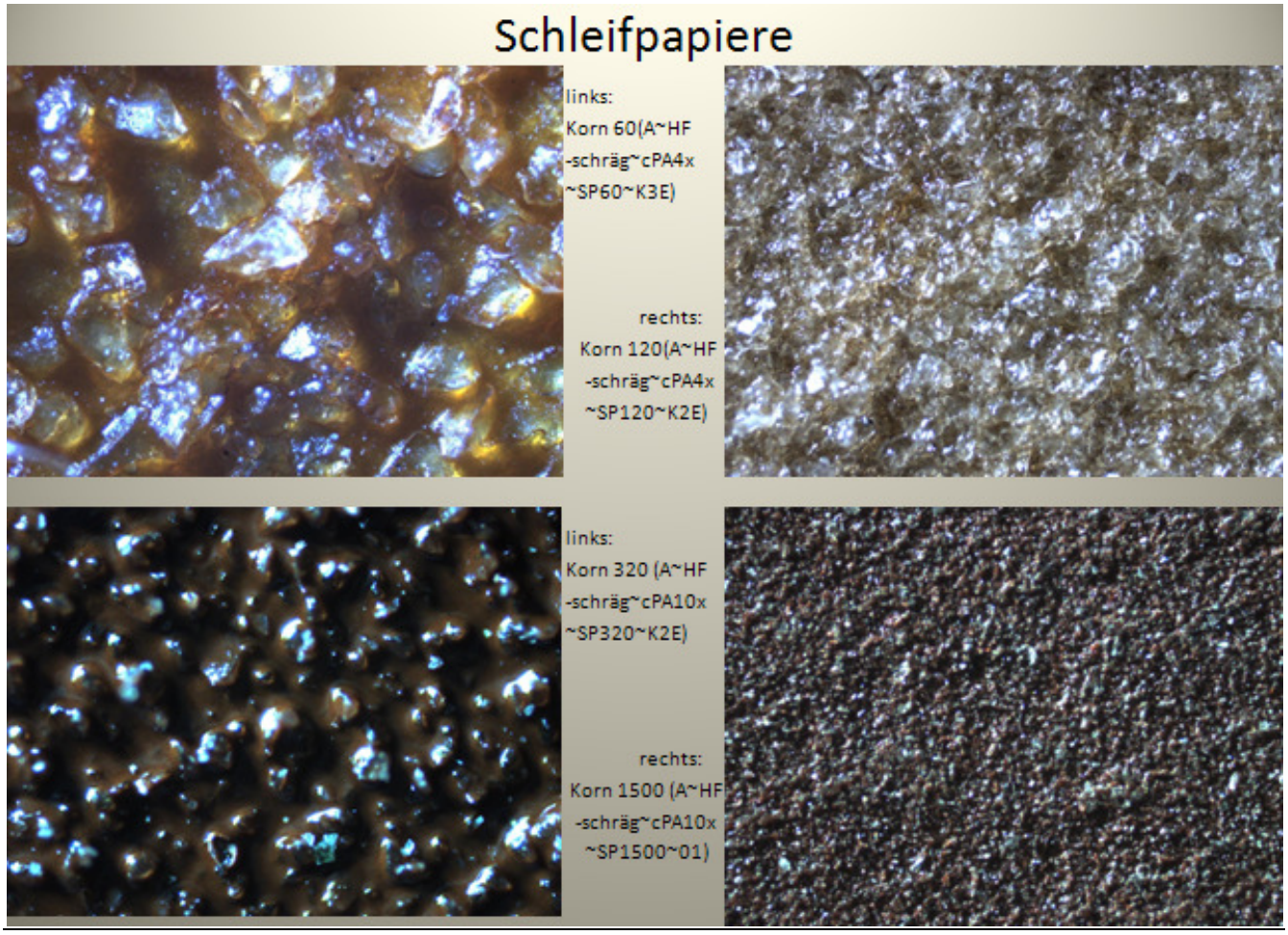
Für Abziehriemen und Polierscheiben werden Schleifpasten unterschiedlicher Körnung angeboten. Die Anbieter und z.Teil auch die Hersteller können häufig keine Angaben über das Korn der jeweiligen Pasten machen. Es ist aber m.E. wichtig, dass man nicht mit einem gröberen Korn poliert, als vorher geschliffen wurde. Daher machte ich den Versuch, das Korn von Schleifpasten mikroskopisch zu bestimmen.

Ein **Maß für die Korngröße**

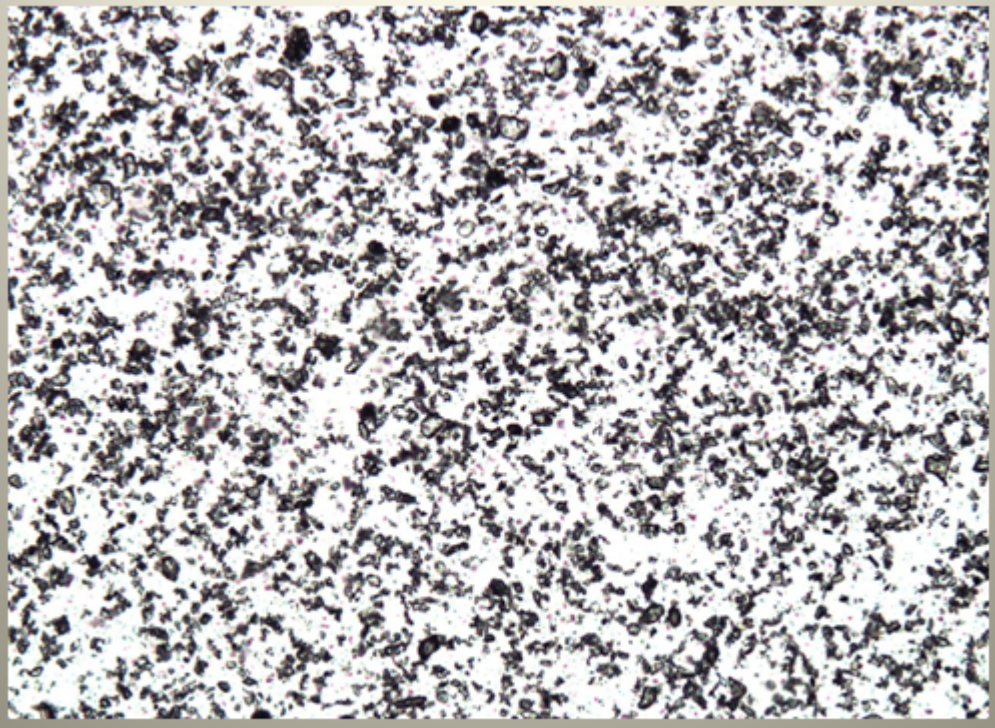


ist die Einheit Mesh. 5 Mesh z.B. bedeutet ein Quadrat-Inch wird mit einem Drahtsieb versehen, das auf der Kantenlänge von einem Inch 5 Maschen enthält. Partikel, die gerade durch diese Maschen passen liefern das Material für die Korngröße 5 Mesh. Dabei muss die **Drahtstärke abgezogen** werden. Das Prinzip gilt durchgehend für alle Größen, auch wenn ab einer bestimmten Kleinheit mit anderen Methoden gefiltert wird. Bei meinen Untersuchungen waren bei angegebenen Körnungen die Partikel immer deutlich größer, als nach der Mesh-Größe zu erwarten gewesen wäre. Überhaupt stellte sich eine **eindeutige Zuordnung der Korngröße als schwierig** heraus, weil stets sehr unterschiedlich große Partikel anzutreffen sind. (siehe Bilderserie!)





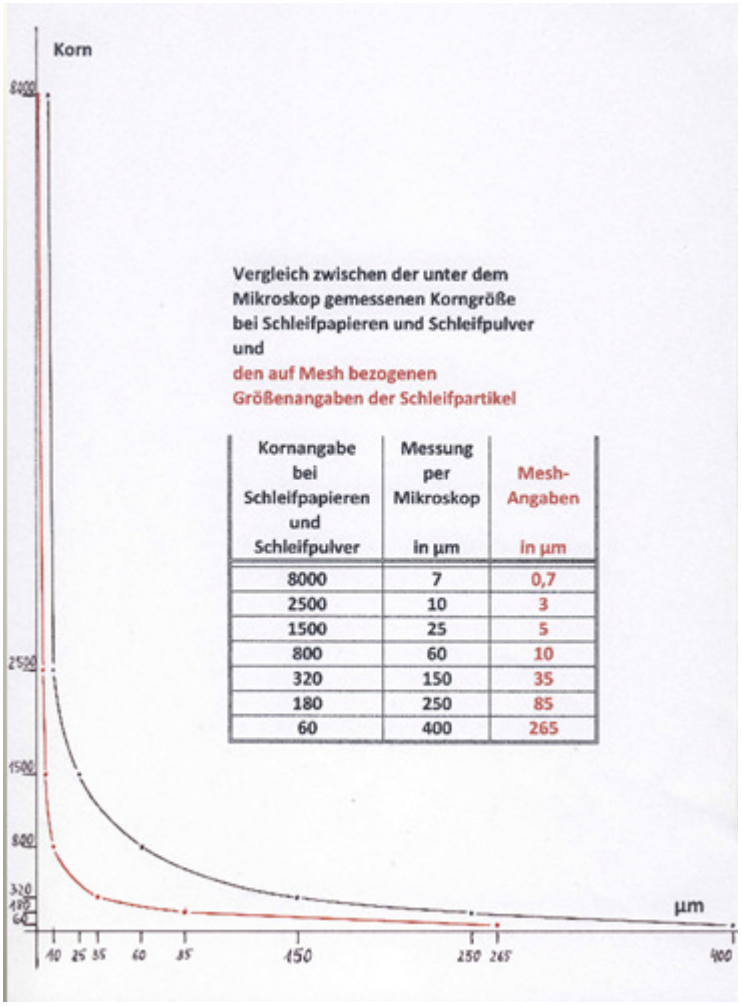
Partikel im Schleifschlamm des 500er Shapton-Steins



D~HF~zNA10x~SchleifschlammSh500~W'mD16~s1K5E

Große Partikel ~ 33 µm, mittlere Partikel ~ 24 µm, ≙ ~ 380-320 Mesh,

≙ ca. Korngröße 1000 – 1500

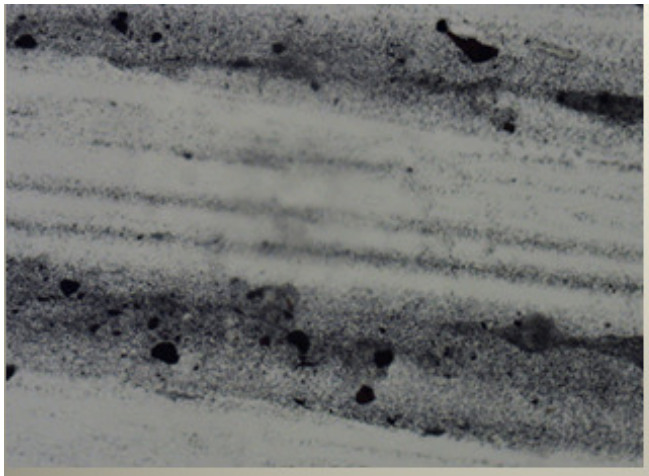


Vergleich zwischen der unter dem Mikroskop gemessenen Korngröße bei Schleifpapieren und Schleifpulver und den auf Mesh bezogenen Größenangaben der Schleifpartikel

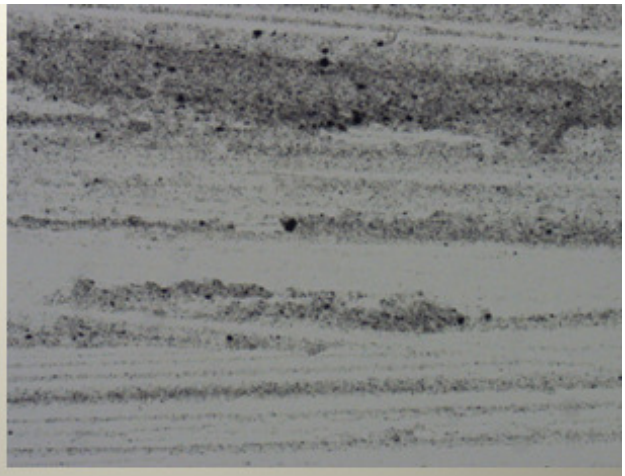
Kornangabe bei Schleifpapieren und Schleifpulver	Messung per Mikroskop in µm	Mesh-Angaben in µm
8000	7	0,7
2500	10	3
1500	25	5
800	60	10
320	150	35
180	250	85
60	400	265

Die nebenstehende Grafik zeigt die Unterschiede zwischen den Mesh-Angaben und den von mir mikroskopisch ermittelten Korngrößen bei verschiedenen Schleifstoffen. Bei den nachfolgenden Untersuchungen habe ich mich auf meine Messergebnisse bezogen.

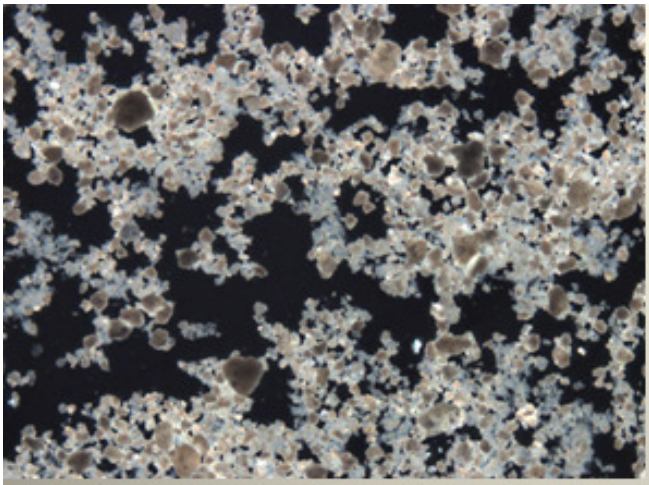
Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Schleifpasten im Vergleich:



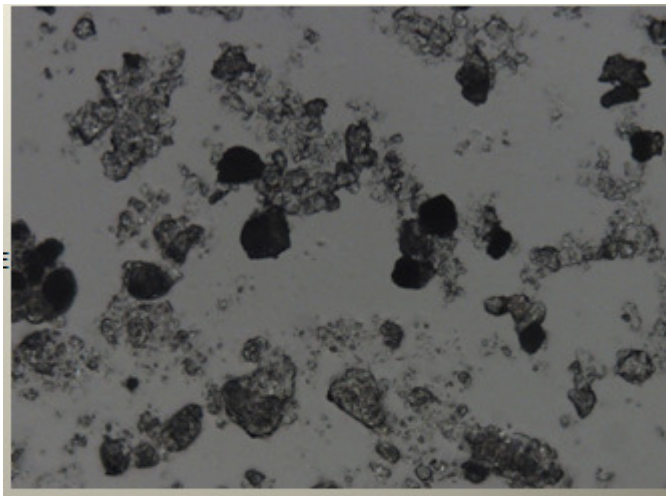
D~HF~20x~SchleifpasterotSolingen~G'mD~K 2E
Stangenpasta,
Partikelgröße 12 bis 30 µm ≙ 700-500 Mesh
≙ ca. Korngröße 2300 - 1400



D~HF~20x~SchleifpasteschwarzSolingen~G'mD~01
Stangenpasta,
Partikelgröße 5 bis 12 µm ≙ 1500 bis 700 Mesh
≙ ca. Korngröße 10000 bis 2300



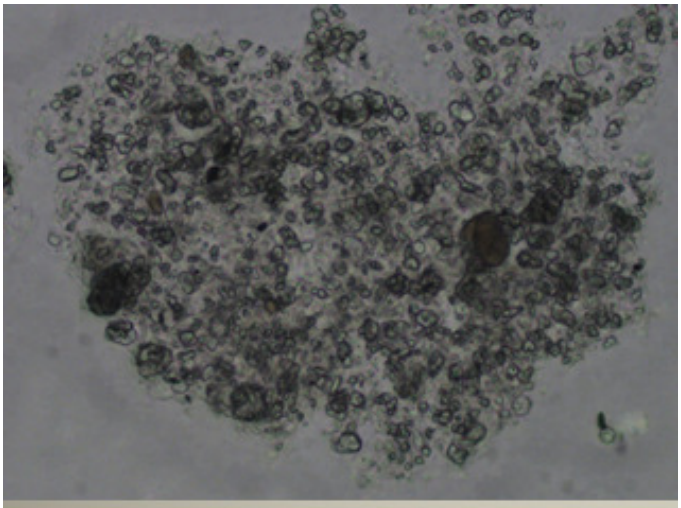
D~Pol~zNA10x~Tormekpaste~Alkoholausstrich L'oD~K9E
größere Körner: ~80 – 100 µm,
kleinere Körner: ~20 – 40 µm,
≙ 160 - 300 Mesh
≙ ca. Korngröße 500 – 1100



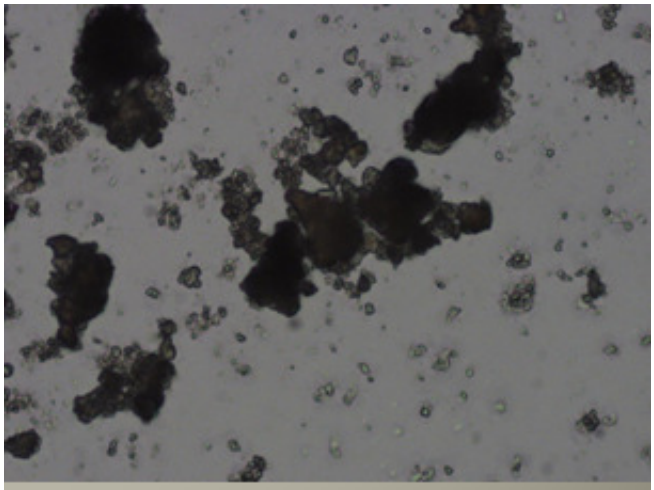
D~Pol~zNA10x~SchleifpasteweißDickgrob~AlkausstrL'oD~K7E
größere Körner: ~60 – 100 µm,
kleinere Körner: ~20 µm,
≙ 150 - 500 Mesh
≙ ca. Korngröße 500 – 1700

Bei der Untersuchung der Schleifpasten der Fa. Dick stellte sich überraschend heraus, dass die Schleifpartikel in der feinen Schleifpaste größer waren als in der mittleren. Auf Rückfrage der Fa. Dick beim Hersteller erhielt ich folgende Erklärung: „Bei der grünen, mittleren Paste sind die Oxyde sehr klein und fein, dafür sehr hart. Bei der rosafarbenen, feinen Paste sind die Oxyde etwas größer, aber dafür weicher. Außerdem ist zudem der Fettgehalt der Paste entscheidend.“

Mit der unterschiedlichen Härte von Schleifpartikeln sowie den unterschiedlichen Beimischungen, kommen Parameter in diese Untersuchungen mit hinein, die man mit dem Mikroskop nicht mehr überprüfen kann und die zeigen, wie komplex das Thema Schleifen ausgerichtet ist.



D~Pol~zEC50x~SchleifpastegrünDickmittel~Alkausstr~ L'oD~K8E
größere Körner: ~ 12 – 20 µm, ≙ ~ 700-500 Mesh,
≙ ca. Korngröße 2300 – 1600



D~Pol~zEC50x~SchleifpasterosaDickfein~ Alkausstr~ L'oD~K11E
größere Körner: ~ 30 – 35 µm, ≙ ~ 380-320 Mesh,
≙ ca. Korngröße 1300 – 1200

Die Ergebnisse der Messungen der Korngrößen in Schleifpasten stellen sich wie folgt dar:

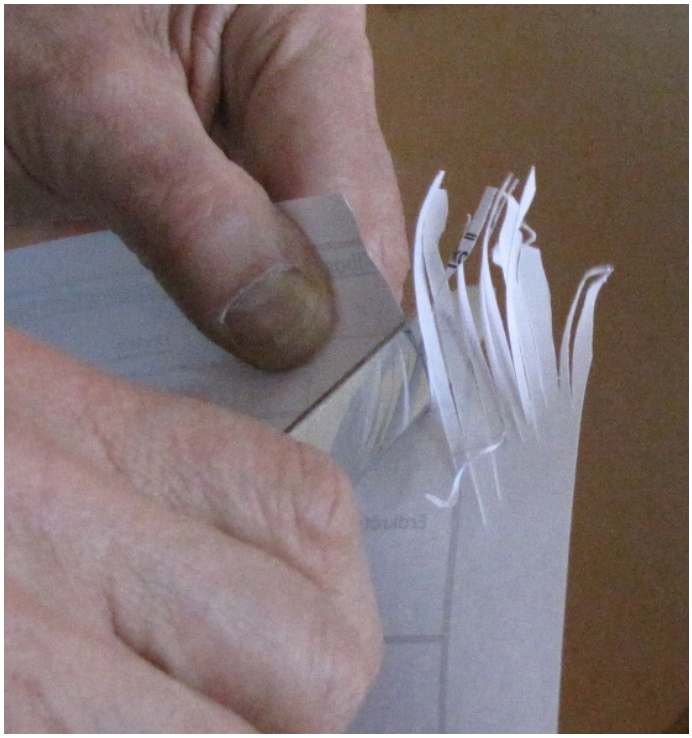
Körnungen der Schleifpasten nach mikroskopischer Einschätzung:	
	Korn:
Tormek-Paste	500 bis 1.100
Tubenpasta grün	800 bis 1.400
Tubenpasta rot	1.300 bis 1.600
Stangenpasta rot	1.400 bis 2.300
Stangenpasta schwarz	2.300 bis 10.000
Dick Blockpaste weiß (grob)	500 bis 1.700
Dick Blockpaste grün (mittel)	1.600 bis 2.300
Dick Blockpaste rosa (fein)	[1.200 bis 1.300]
Da die Härte der Partikel nicht bekannt ist, kann der Feinheitsgrad der Schleifwirkung nur geschätzt werden!	

4. Experimente und Ergebnisse:

a/ Schärfemessung:

Wie kann man die Schärfe einer Klinge bestimmen?

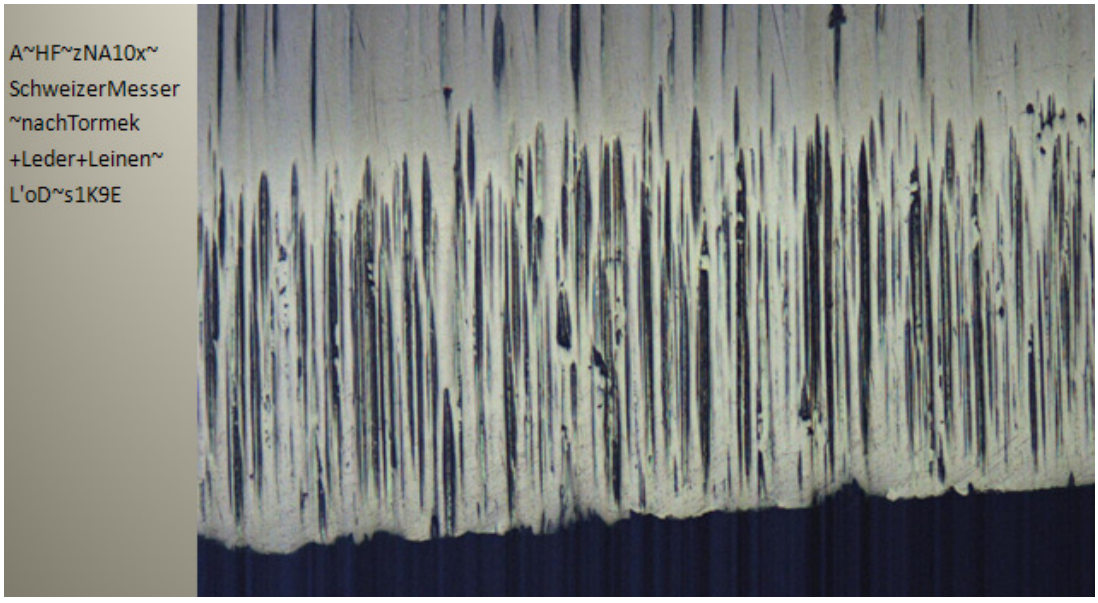
Es heißt, dass **Samurei-Schwerter** so scharf waren, dass ein **Seidentuch**, dass man auf eine waagerecht gehaltene Klinge sanft herabschweben ließ, **mühelos durch sein Eigengewicht zerteilt wurde**. Ebenso ist davon die Rede, dass in alten Zeiten die Schärfe eines Schwertes geprüft wurde, indem man einen **Filzhut in einem fließenden** Gewässer auf die Klinge zutreiben ließ. Das Schwert war scharf, wenn es den Hut mühelos zerteilte. Heute kennt man z. B. bei Messern den sog. **Tomatentest**, der besagt, dass ein (Küchen-) Messer nicht mehr scharf ist, wenn es eine Tomate nicht mehr schneidet, sondern quetscht. Auch werden Klingen getestet, indem man mit ihnen **frei gehaltenes Papier schneidet** wie z. B. in der nebenstehenden Abbildung.



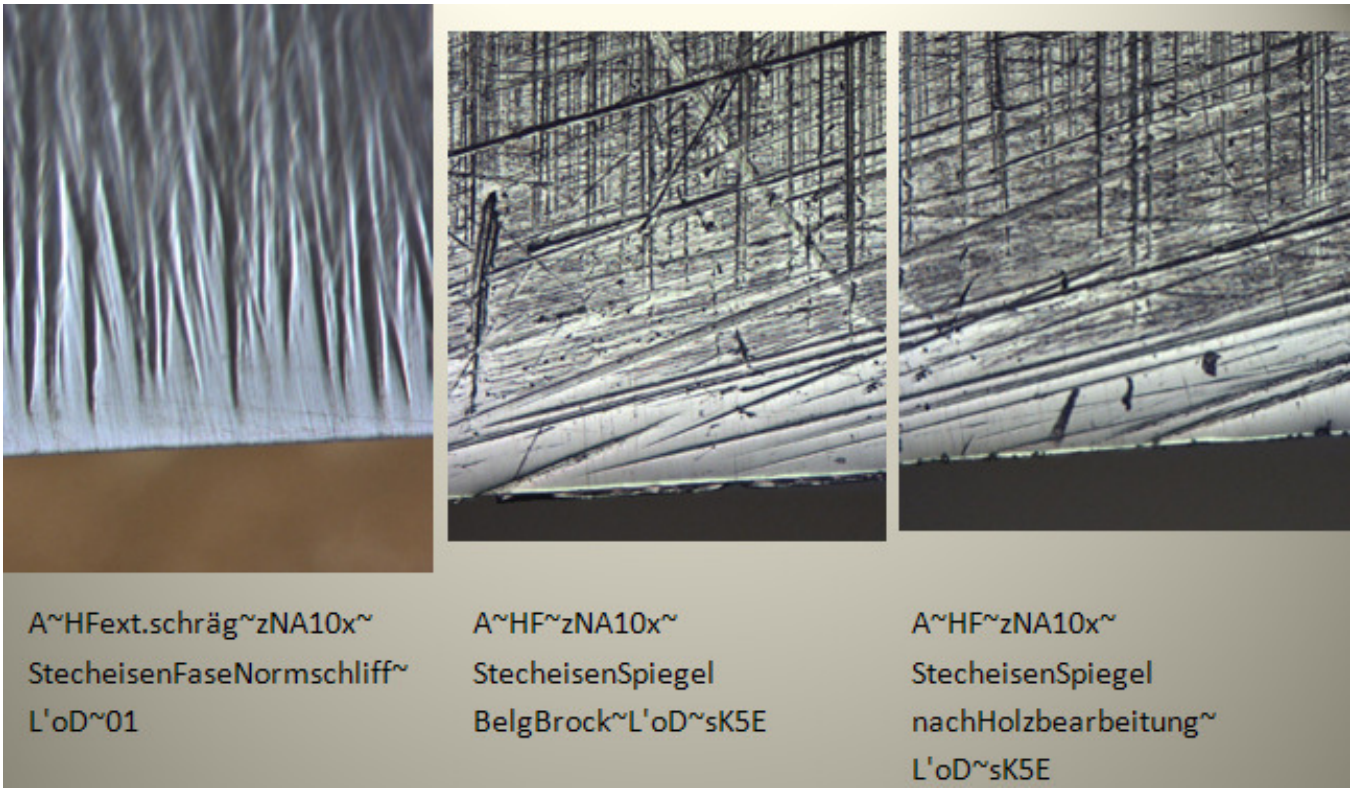
Alle diese Verfahren, ob sie nun real durchführbar sind oder nicht **führen nicht zu vergleichbaren Ergebnissen**:

Es gibt Tomaten mit unterschiedlich harter Haut und ein Koch, der das Messer mehr durch die Tomate zieht als drückt erzielt erheblich andere Schnittergebnisse. Auch beim Papier gibt es unendlich viele Unterschiede. Die Bewegung des Messers, die Haltung des Papiers, die Winkelstellung des Messers, die Papiersorte sind Parameter, die alle das Ergebnis mit bestimmen.

In der Abbildung wurde der Papierschneidetest mit einem Schweizer Taschenmesser durchgeführt, das auf dem Tormek Supergrind-Stein vorgeschliffen und auf der mit Tormek-Paste behandelten Lederscheibe abgezogen sowie kurz auf der Leinenscheibe nachpoliert wurde.



Die nebenstehende Abbildung zeigt die Struktur dieser Schneide unter dem Mikroskop mit 10-fachem Objektiv! Man erkennt, dass die Schneide eine sägeförmig gezackte Form hat.



a/ b/ c/

in der obigen Abbildung sieht man die Schneidenstruktur eines normal scharfen Stecheisens, das kurz nachgeschliffen und poliert wurde: a/ nach Normschliff mit Tormek (Stein u. Leder), b/ nach Feinschliff auf dem belgischen Brocken bildete sich ein feiner Grat. Dennoch war die Bearbeitung eines Fichtenholzes einwandfrei möglich (nachfolgende Abbildung). c/ nach der Holzbearbeitung ist der feine Grat verschwunden.

Die bearbeitete Holzprobe zeigt, dass mit dem oben beschriebenen Stecheisen eine glatte Abspanung des Holzes möglich ist, der feine Grat also zu keiner erkennbaren Beeinträchtigung führt. (Die leichten Unregelmäßigkeiten sind darauf zurückzuführen, dass das Stecheisen freihand über das Holz geführt wurde.)

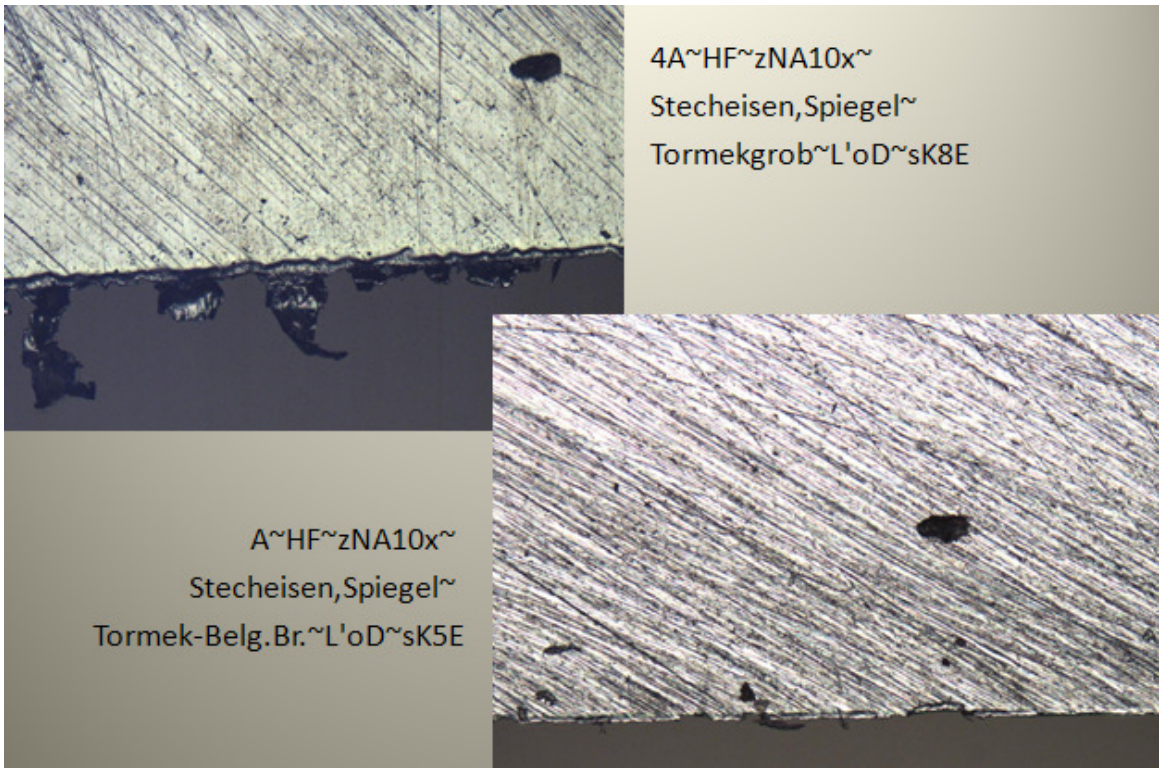
Die folgenden Bilder zeigen die Schneide eines Stecheisens, das komplett neu geschliffen wurde.

a/ Stecheisen-Spiegel nach Schliff auf dem Tormek-SuperGrind-Stein (grober Grat),

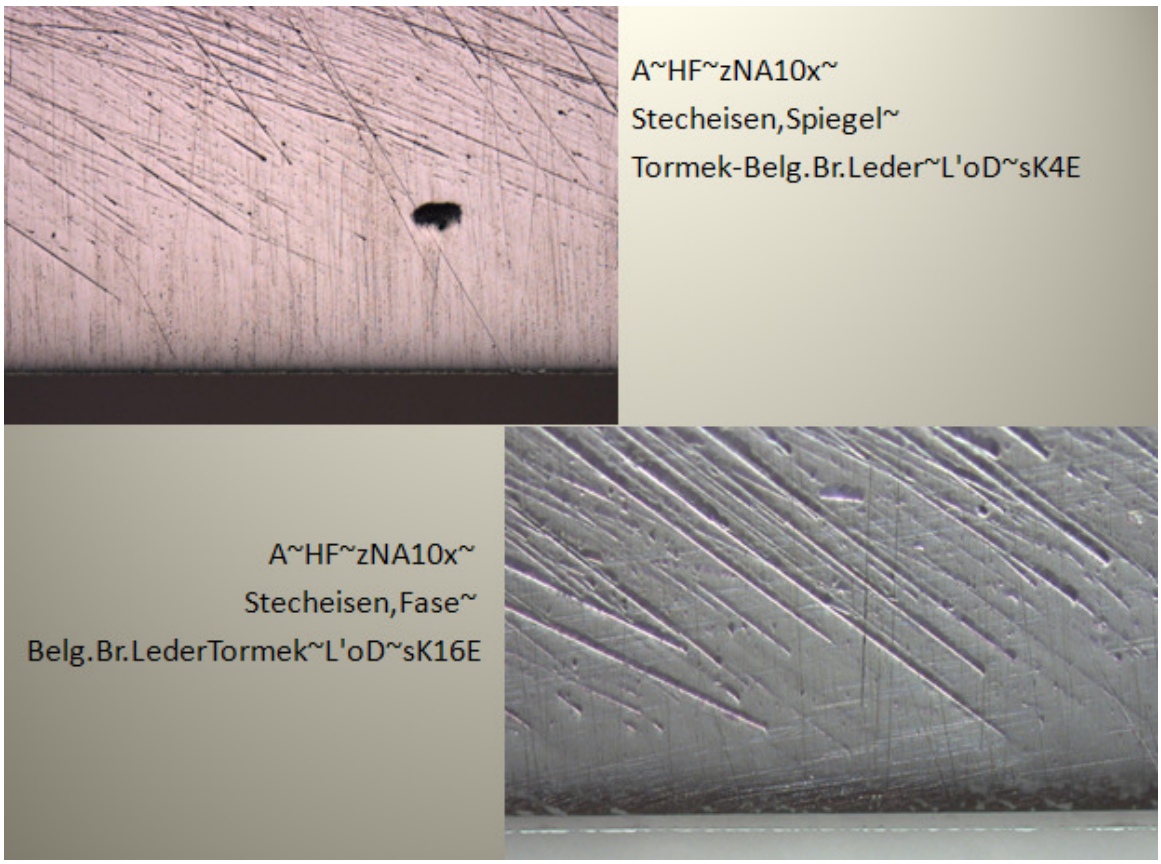
b/ Stecheisen-Spiegel nach Feinschliff auf dem Belgischen Brocken (feiner Grat),

c/ Stecheisen-Spiegel nach Abziehen auf der Tormek-Lederscheibe (kein Grat mehr),

d/ Stecheisen-Fase ebenfalls nach Abziehen auf der Tormek-Lederscheibe (kein Grat mehr),



a/ b/



c/ d/

Diese Schneide wirkt nach der Lederbehandlung sehr sauber und gratfrei.

Zusammenfassend kann man sagen: Man kann mit der Tormek-Methode bereits sehr feine und gleichmäßige Schneiden herstellen. Je nach Anwendungsbereich kann man aber auch mit Schneiden, die unter dem Mikroskop noch einen feinen Grat oder gar eine unregelmäßige Sägestruktur aufweisen, brauchbare Schnittergebnisse erzielen.

Wie nun kann man die Schärfe einer Klinge bestimmen?

Wenn die Schärfe einer Klinge **vergleichbar** und möglichst **in einem Zahlenwert ausdrückbar** bestimmt werden soll, muss die Schneide in einer Testanordnung überprüft werden, in der möglichst **wenige Parameter** eine Rolle spielen.

Parameter, die beim Schneidevorgang eine Rolle spielen:

1. Form der Schneide,
2. Beschaffenheit des Schnittmaterials,
3. Druck der Schneide auf das Material,
4. Winkel der Schneide,
5. Geschwindigkeit beim Auftreffen der Schneide auf das Schnittgut

Von den hier vorgestellten Parametern fällt der erste, die Form der Schneide heraus, weil die Schneide selbst gemessen wird.

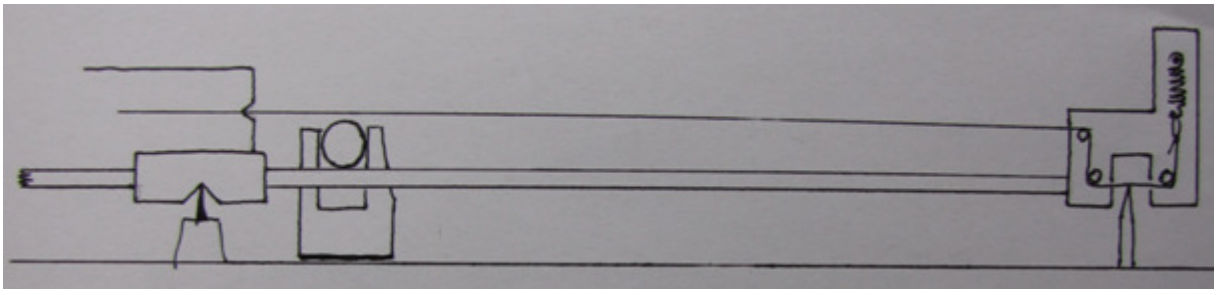
2. Die Beschaffenheit des Schnittmaterials muss bei jeder Schnittprobe gleich sein.

3. Der **Druck der Schneide auf das Material** sollte als **einziger variabler Messparameter** zum Einsatz kommen.

4. Der Winkel der Schneide sollte immer 90° betragen. Jeder andere Winkel würde bedeuten, dass die Schneide beim Schnitt eine seitliche Bewegung vollführt und damit eine zusätzliche Messvariable zur Wirkung kommt. (Mit dem Winkel der Schneide ist hier die sog. Deklination gemeint! Der Neigungswinkel der Klinge, die sog. Inklination, muss selbstverständlich zur Erzielung vergleichbarer Messergebnisse immer exakt bei 0° liegen!)

5. Die Geschwindigkeit der Schneide beim Auftreffen auf das Schnittgut sollte gegen 0 tendieren, also keine Rolle spielen.

Aus diesen Vorgaben entwickele ich zunächst folgende Konstruktion:



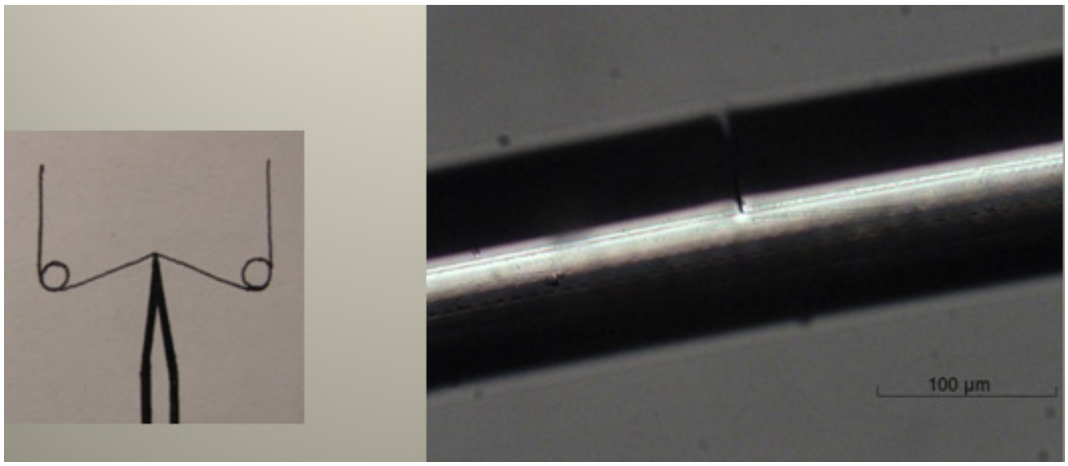
Auf einem **Waagebalken** wird ein **Poyamidfaden** definierter Stärke (0,12mm) über Holzpflöcke geführt gespannt und bei ausgeglichener Waageposition über der zu messenden Klinge positioniert.

Durch **Verschieben einer Kugel** auf dem Waagebalken, kann der Druck, mit dem der gespannte Faden auf die Klinge einwirkt kontinuierlich erhöht werden. In dem Moment, in dem der Faden durchschnitten wird, kann

mittels der erreichten Schiebeposition der Kugel auf einer Skala abgelesen werden, bei welchem Druck der Schnitt erfolgte.

Dabei zeigt sich, dass wenn die Messung mit 0g Druck begonnen wird, der Faden bei der anfänglichen Gewichtserhöhung erst ein paar mal auf der Klinge tanzt. Durch dieses **Tanzen** kommt der **Faktor Geschwindigkeit**, der ausgeschaltet werden soll, unerwünscht hinzu und kann das Messergebnis verfälschen. Um diesen Fehler auszuschließen, wird der Faden mit einem **definierten Anfangsgewicht** (~0,7g) **sanft auf die Klinge aufgelegt**.

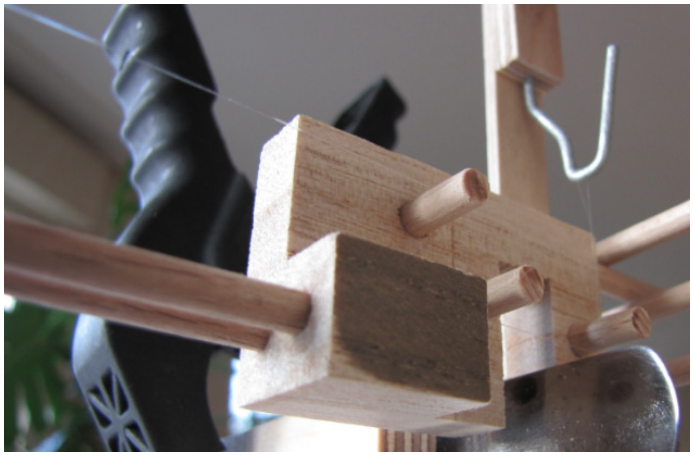
Ferner zeigt sich, dass der Poyamidfaden bei geringer Spannung dazu neigt, sich auf der Klinge halb durchgeschnitten festzuklemmen (siehe Abbildung!).

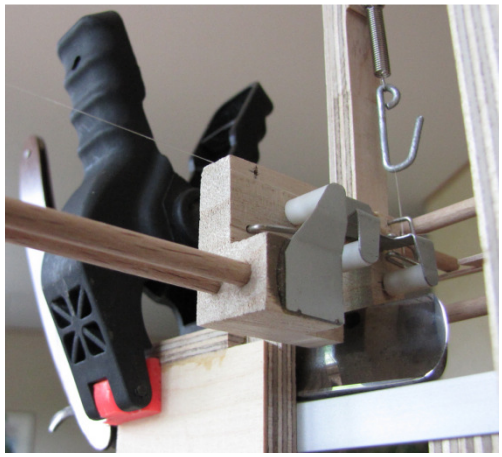


Also sollte die Spannung des Polyamid-Fadens einen höheren Wert haben. Zugleich ist klar, dass dieser Wert kontrolliert gleich sein muss, um nicht zu variierenden Messergebnissen bei gleicher Klingenschärfe zu kommen.

Die neue Konstruktion des Messgerätes sieht wie folgt aus:

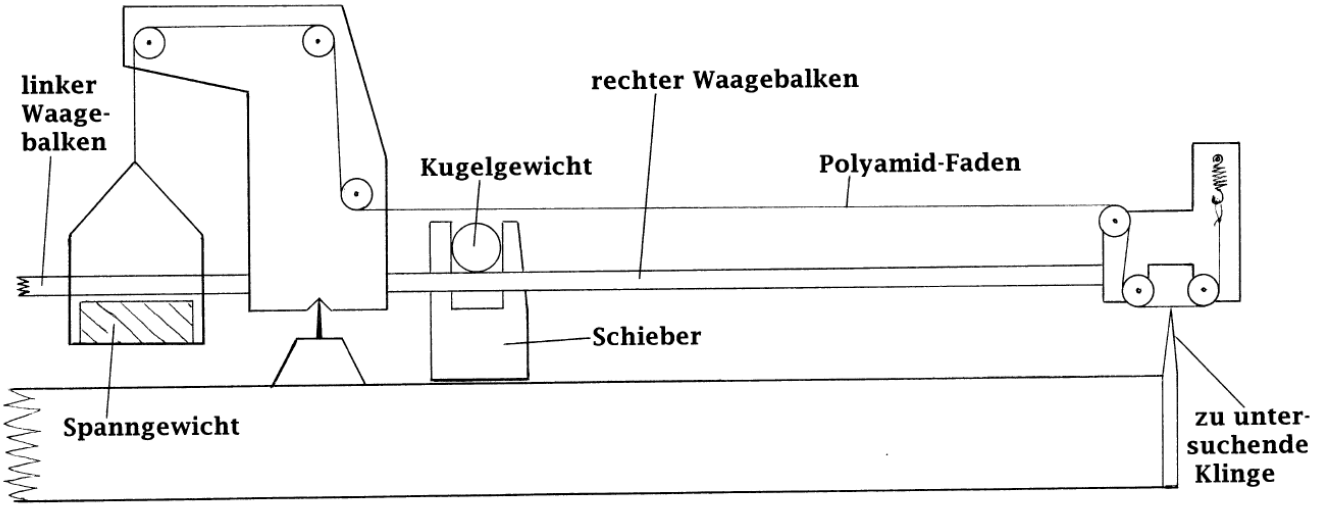
Der Polyamid-Faden wird wie bisher an einer Feder (auf die man streng genommen auch verzichten könnte) aufgehängt, sodann aber statt über einfache Holzpflöcke (linkes Bild), über leicht gängige Rollen (rechtes Bild)

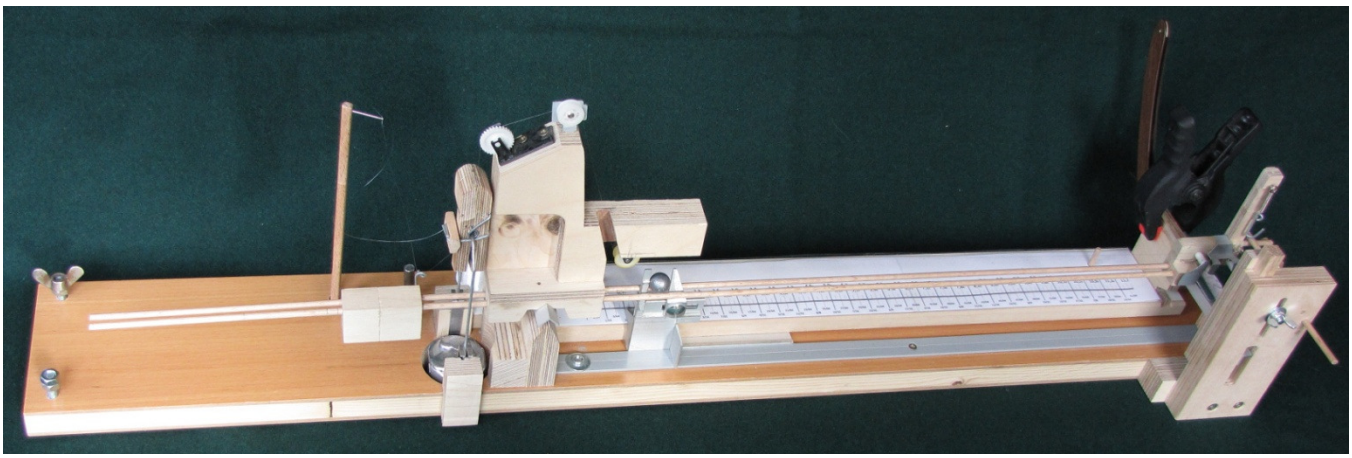




zu einem definierten Gewicht hingeführt, das jenseits der Waagenmitte liegt und dadurch nicht nur für eine kontinuierlich gleiche Spannung des Polyamid-Fadens sorgt, sondern gleichzeitig auch als Kontergewicht in die Ausbalancierung des Waagebalkens mit einbezogen ist.

Diese Konstruktion ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt. Der linke Waagebalken benötigt noch ein in der Zeichnung nicht gezeigtes Schiebgewicht, mit dessen Hilfe die Tarierung des Systems vorgenommen werden kann. Dieses Schiebegewicht kann man auf dem nachfolgenden Foto der Messapparatur

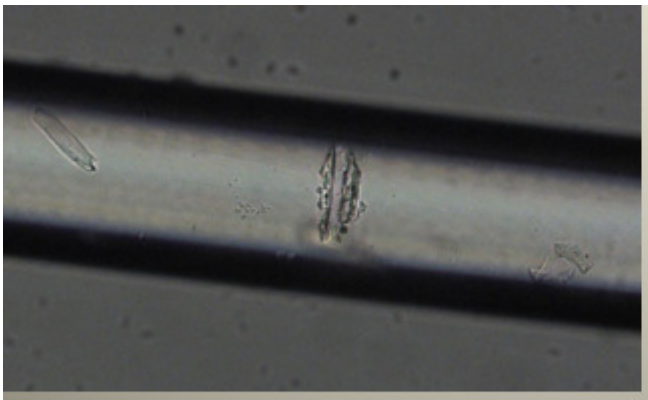




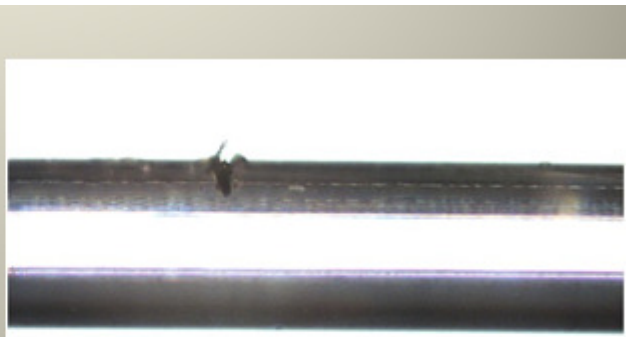
erkennen:

Weitere Versuche mit der verbesserten Apparatur mit dem stärker gespannten P-Faden zeigen, dass Klingen, die nicht wirklich scharf sind, den Faden auch bei längerer Belastung nicht schneiden, allenfalls leicht verletzen.

Auf den beiden folgenden Abbildungen sieht man die Spuren, die relativ stumpfe Klingen nach längerer Belastung (in einem Fall nach über eine Stunde, in dem 2. Fall sogar nach über 24h) auf dem Polyamid-Faden hinterlassen haben.



D~HF~zNA20x~
Polyamid-FadenEuromex~W'mD~01



D~HF~zNA20x~
Polyamid-FadenKosmos~L'oD~K2Ey

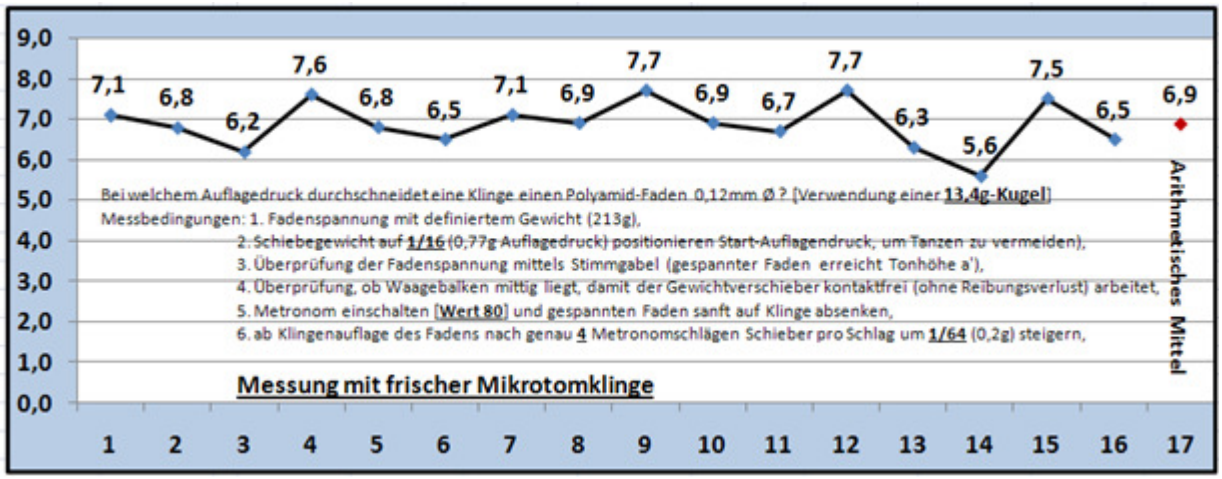
Andererseits zeigt sich bei scharfen Klingen, dass diese **ab einem bestimmten Auflagedruck langsam durch den Polyamid-Faden wandern**. Mit anderen Worten: Bei geringem Gewicht brauchen die Klingen mehr Zeit zum Durchschneiden.

Hier kommt der **Zeitfaktor als weiterer Messparameter** hinzu!

Also muss die Dauer, mit der die zu messende Schneide auf den Faden einwirkt in die Messung mit einbezogen werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Metronoms. Ich wähle als Taktwert 80 Schläge pro Minute. Nach dem sanften Auflegen des Fadens auf die Klinge bei dem oben genannten Anfangsgewicht von 0,7g lasse ich 4 Metronomschäge verstreichen. Sodann schiebe ich den Schieber mit dem Kugelgewicht pro Metronomschlag um 1/64 der Messskala weiter (1/64 entspricht ca. 0,2g).

Von mehreren durchgeführten Mess-Serien an einzelnen Klingen lasse ich die Ergebnisse zweier Beispiele folgen:

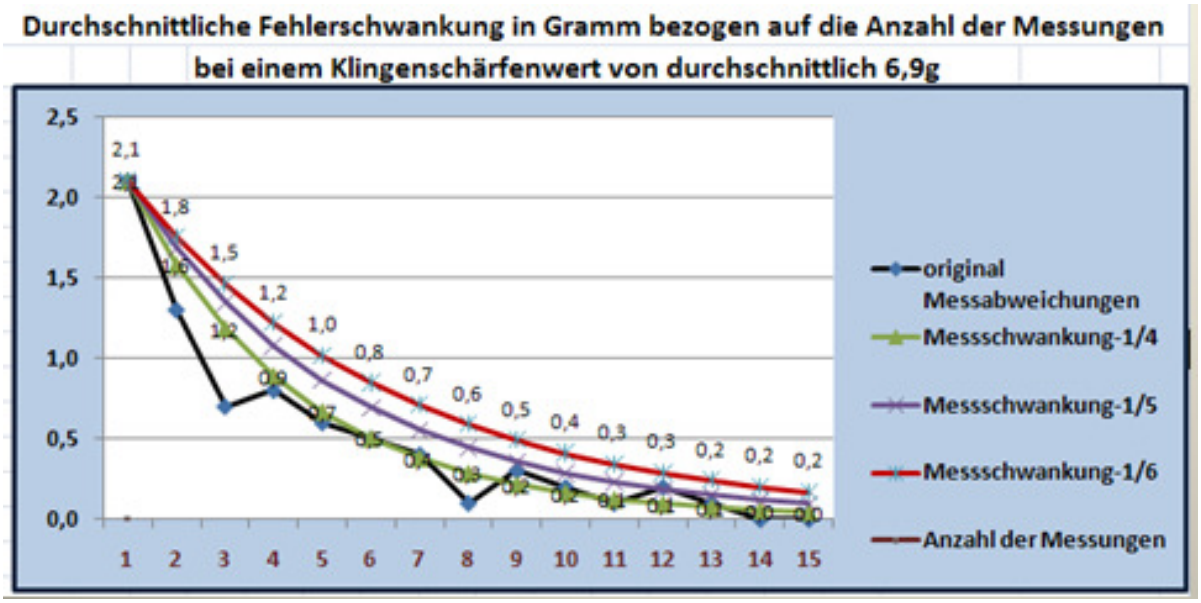
1. Messungen an einer frischen Mikrotomklinge der Fa. Leica:



Die Ergebnisse schwanken mit einer Breite von 2,1g (also ca. plus/minus 1,05g) um den Mittelwert 6,9g.

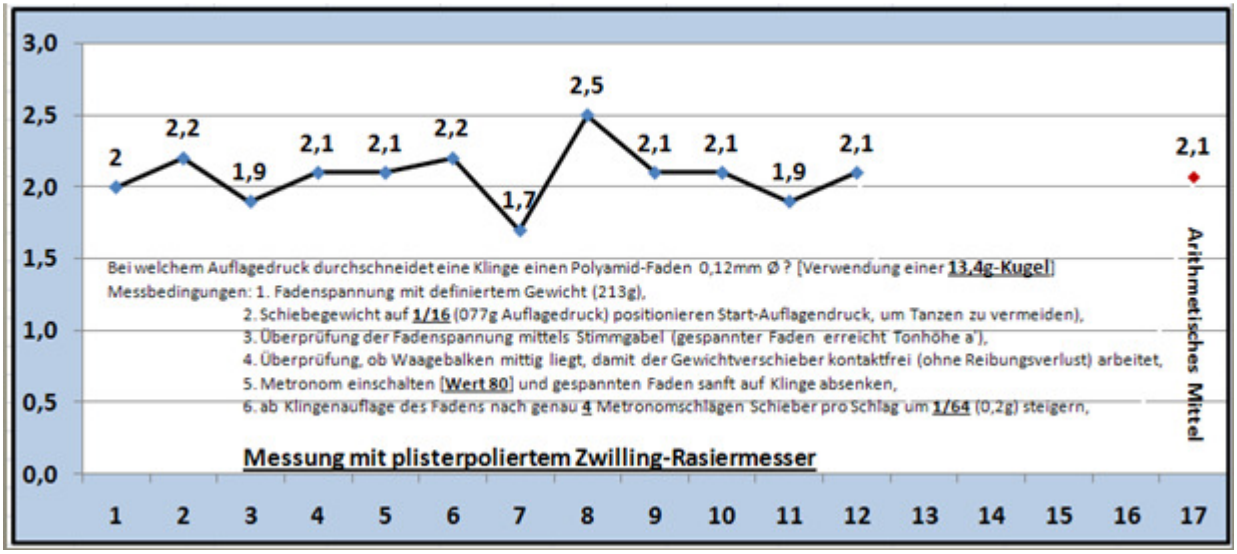
Diese Messungenauigkeit verringert sich natürlich mit der Anzahl der Messungen.

Die nachfolgende Grafik zeigt, in welchem Maße die Messgenauigkeit mit der Anzahl der Messungen zunimmt, und dass diese Zunahme der Messgenauigkeit der Funktionskurve einer geometrischen Reihe entspricht also mit dieser rechnerisch erfasst werden kann:



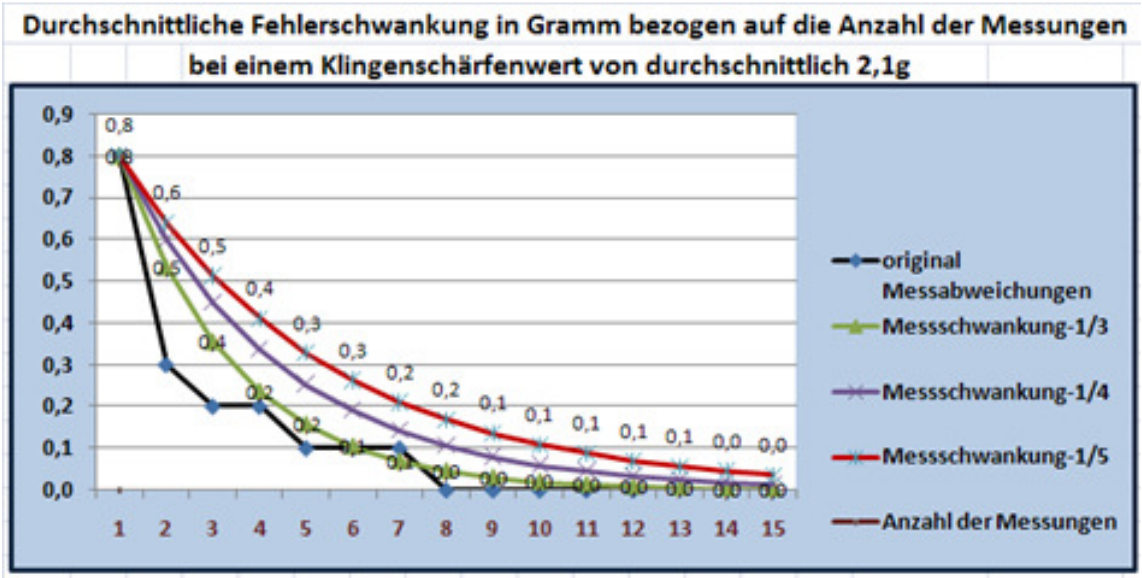
Die Messabweichung bezogen auf die Anzahl der Messungen lässt sich mit der Formel $a_{(k)}=a_{(1)}*(z-1/z)^{k-1}$ beschreiben. Dabei ist a die Schwankungsbreite der Messabweichung, k steht für die Anzahl der Messungen und z ist der Nenner des Quotienten. In der obigen Grafik sind die Kurven für die Quotienten 1/4 (grün), 1/5 (lila) und 1/6 (rot) dargestellt. Man erkennt, dass der Kurvenverlauf des Quotienten 1/5 die Messschwankung großzügig erfasst. Im Grunde würde sogar der Kurvenverlauf des Quotienten ¼ den gemessenen Abweichungen erheblich entsprechen.

2. Messungen an einem plißterpolierten Karbonstahl-Rasiermesser.



Die Messergebnisse bei der Karbonstahlklinge zeigen, dass sie deutlich schärfer ist. Durchschnittlich schneidet sie bei **2,1g**. Die Messschwankung ist mit 0,8g deutlich geringer.

Man darf annehmen, dass **die Messchwankung mit zunehmender Schärfe einer Klinge abnimmt!** Dieser Trend war auch bei anderen Messversuchen zu beobachten.



Hier kann man eine Abweichungskurve verwenden, die mit dem Wert 3 für den Nenner des Quotienten arbeitet.

Da die Messabweichung offensichtlich mit zunehmender Klingenschärfe deutlich abnimmt, kann man für **verschiedene Schärfebereiche** entsprechend **unterschiedliche Fehlerschwankungen** zugrunde legen.

Ich habe sie für **3 Bereiche** (2-3,9g/4-5,9g/6-7,9g) entsprechend der Messergebnisse zugeteilt, wobei der mittlere Schärfebereich von 4-5,9g als zwischen den beiden anderen Bereichen stehend angenommen ist.

Mess-folge	Messwert in Gramm	Arithm. Mittel in g	Fehlerschwankung in g bei Mittelwert: 2-3,9	4-5,9	6-7,9
	Formelquotient:		2/3	3/4	4/5
1.			0,8	1,7	2,5
2.			0,5	1,3	2,0
3.			0,4	1,0	1,6
4.			0,2	0,7	1,3
5.			0,2	0,5	1,0
6.			0,1	0,4	0,8
7.			0,1	0,3	0,7
8.			0,0	0,2	0,5

Es macht Sinn, in einem Messprotokollbogen die Fehlerschwankungen für die verschiedenen Messbereiche entsprechend zu vermerken (siehe nebenstehende Abbildung!).

Es geht ja nur darum, aufgrund der Anzahl der gemachten Messungen die Messgenauigkeit abschätzen zu können, wobei ich daran erinnere, dass hier mit Fehlerschwankung die Breite des Korridors gemeint ist, in dem die Messungen schwanken. Wenn man die Fehlerschwankung als plus-minus-Wert angeben möchte, muss man den halben Wert zugrunde legen.

Welche Ursachen kommen für Messabweichungen infrage?

Der Polyamidfaden selbst ist sehr gleichmäßig verarbeitet und dürfte der Schneide einen überall gleichmäßigen Widerstand entgegensetzen.

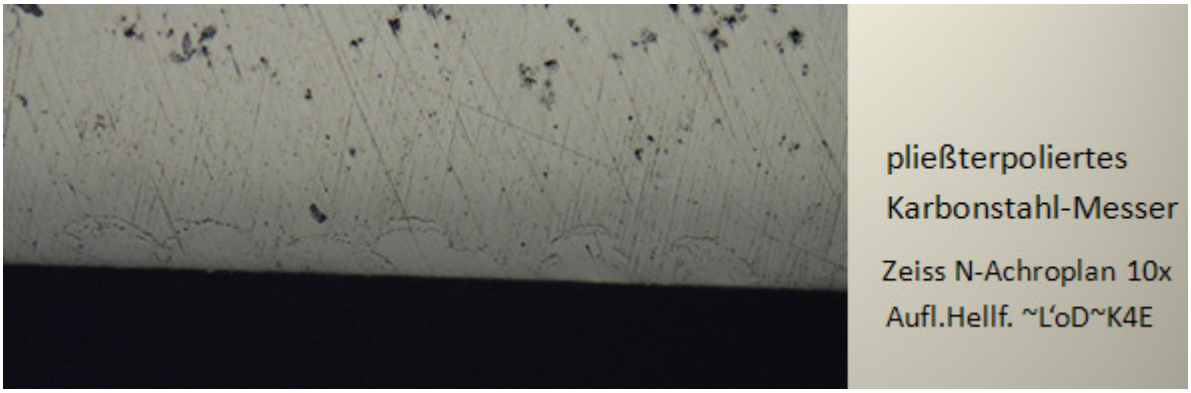
Die Spannung des Polyamidfadens wird durch das konstante Gewicht und die leichtgängigen Rollen relativ gut auf den gesamten Faden übertragen.

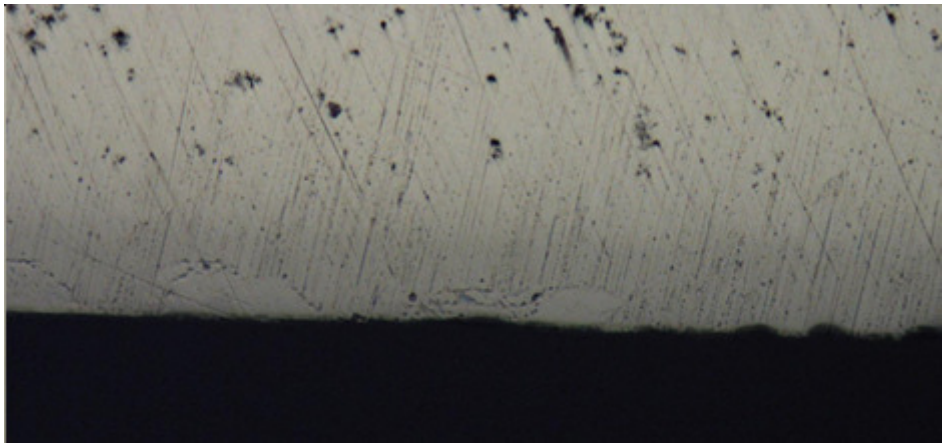
Das **Auflagegewicht wird manuell verschoben**. Es kann sein, dass sich im zeitlichen Ablauf leichte Unterschiede ergeben (ruckartiges oder weniger ruckartiges Schieben etc.), die die Messung beeinflussen.

Das **sanfte Auflegen des Fadens** dürfte eigentlich kaum zu Fehlern führen.

Ein ganz wesentlicher Faktor dürfte allerdings die **Beschaffenheit der Schneide** selbst sein, die u.U. nicht an allen Stellen gleich scharf ist (siehe Fotos!).

Dies konnte ich durch einen glücklichen Zufall an dem Karbonstahl-Rasiermesser unter dem Mikroskop beobachten. Bei der Messwert-Serie, die um den Wert 2,1g schwankte, war ein Messwert mit 3,8g extrem aus dem Rahmen gefallen, so dass ich vermutete, beim Einspannen des Fadens oder anderswo einen Fehler gemacht zu haben, der zu dieser unerklärlichen Abweichung geführt hatte. Ich nahm den Wert daher aus der Mess-Serie heraus. Als ich daraufhin die Klinge unter dem Mikroskop kontrolliere, stellt sich heraus, dass die Stellen, an denen der Polyamid-Faden zerschnitten wurde sichtbar waren, da die Fäden in dem Kamelienöl, mit dem die Klinge eingerieben war, deutliche Spuren hinterlassen hatten (siehe Fotos!).





Auf dem zweiten Foto erkennt man im mittleren und rechten Bereich der Klinge Scharten, und man erkennt, dass im mittleren Bereich mindestens eine Spur eines Fadens genau im Bereich einer Scharte liegt. An dieser Stelle kann eigentlich nur der deutlich schlechtere Messwert entstanden sein.
Die Ursache für die variierenden Messergebnisse muss daher m.E. primär darin gesehen werden, dass die Schärfe einer Klinge nie völlig homogen ist, sondern mehr oder weniger feine Schwankungen hat. Wenn man also das arithmetische Mittel von Messwerten zugrunde legt, so ist dominant die durchschnittliche Schärfe einer Schneide gemeint und weniger die Kompensation möglicher Messfehler!

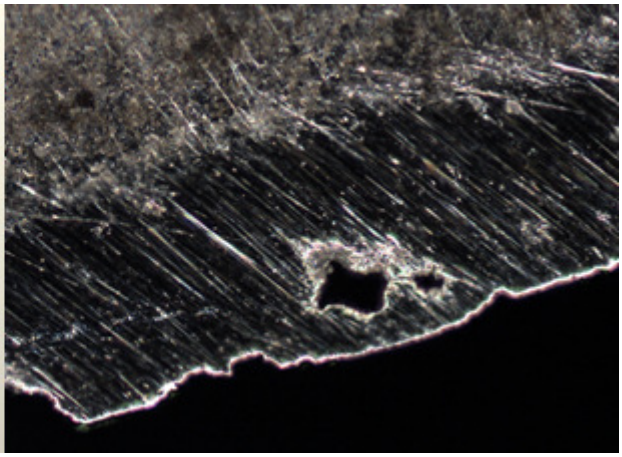
b/ Schleifproben (Schleifversuche mit 5 verschiedenen Messern):

1a. Zwilling-Rasiermesser 1. Durchgang: Die ersten Schleifversuche mache ich mit einem Karbonstahl-Rasiermesser der Marke Zwilling, das lange Jahre unbenutzt herumgelegen hatte. In der nachfolgenden Abbildung sieht man die mit Rostlöchern übersähte Klinge und deren unregelmäßig mit Scharten geformte Schneide .

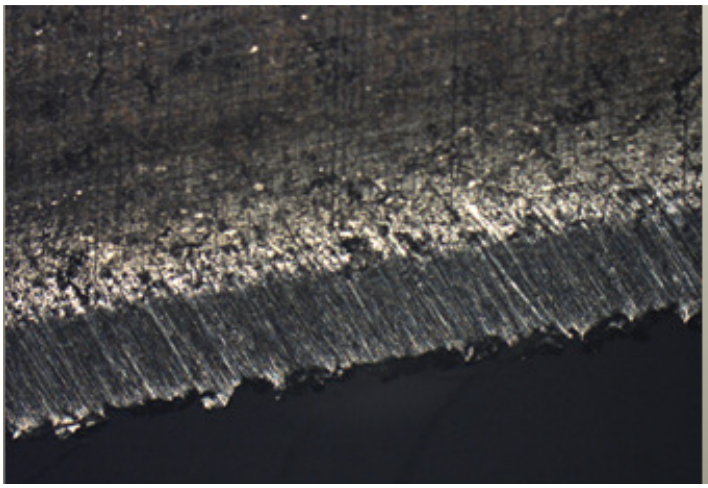
Aus Respekt vor dem Rasiermesser - ich hatte zuvor nur Erfahrung im Schleifen von Hobelmessern und Stecheisen - versuche ich zunächst mit einem feinen Korn zu schleifen. Nach 60 Schleifzügen auf dem grauen Brocken (Korn 6000) zeigt sich unter dem Mikroskop, dass ein gröberer Stein für den Grundschliff notwendig ist. Es würde viel zu lange dauern, die großen Rostlöcher und Scharten wegzuschleifen.

Messer nach 60 Schleifzügen auf dem grauen Brocken (Korn 6000):

05A~DF~zEC20x~Zwilling, längs, nach60gr6000~K6E



Bereits nach 10 Schleifzügen auf dem Shapton-Keramikstein (Korn 500) nimmt die Fase Fasson an.



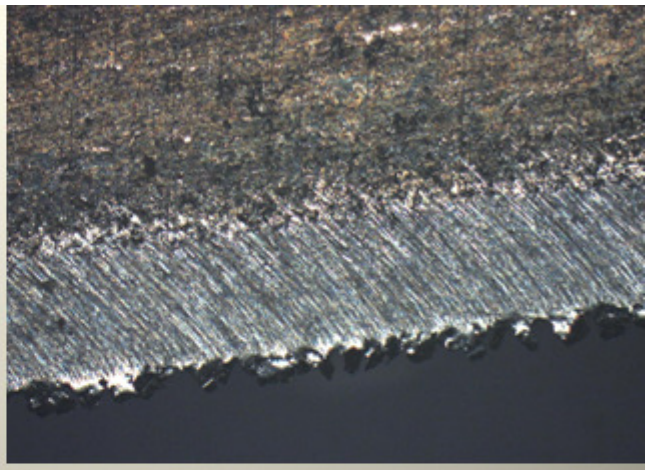
Messer nach 10 Schleif-zügen auf dem Shapton-Keramikstein (Korn 500)

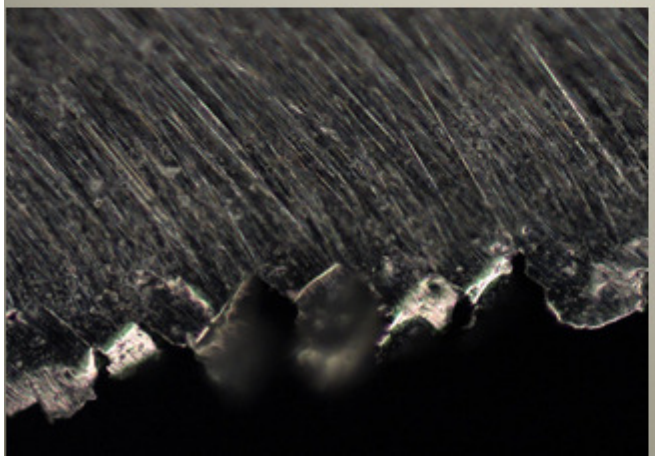
06A~HF~zNA5x~Zwilling, längs,nach10Sh500~K3E

Nach insgesamt 40 Schleifzügen auf dem 500er-Shapton ist die Fase auf ganzer Länge zusammen mit einem

Messer nach 40 Schleifzügen auf dem Shapton-Keramikstein (Korn 500)

08A~HF~zNA5x~Zwilling,längs, nach40Sh500~K4E

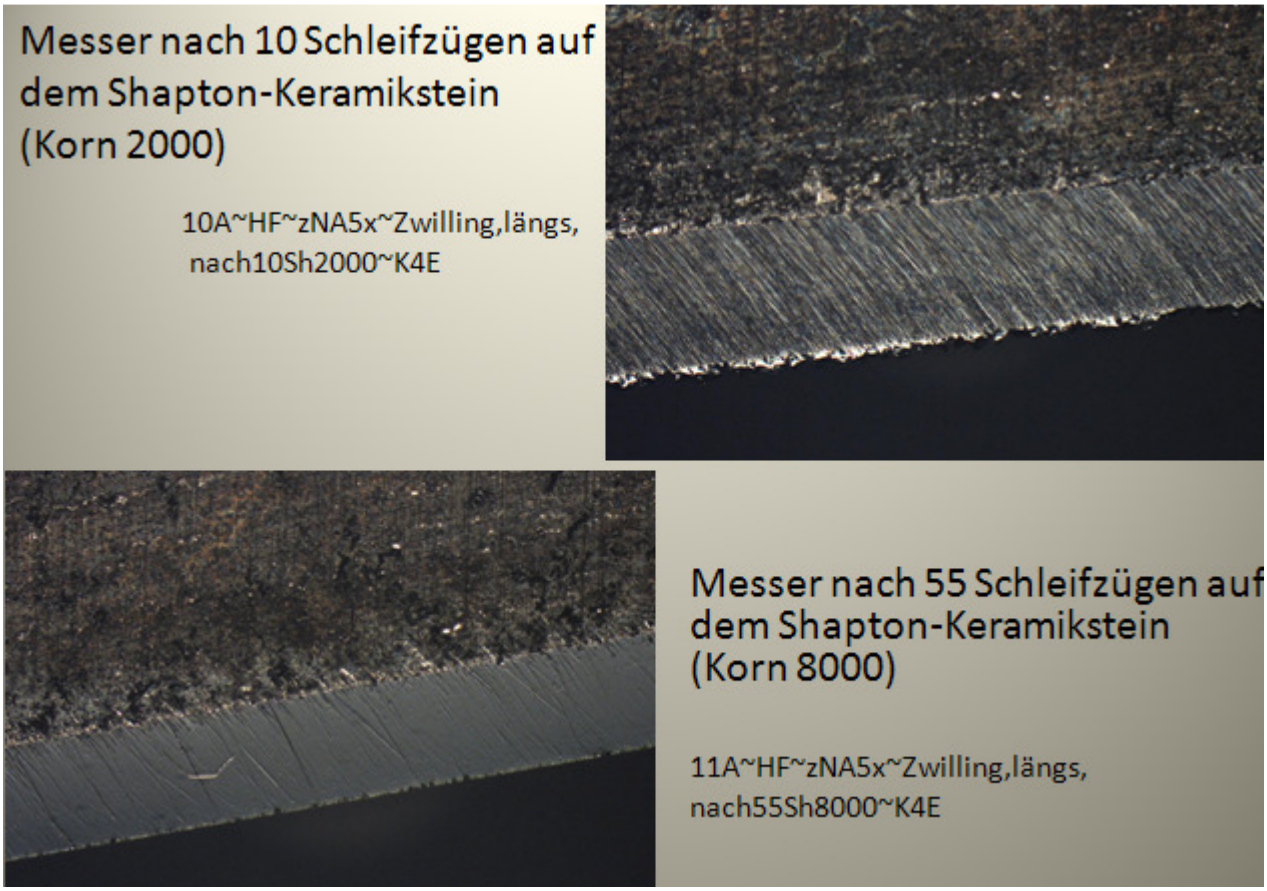




09A~DF~zEC20x~Zwilling,längs, nach40Sh500~K6E

groben Grat voll ausgebildet.

Nach weiteren Schleifzügen auf dem 2000er und 8000er-Stein zeigt sich unter dem Mikroskop, wie die ursprünglich groben Schleifspuren geglättet werden.

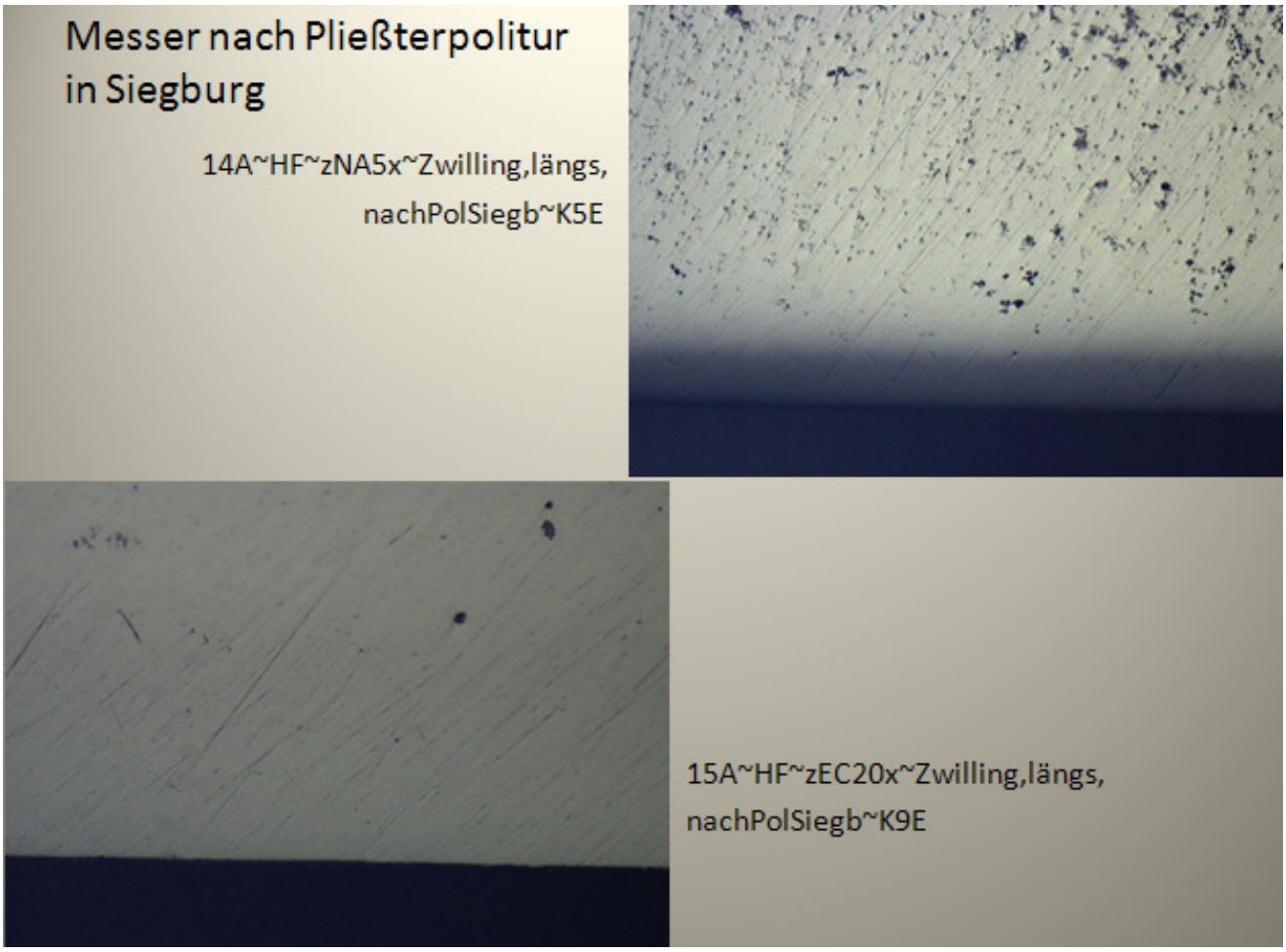


Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man noch kleine Unregelmäßigkeiten und Scharten in der Schneide, die

sich nach Abziehen auf dem mit grüner Paste behandelten Leder verringern.

Ich bin mit meinem Ergebnis noch nicht zufrieden und zeige es in Siegburg einem professionell ausgebildeten Messerschleifer. Er poliert das Messer auf einer Pließterscheibe, einer aus vielen Leinentüchern zusammengesteppten Polierscheibe vergleichbar der in diesem Artikel auf Seite 11 vorgestellten Leinenscheibe.

Das Aussehen der Klinge nach dieser Behandlung unter dem Mikroskop zeigen die folgenden beiden Fotos.

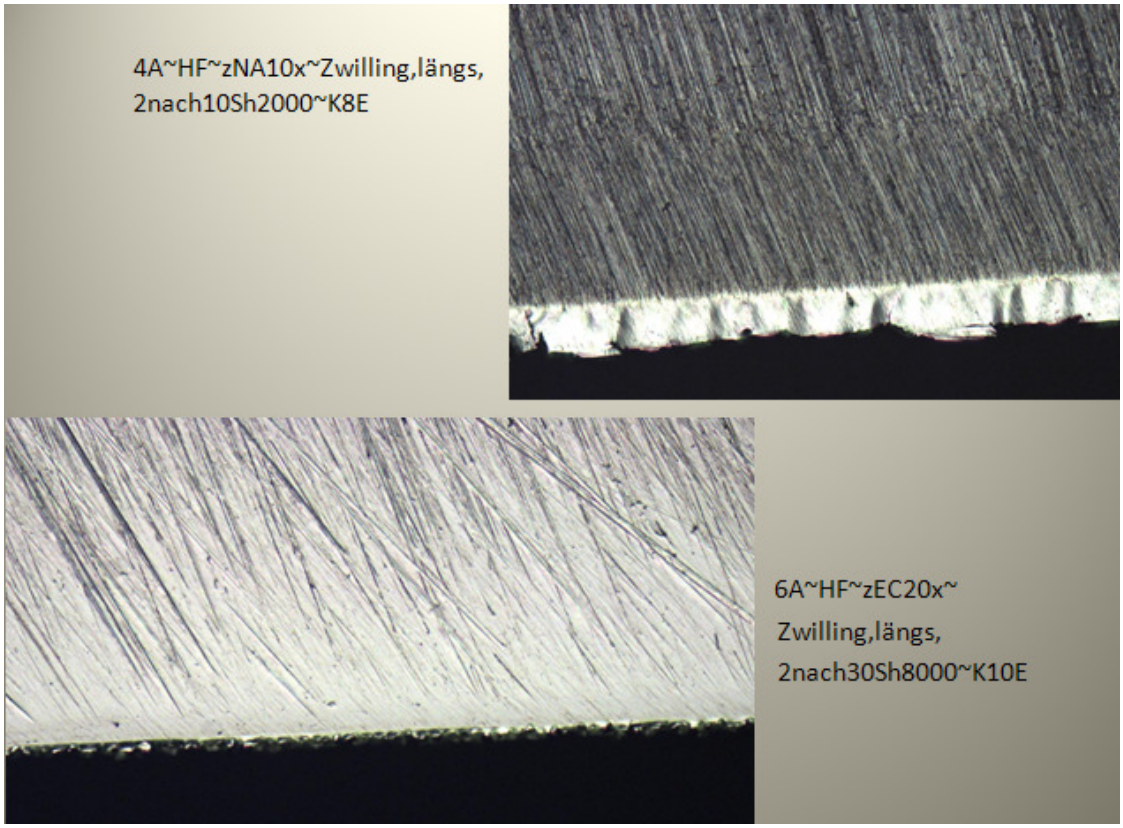


Man erkennt, dass die ursprünglich deutlich abgekantete Wate durch das Polieren gerundet wurde und nur noch durch den Schattenwurf erkennbar ist. Ferner wurde die gesamte Fläche poliert. Die vorherigen Rostlöcher sind fast vollständig verschwunden. Die Schneidenkante wirkt sehr gerade und gleichmäßig. Messungen der Schärfe dieser Klinge führten zu dem oben beschriebenen Ergebnis, das um den Mittelwert von 2,1g schwankt.

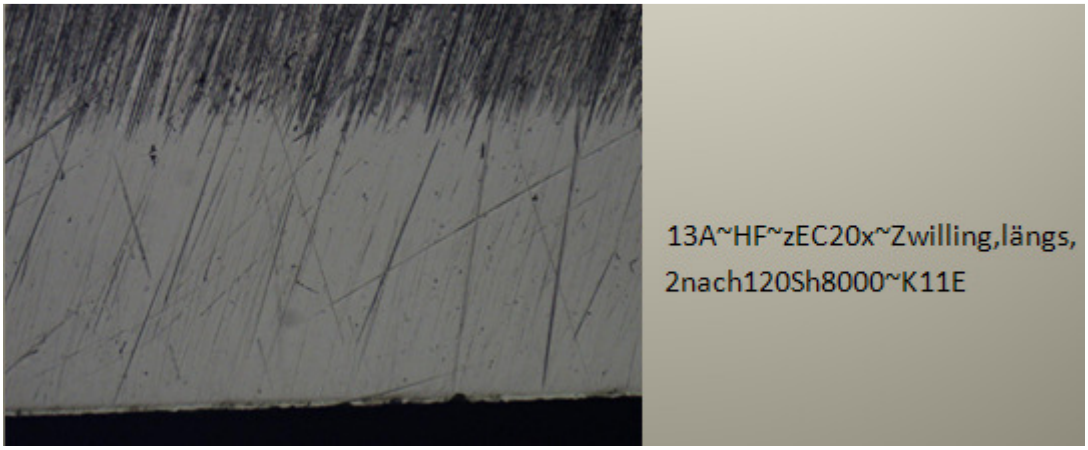
1b. Zwilling-Rasiermesser 2. Durchgang

Ermutigt durch den Erfolg der beim Zwilling-Messer erzielten Schärfe, entschließe ich mich, das Messer nochmals zu schleifen, um die unerwartet vorgefundenen kleinen Scharten zu beseitigen. Ich mache es kurz. Der Schleifvorgang war inzwischen Routine. Das Problem, dem ich mich zum Schluss gegenübersehe ist, dass es mir nicht gelingt, den Grat gleichmäßig auf der kompletten Schneidenlänge zu entfernen. Es war ein nervenaufreibendes Erlebnis, als wenn sich meine zuvor erreichten Ergebnisse nicht wiederholen ließen.

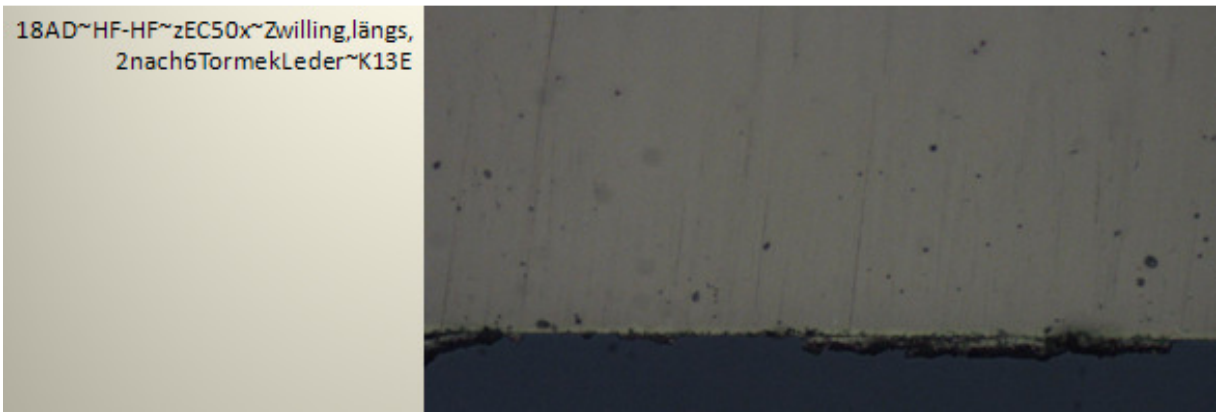
Die folgenden Bilder dokumentieren noch einmal die einzelnen Stationen dieser Bemühungen:



Man sieht nach der Behandlung mit dem 2000er-Stein einen noch sehr groben Grat, der sich nach dem Abziehen auf dem 8000er-Stein erheblich verfeinert hat.



Nach längerer Behandlung auf dem 8000er-Stein verfeinert sich der Grat zusehends, löst sich aber nicht ab.



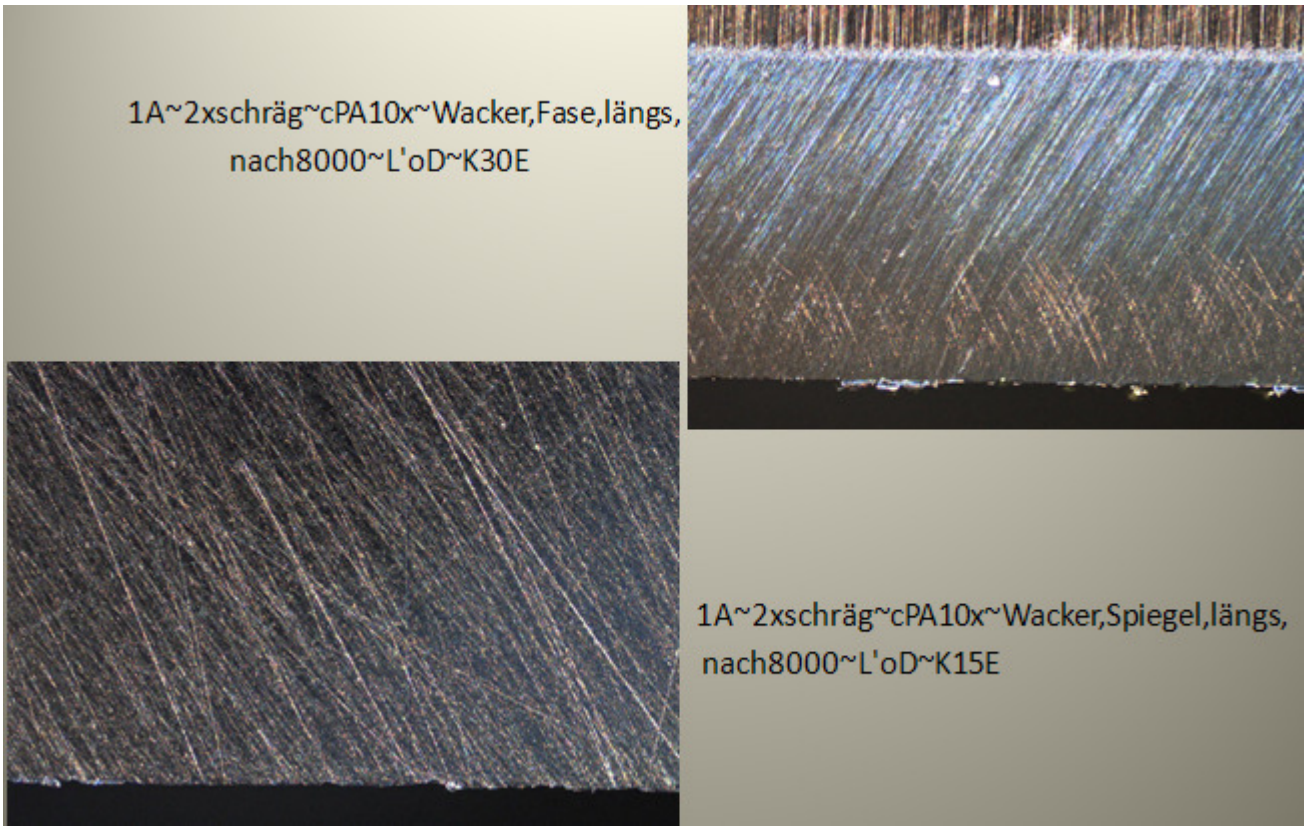
Nach Polieren auf der Tormek Lederscheibe (mit Tormek-Paste) löst sich der Grat teilweise ab und es scheint, als ob ein feiner Grat neu gebildet wird.

Nach weiterer Behandlung auf einem Shapton 16000er-Stein wird der Grat sehr gleichmäßig und fein, aber löst sich nicht ab.

Letzte Station ist wieder der Fachmann in Siegburg, dem ich das Messer erneut für die letzte Politur und zugleich Entgratung auf seiner Maschine anvertraue. Nach dieser Behandlung erreicht die Klinge beim Schärfetest einen duchschnittlichen Auslösungswert von **3,8g**. Das hat mich insofern getröstet, als offenbar auch ein Profi nicht jedesmal zu gleich guten Ergebnissen kommt.

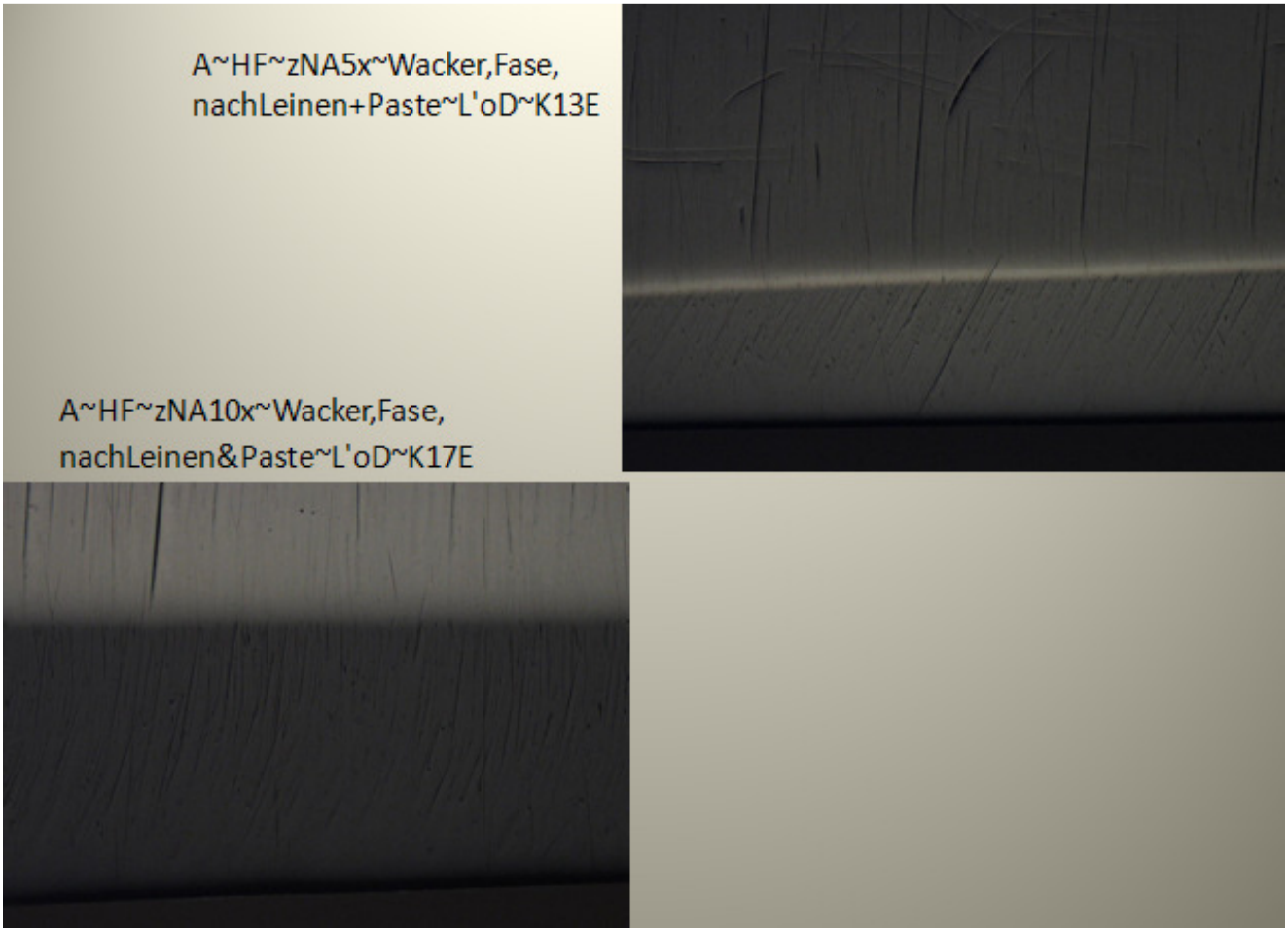
2. Versuche mit dem Wacker-Rasiermesser:

An dieses Messer hatte ich keine hohen Erwartungen gestellt, da es aus rostfreiem Stahl gefertigt ist. Der rostfreie Stahl bleibt auch nach dem 8000er Stein noch **verhältnismäßig rauh**, wie man auf den nachfolgenden Bildern erkennen kann: Beim Schleifen auf dem feinen Stein hat man das Gefühl, das der Stahl vom Stein nicht

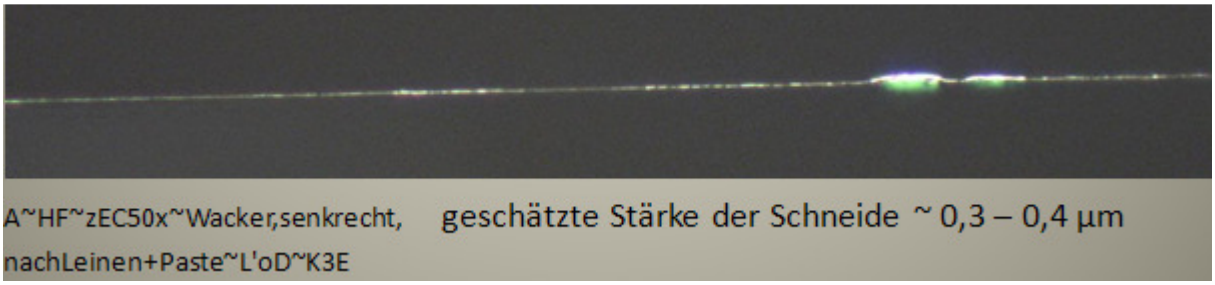


poliert wird.

Die große Überraschung ist dann, dass dieser relativ weiche Stahl sich auf der Leinenscheibe polieren und entgraten lässt. Auf dem Foto erkennt man, dass durch die Leinenpolitur die vorher kantig abgegrenzte Wate



verrundet wird, ein Phänomen, das schon bei dem Zwillingmesser aufgetreten war und das m.E. als U-Schliff einzustufen ist.

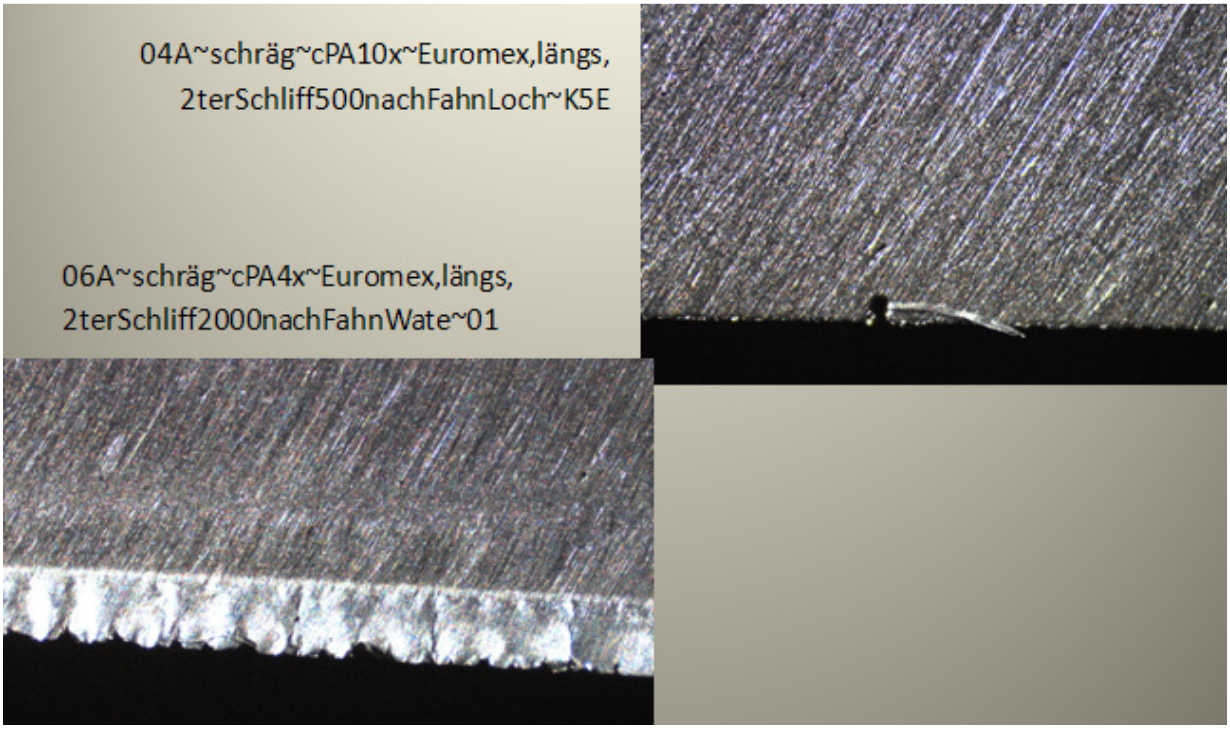


Ein Blick auf die Schneide zeigt, dass sie zwar sehr fein ist, aber auch leichte Eindellungen aufweist, die auf die Weichheit des Stahls hindeuten. Bei einem Harten Stahl würden sich statt dessen schartige Ausbrüche ergeben. Beim Schärfetest wird eine durchschnittliche Schärfe von **3,4g** erreicht, nach Abziehen auf dem blanken Leder von **2,5g**. Dies sind bemerkenswerte Ergebnisse. Zu erwarten ist allerdings, dass diese Schneide eine wahrscheinlich deutlich geringere Standzeit im Vergleich zu Karbonstahlklingen hat.

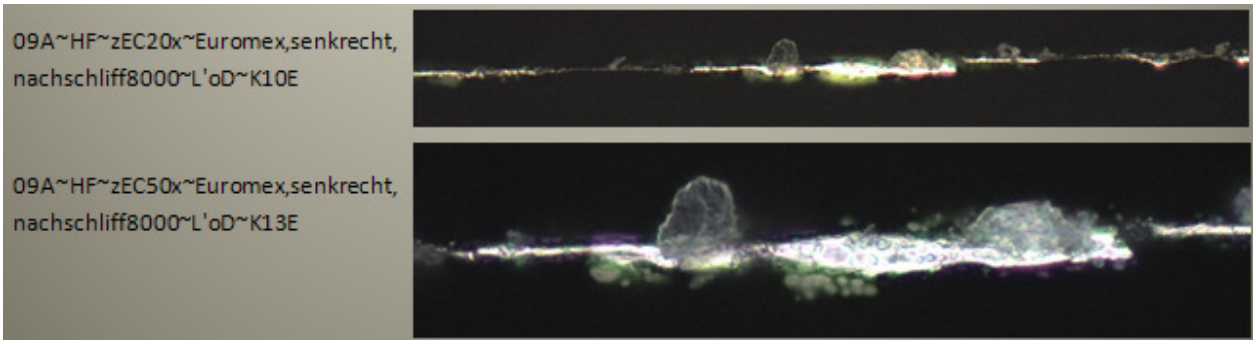
3. Versuche mit dem Euromex-Rasiermesser:

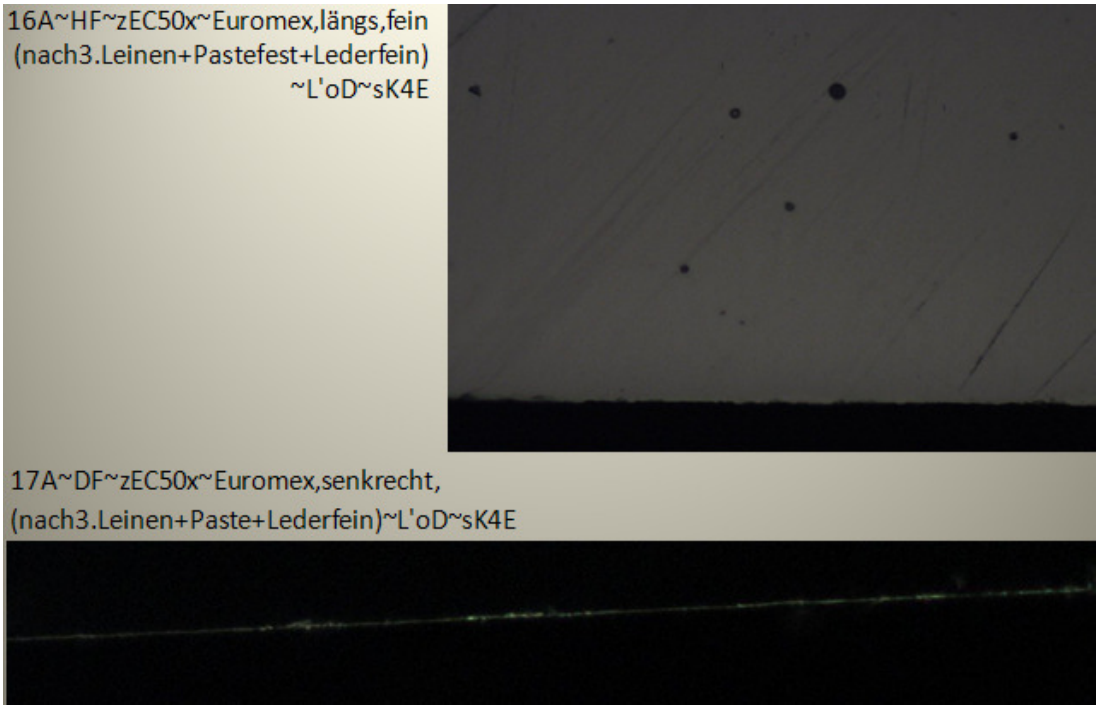
Ebenfalls ein Messer aus rostfreiem Stahl hat dieses Messer die Besonderheit, dass die gesamte Klinge in einem Winkel von nur ca. 7° geschliffen ist. Da es sich schon vom Kaufpreis her um ein sehr billiges Messer handelt, bei dem ein Verschleifen keinen hohen Verlust bedeutet, möchte ich versuchen, dieses Messer in diesem spitzen

Winkel von ca. 7° zu schleifen. Wieder bleibt die Oberfläche nach dem Steinschliff relativ rauh. Im Stahl finden sich immer wieder Löcher, was sicher auch als Zeichen einer minderen Stahlqualität gesehen werden kann.



An der Schneidenkante bildet sich ein deutlicher Grat. Beim Blick auf die Schneide kann man den Grat einducksvoll sehen.

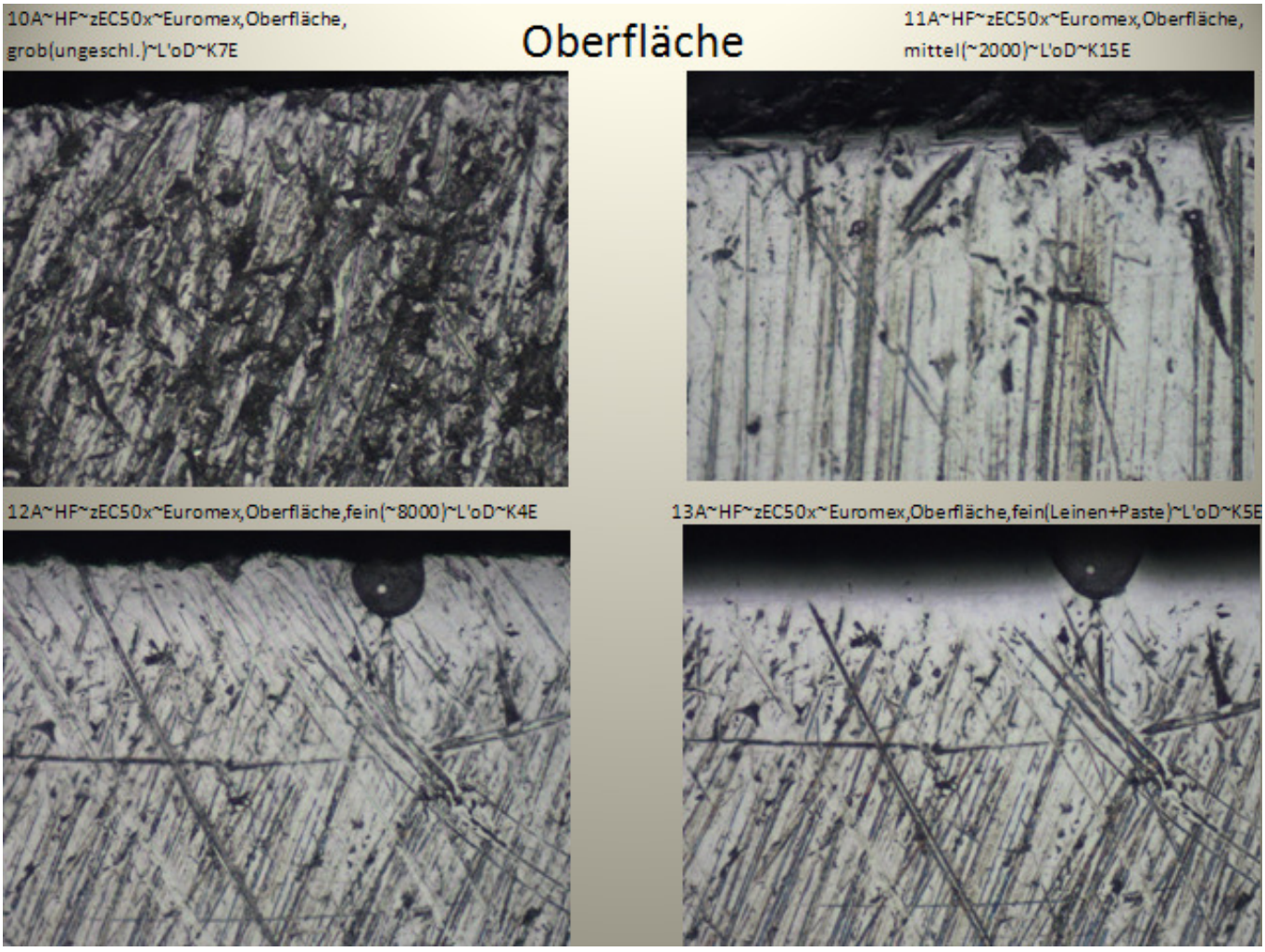




Nach einer längeren Politur auf der mit Paste behandelten Leinenscheibe und der Nachbehandlung auf dem feinen Lederriemen (ohne Paste!) gelingt es ähnlich wie beim Wackermesser, den Stahl zu polieren und einigermaßen zu

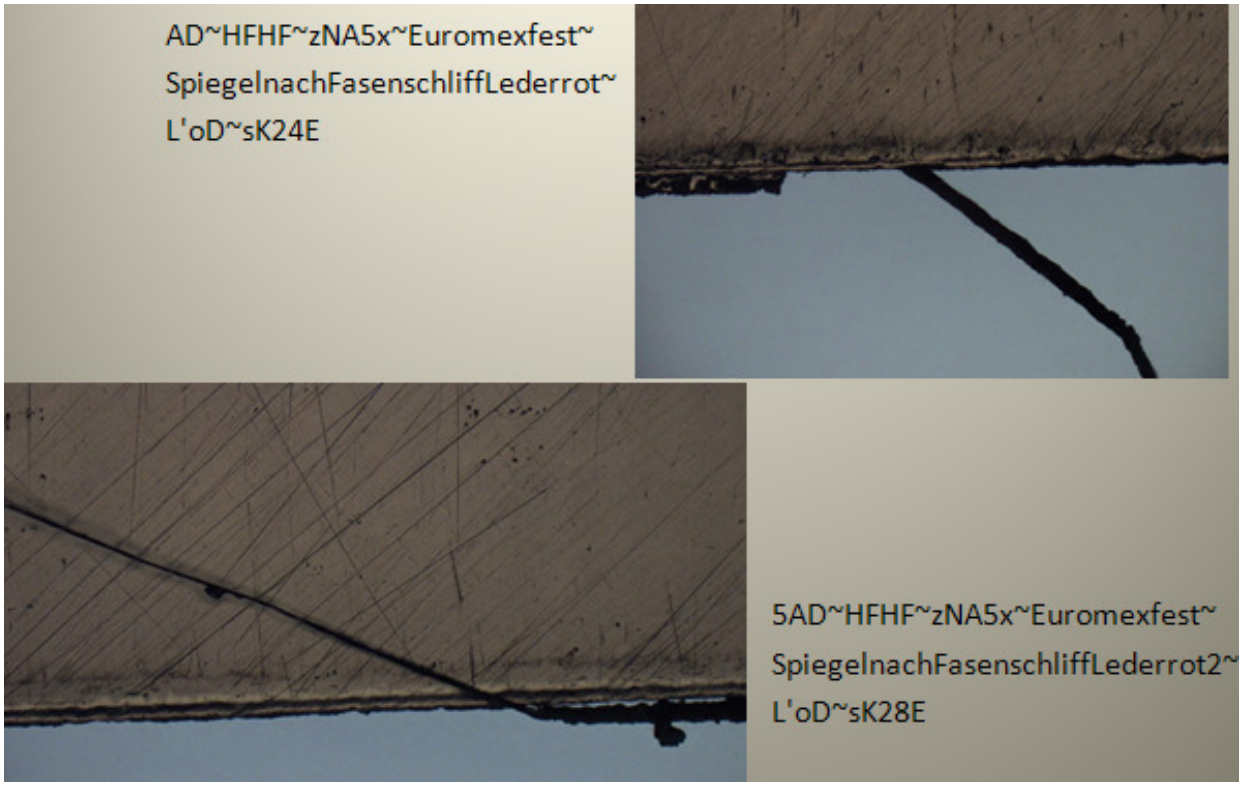
entgraten. Auf dem Foto sieht man sehr gut die Löcher im Stahl, aber auch die feine, gerade Schneide, die unter dem 50-fachen Objektiv eine leicht 'sägeförmige' Unregelmäßigkeit erkennen lässt:
Beim Schärfetest wird eine durchschnittliche Schärfe von **4,1g** erreicht, dabei kommt es zu sehr **unterschiedlichen Messwerten schwankend von 2,3g bis 7,0g**. Das deutet auf eine **unregelmäßig scharfe Schneide** hin, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den **extrem spitzen Schliffwinkel** zurückzuführen ist, der bei diesem rostfreien, weicheren Stahl sehr leicht zu **Verbiegungen** der Schneidenkante führen kann.

Oberflächenstruktur nach verschiedenen Schliffeinwirkungen: Auf den nachfolgenden Fotos ist die Oberflächenstruktur einer rostfreien Klinge nach verschiedenen Bearbeitungsphasen bei starker Vergrößerung gezeigt. 1. Bild ungeschliffene Fläche, 2. Bild nach Schliff mit dem 2000er-Stein, 3. Bild nach Schliff mit dem 8000er-Stein. (Man sieht, dass die feinen Steine den Stahl nicht polieren. Auf dem letzten Bild erkennt man, dass die Leinenscheibe mit der Polierwirkung besonders stark auf den schneidennahen Bereich einwirkt und hier die Stahlkante verrundet.

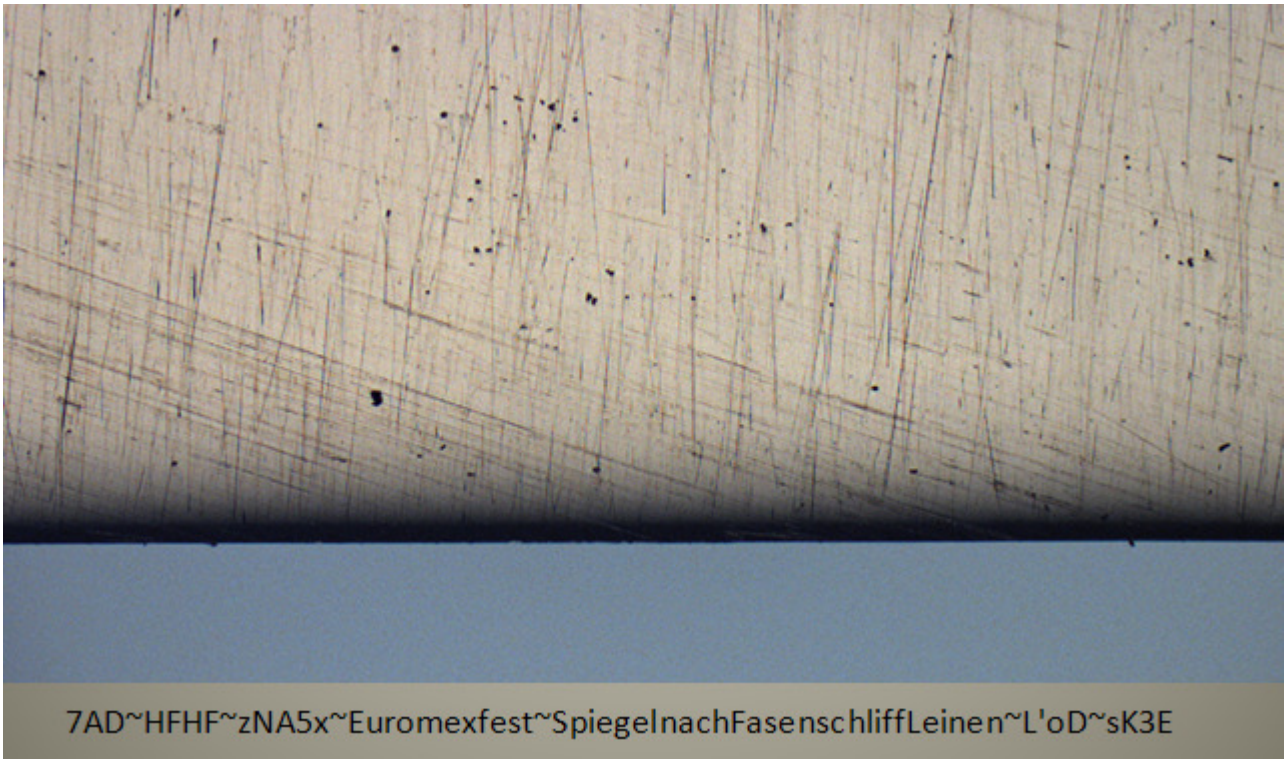


4. Versuche mit dem Euromex-Handmikrotom-Messer:

Nachdem das Messer nach einem relativ spitzwinkligen Schliff keine brauchbaren Schneide-Ergebnisse liefert, wird in einem 2. Durchgang eine Wate mit einem Größeren Winkel aufgeschliffen. Danach erweist sich der Versuch, den Grat durch Abziehen auf dem Leder zu entfernen, als sehr langwierig und anstrengend. Nach ca.



1,5 h auf der roten Seite (grobe Paste) beginnt der Grat sich zu lösen. Gleichzeitig erkennt man, dass sich ein neuer feiner Grat herausbildet. Es gelingt mir nicht, diesen feinen Grat zu entfernen.



Nach Bearbeitung mit der Leinenscheibe ist der Grad weg. Allerdings ist auf der Spiegelseite eine ballig gerundete Wate entstanden. Es gelingt zwar, mit dem Messer einige Haare auf dem Handrücken gegen den Strich abzurasieren. Aber ein Schärfetest zeigt: Die Klinge schneidet auch bei höchster Messlast nicht!

Fazit: Das Euromex Handmikrotom-Messer scheint sich für scharfe Schliffe weniger zu eignen!

Dies ist m.E. ein Beispiel dafür, dass die Leinenscheibe kein Allheilmittel ist. Der Stahl kann durch sie so verrundet werden, dass die Schneide stumpf wird. Inwieweit solche Ergebnisse vom Stahl abhängen oder von

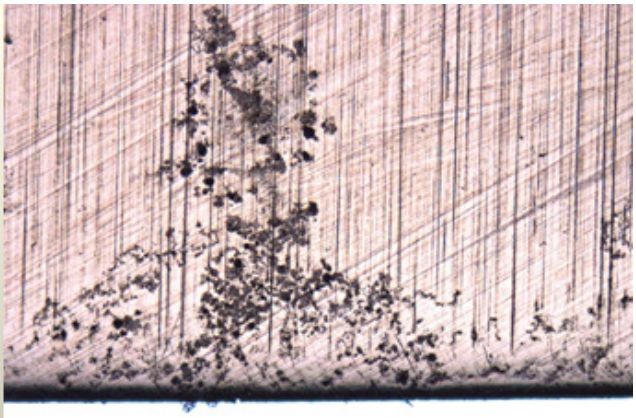
der Geschicklichkeit des Schleifenden (Winkel, Druck und Dauer beim Polieren sind entscheidend für das Ergebnissen!) muss ich hier offen lassen. Immerhin bin ich bei anderen Klingen mit der Leinenscheibe erfolgreich gewesen.

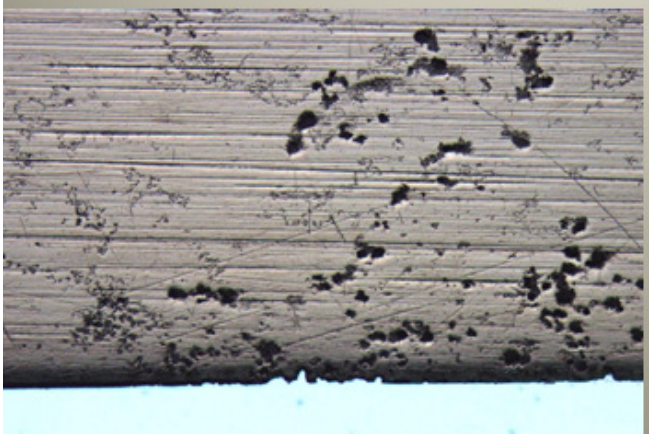
5. Versuche mit dem Kosmos-Rasiermesser:

Als letztes versuche ich ein Messer ohne den Einsatz der Leinenscheibe zu schärfen. Einmal um den balligen Effekt zu vermeiden, zum anderen um die Möglichkeit zu finden, unabhängig von der Leinenscheibe nur mit Stein und Leder zum Ziel zu kommen. Ich verwende hierfür ein **Rasiermesser**, dass ich vor Jahren von der Fa. Kosmos als Messer für Handmikrotomschnitte erworben hatte und das noch nicht geschliffen wurde. Das Messer erweckt den Anschein, als ob es rostfrei ist. Allerdings zeigen sich unter dem Mikroskop eindeutige Spuren von Rost. Demnach ein rostender Stahl.

Das Kosmos-Messer ist offenbar aus rostendem Stahl. Unter dem Mikroskop erkennt man Rostspuren!

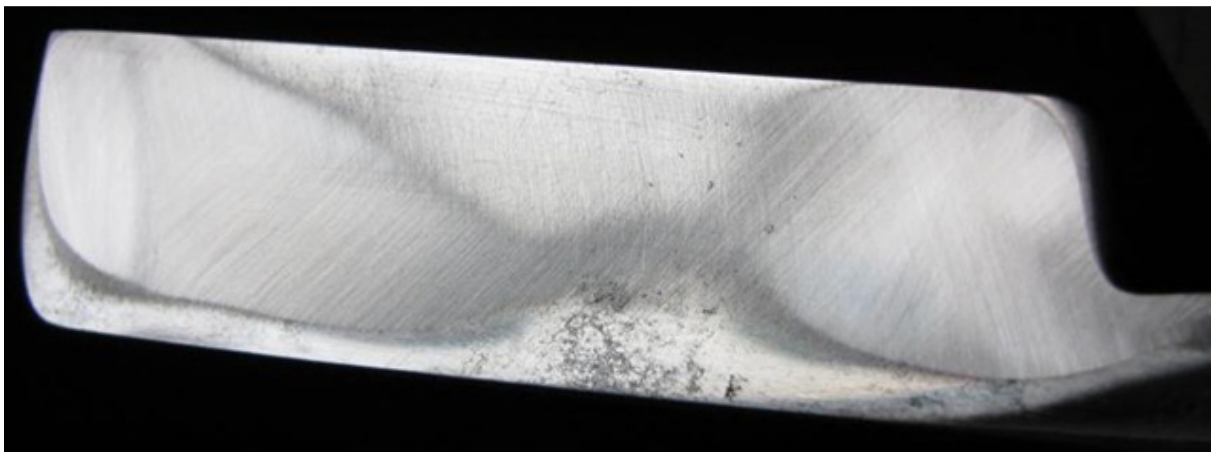
AD~HFHF~zNA10x~Kosm.Rasierm.,Fase~vorSchliff~L'oD~sK5E





AD~HFHF~zNA10x~Kosm. Rasierm.,Spiegel~vorSchliff~ L'oD~sK13E

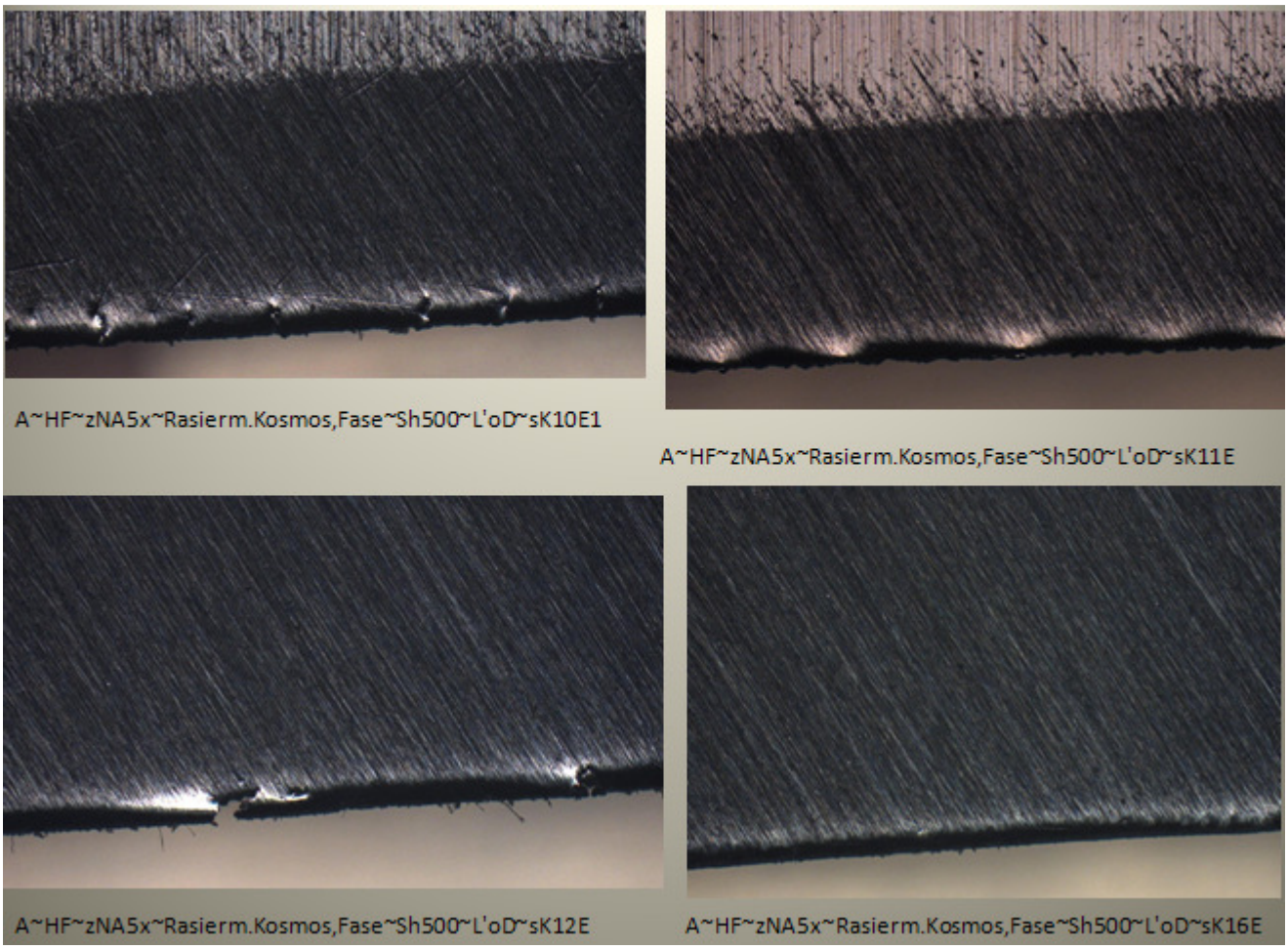
Zunächst muss bei diesem einseitig konkaven Messer der **Spiegel** geschliffen werden. Ich habe die Hoffnung,



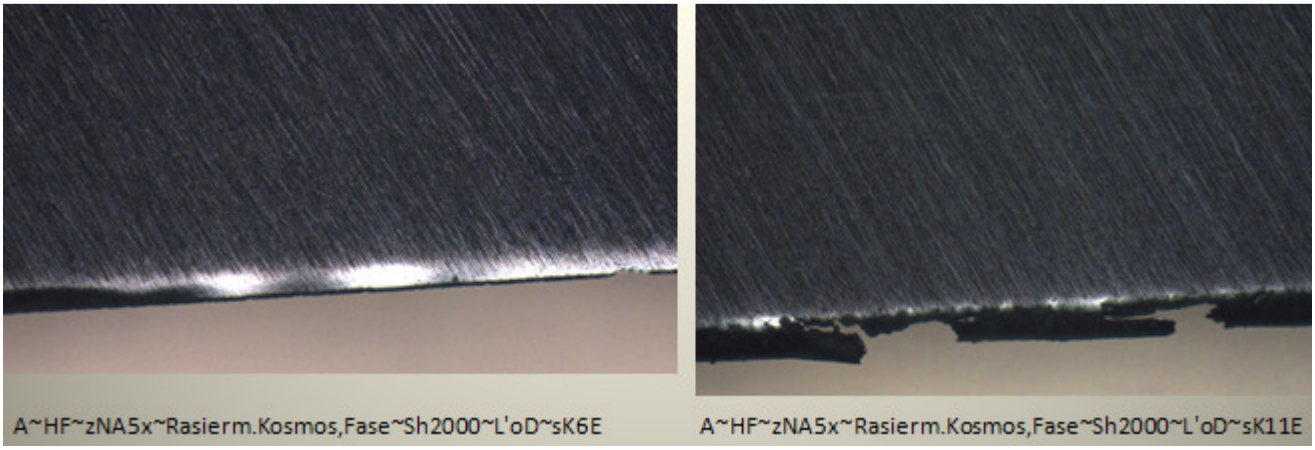
dass das Messer einigermaßen gerade ist und nicht allzu lange geschliffen werden muss. **Nach ca. 2 h sieht der Spiegel aus wie auf dem Foto**. Man erkennt, dass erhebliche Flächenteile vom Schliff noch nicht erfasst sind. Insgesamt braucht es zwischen **4 bis 5 h, bis der Spiegel komplett fertig geschliffen ist**. Es ist davon auszugehen, dass das Spiegelschleifen bei einem neuen, bzw. unbenutzten Messer regelhaft diese oder auch deutlich mehr Zeit in Anspruch nehmen kann.

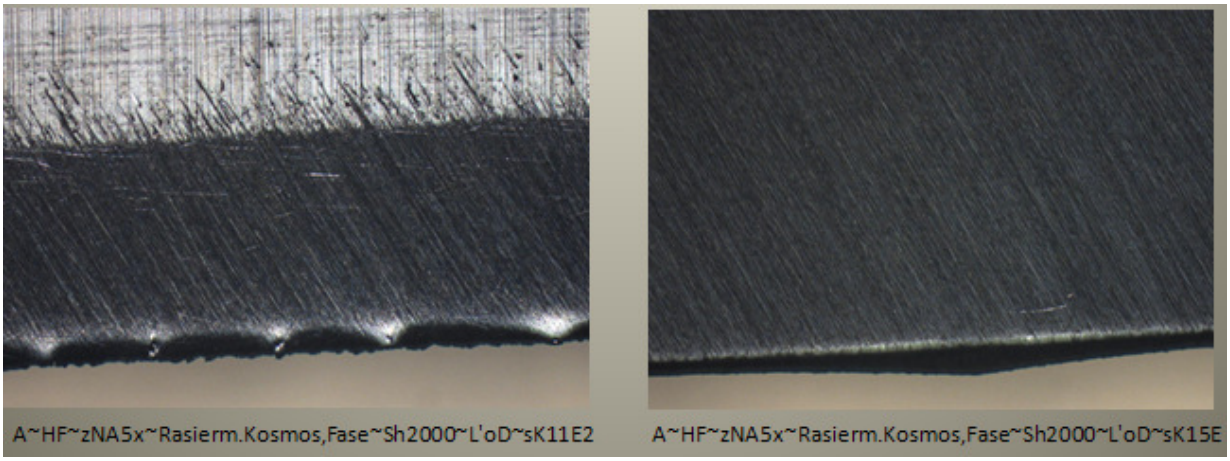
Auch die Bearbeitung der Fase braucht viel Zeit.

Zunächst erfolgt der Grundschliff auf dem 500er Stein. Der **Grat** ist unter dem Mikroskop z.T. **schwer erkennbar**. **Man erkennt keine Grenze, ab wo der Grat beginnt**. Hier einige Beispielbilder:

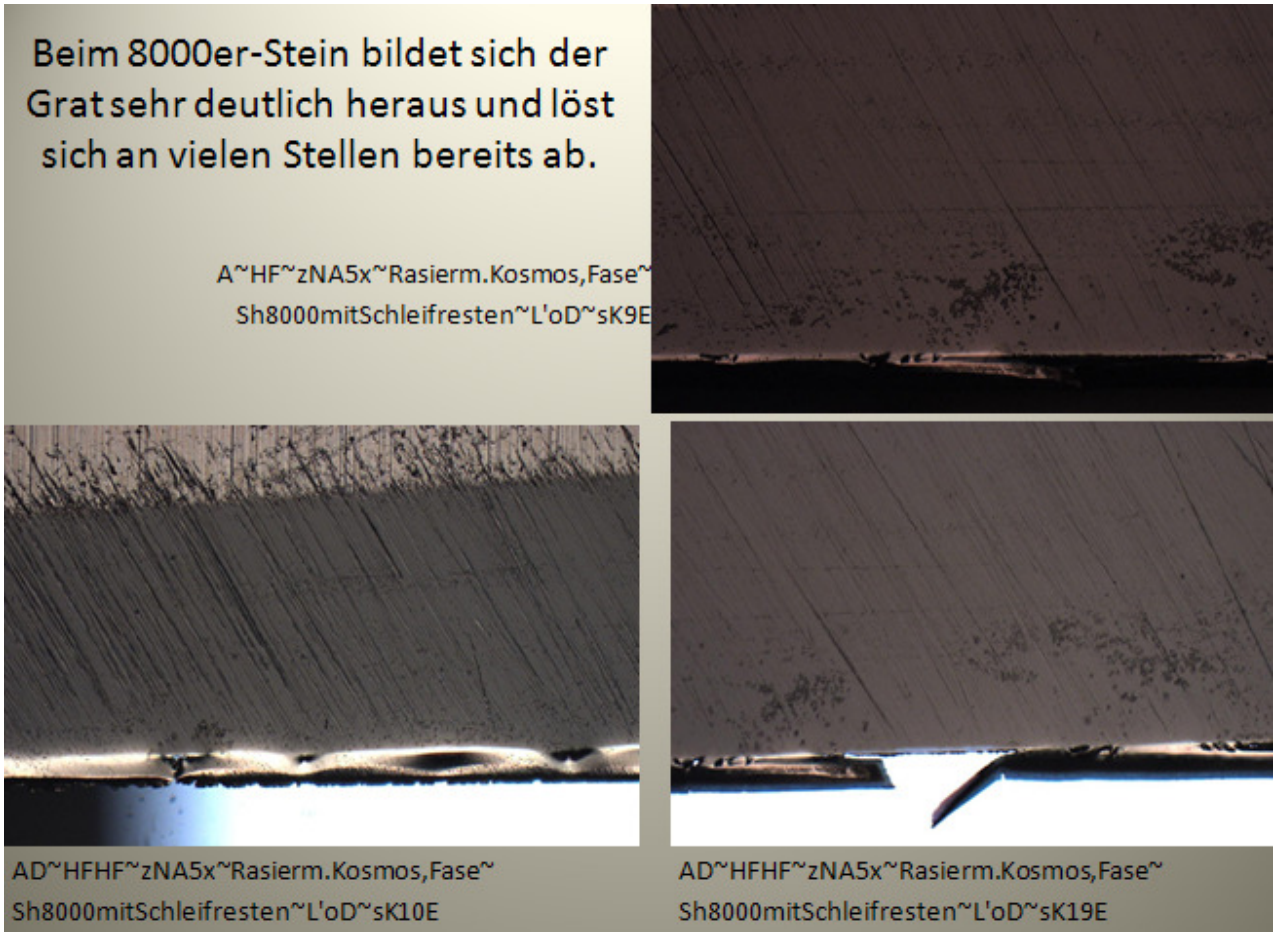


Nach Bearbeitung mit dem 2000er Stein wird der Grat nur an wenigen Stellen besser erkennbar oder beginnt sich gar schon abzulösen.



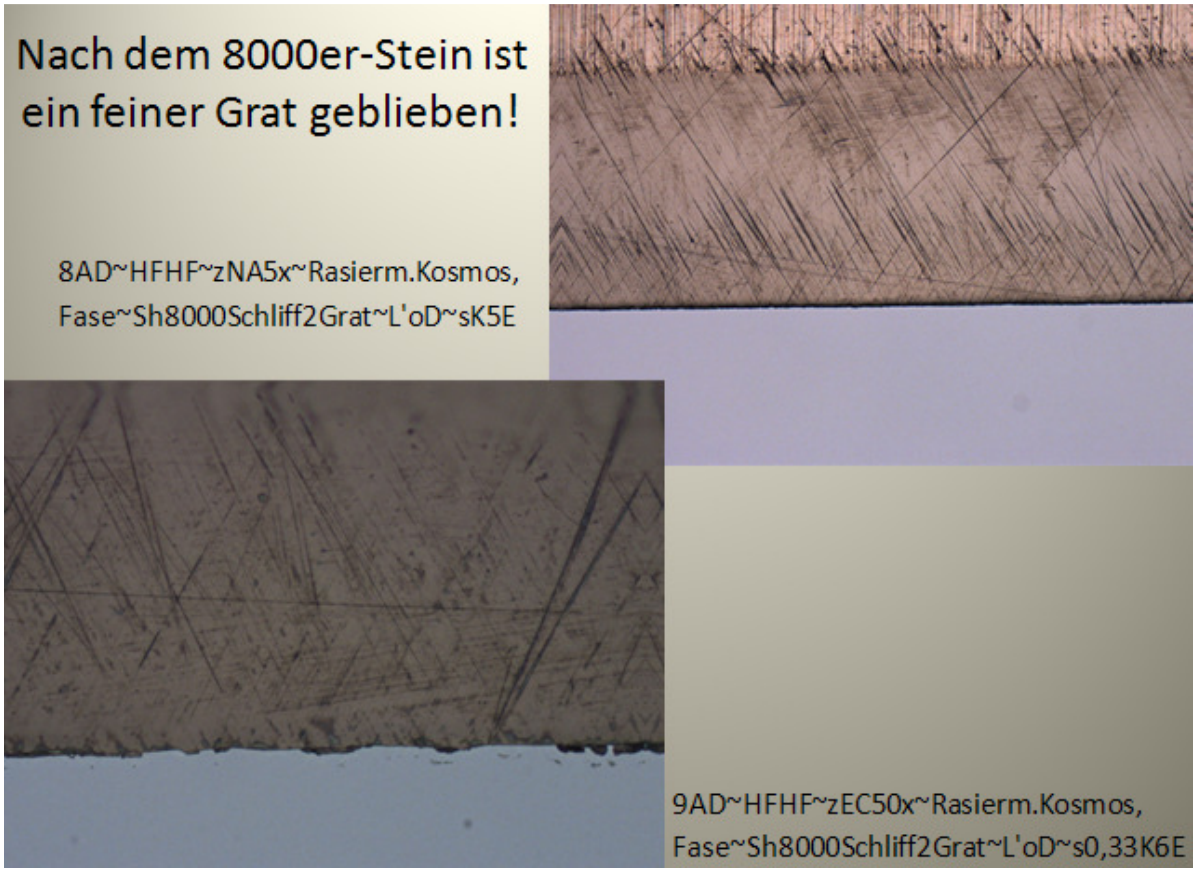


Mit dem 8000er schleift sich der Grat an vielen Stellen ab, aber eben nicht auf der ganzen Länge der Schneide. Man kann auf dem nassen Stein sehr gut die abgelösten **glitzernden Grat-Partikel** erkennen, die jeweils zu entfernen sind, damit sie den weiteren Schleifverlauf nicht stören.



Der 8000er erreicht nicht überall die Wate. Hier bleibt der Poliereffekt aus und der Grat bleibt. Das ist ein Phänomen, das verschiedene Ursachen haben kann. Es kann der vorangegangene gröbere Stein nicht 100%ig plan gewesen sein, so dass das Messer auf dem 8000er nicht vollständig aufliegt oder umgekehrt, der 8000er ist nicht ganz plan. Es kann aber auch sein, dass das Messer durch ungleichmäßigen Druck der Finger eine entsprechende unregelmäßige Schliffform angenommen hat. Man kann durch gezielt einseitigen Fingerdruck solchen Unregelmäßigkeiten bis zu einem gewissen Grade (abhängig vom Elastizitätsgrad der Klinge) kompensierend begegnen. Das aber kann bzw. muss sich negativ auf die weitere gleichmäßige Gratentfernung auswirken.

Der Versuch, den Grat durch **Abziehen** auf der **grünen Lederseite** (die mit der groben Schleifpaste beschichtet ist *[siehe S. 15!]*) zu entfernen gelingt auch nach ca. 200 bis 300 Streichzügen (½ h) nicht!



Ich schleife nun erneut auf dem 8000er-Stein **mit gezieltem Druck auf der Stelle**, an der der Grat sich befindet. Nach ca. mindestens **150 bis 200 Zügen (ca. ½ h)** löst sich der Grat ab (Ein Zug besteht aus Hin- und Rückstrich abwechselnd über Spiegel und Fase!).

Man erkennt aber besonders bei starker Vergrößerung, dass ein **feiner Grat** zurückgeblieben ist oder sich neu gebildet hat.

Der Versuch, diesen Grat auf dem Lederriemen **mit schwarzer Paste** (sehr fein***[F30]***) wegzupolieren gelingt nicht.

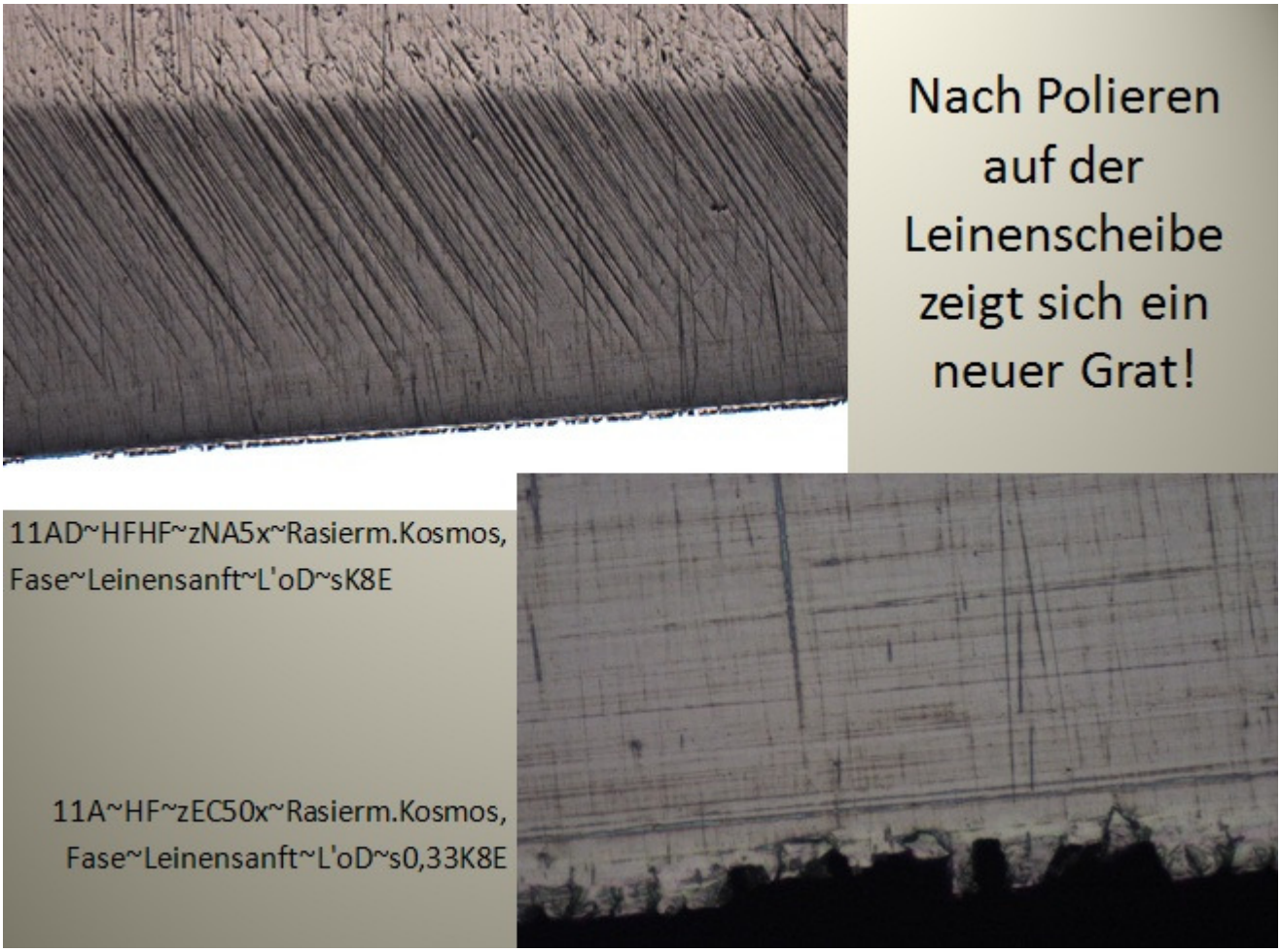
Bei dem Versuch, die Schärfe der Schneide zu messen komme ich auf einen Wert um **10g**.

Nach weiterem Abziehen auf dem Lederriemen entdecke ich an mehreren Stellen der Schneide **Eindellungen**, die mir vorher nicht aufgefallen sind und die, je länger ich abziehe mehr zu werden scheinen.

Ich versuche nun den Grat mittels der Leinenscheibe wegzubekommen. Ich poliere erst vorsichtig mit flachem Winkel. Das Ergebnis ist zunächst deprimierend, da ein **ausgeprägter Grat sichtbar** wird. Dieser Grat muss **vorher bereits nicht erkennbar da gewesen** sein und zeigte sich offenbar an den immer häufiger werdenden Eindellungen.

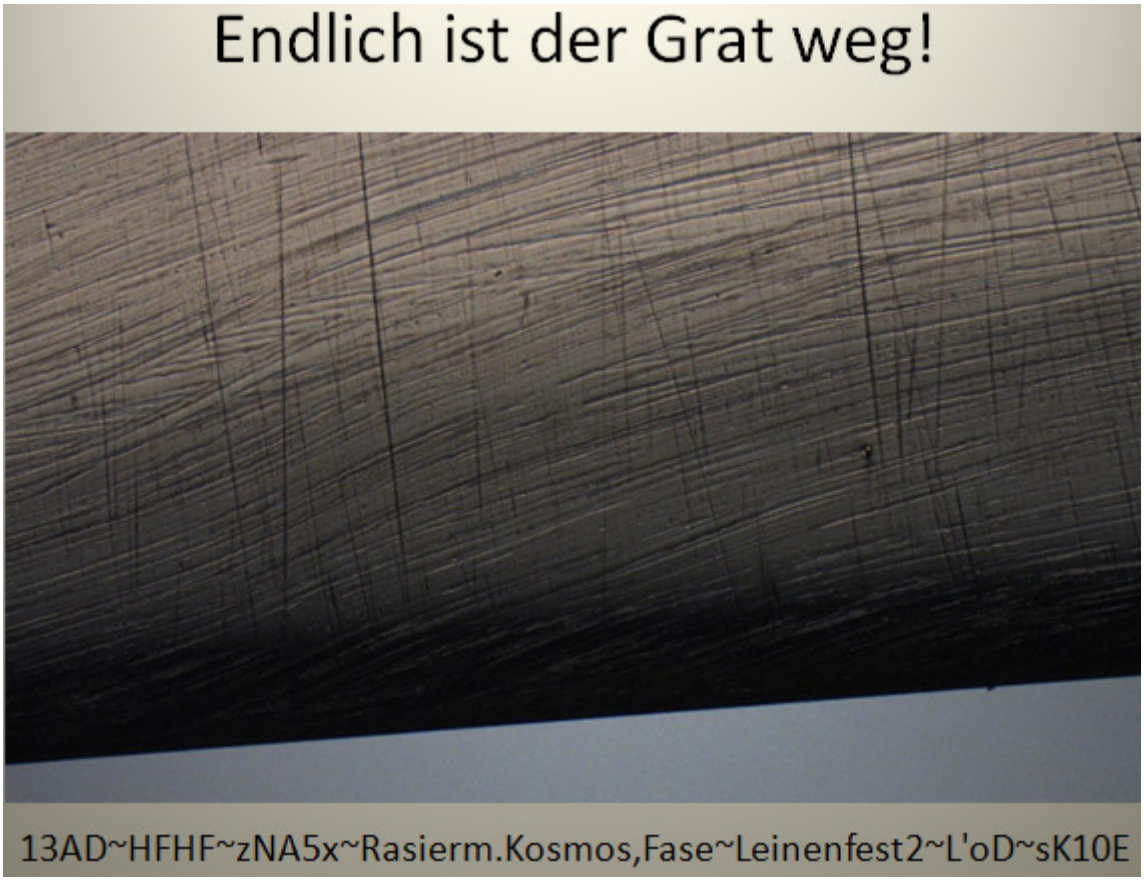
Trotz vieler Versuche mit der Leinenscheibe mit mehr Druck und steilerem Winkel **bleibt der Grat zunächst hartnäckig**. Da ich nicht riskieren will, dass mit der Leinenscheibe zu viel wegpoliert wird, kontrolliere ich nach **vielen kurzen Polier-Etappen** unter dem Mikroskop das Ergebnis. Schließlich ist der Grat im großen Mittelbereich der Schneide weg. Ich mache eine **Schärfemessung** und bekomme einen Durchschnittswert von **4,9g.**

Ich versuche nun den Grat auf der kompletten Klinge weg zu bekommen. Das erfordert wieder eine ganze Reihe von Poliereinsätzen. Nach wiederholtem Polieren auf der Leinenscheibe ist der Grat **schließlich auf ganzer Länge**



verschwunden. Die nun folgende **Schärfemessung** bringt nur noch Werte um **6,9g** an der Stelle, wo der Grat

zuletzt verschwunden ist. **An anderen Stellen sind die Messwerte schlechter!**



Durch das **viele Polieren** ist die Schneide wieder **stumpfer** geworden. (auf dem Foto sieht man Fettspuren des Kamelienöls, mit dem das Messer eingerieben ist!)
Daraufhin poliere ich mit der Leinenscheibe nochmals mit **flachem Winkel** nach, ziehe auf Leder ab und mache anschließend die Schärfemessung. Nun komme ich auf der (ganzen) Schneideauf Durchschnittswerte von immerhin 6,4g.
Meine Vermutung: Es scheint Stahlsorten zu geben, bei denen sich die Grenze zwischen Klinge und entstehendem Grat nicht deutlich abzeichnet und daher -wie in diesem Beispiel gezeigt - lange zu Fehleinschätzungen des jeweiligen Zwischenergebnisses führen kann. Die Schwierigkeit, den Grat zu erkennen bzw. die Grenzlinie zwischen Klinge und Grat, zeigt sich auf vielen Fotos zu dieser Klinge. Dieses Phänomen hatte sich bei allen übrigen beschriebenen Klingen so nicht gezeigt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Methoden der Gratentfernung sowie die Ergebnisse der Schärfemessung nochmals zusammengestellt. Die Schärfemessung des Stecheisens konnte nicht vorgenommen werden, da sich die von mir gebaute Messapparatur nicht zum Einspannen von Stecheisen eignet.

Zusammenfassung:

Übersicht über die Gratentfernung:			**Ergebnis**
		Gratenfernung:	**Schärfemessung:**
Zwilling-Rasiermesser	1. Schliff	Stein-Leder	
	Nachpolitur:	Leinen Siegburg	2,1g
Zwilling-Rasiermesser	2. Schliff	Leinen Siegburg	3,8g
Wacker-Rasiermesser		Leinen	3,4g
		Leder (Nachbehandlung)	2,5g
Euromex-Rasiermesser	(spitzer Winkel!)	Leinen-Leder	4,1g (2,3-7,0g)
Euromex-Handmikrotommesser		Leder-Leinen	Kein Ergebnis!
Kosmos-Rasiermesser		Leinen	6,9g
		Leinen-Leder	6,4g
Stecheisen	Tormek	Leder	

5. Zusammenfassung:

Nachdem der Grundschliff des Messers auf Steinen erfolgt ist, besteht die **Hauptschwierigkeit darin, den Grat zu entfernen, ohne einen neuen zu erzeugen**. Diese Aufgabe gelang ausschließlich mit Hilfe von Stein und Abziehriemen (siehe Tabelle!) nur beim ersten Schliff.

Bei allen nachfolgenden Schleifversuchen **gelang die völlige Gratentfernung nur mit Hilfe der schnell drehenden Leinenscheibe**. Das Polieren auf der Leinenscheibe beinhaltet immer die Tendenz zu einer balligen Verformung der Schneide (U-Schliff). Wenn der Grat ungleichmäßig schnell abgeht, besteht die Gefahr, dass durch die **längere Polierzeit** der Schneiden-Winkel zu ballig wird und die Schneide infolge **an Schärfe verliert**. Dies kann man ein wenig durch Nachpolieren mit flachem Winkel rückgängig machen.

Es ist eine interessante Tatsache, dass beim ersten Mal die Gratentfernung mit Stein und Leder gelingt. Das unterstreicht die These, dass nachfolgend die Planheit der Schleifsteine durch Abnutzungseffekte unterschiedlich stark beeinträchtigt war. Die Abtragsmächtigkeit bezogen auf die ganze Klingenlänge muss von Stein zu Stein in dem Maße variiert haben, dass am Ende der Schleifkette der Grat ungleichmäßig ausgebildet war und sich nicht unisono ablösen konnte.

Im Grunde ist es selbstverständlich, dass beim Schleifen nicht nur das Werkstück geschliffen wird und sich verformt, sondern ebenfalls das Schleifwerkzeug, in diesem Fall der Stein. Da die japanischen Steine ohnehin weicher gebunden sind, muss diesem Effekt erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Gerade der Spiegelschliff bei einseitig planen Messern erfordert, wie beschrieben i.d.R. mehrere Stunden. Es ist dann höchst unwahrscheinlich, dass der verwendete Stein danach noch plan ist. Wahrscheinlich muss der Stein während dieses Vorgangs mindestens ein bis zwei mal abgerichtet werden.

Um also eine möglichst gleichmäßige Gratablösung zu erreichen, muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass die **Schleifsteine absolut plan bleiben**, bzw. kontinuierlich dahingehend korrigiert werden!

Ein anderer Faktor, der zu einer unregelmäßigen Gratablösung führen kann ist der Andruck der Klinge durch die Finger. Wenn **der Andruck der Finger** auf die Klinge ungleichmäßig ist, kann dies genauso zu einer geringfügig ungleichmäßigen Abtragung führen. Dies trifft allerdings nur auf Messer mit einer gewissen Elastizität zu.
Wenn sich nach Stunden Arbeit herausstellt, dass das Ergebnis des Schliff's schlecht oder nur mittelmäßig ist, weil man der Planheit der Steine oder dem gleichmäßigen Andruck der Finger zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat, ist das sehr ernüchternd.
Ein weiterer Faktor dürfte **die kontinulierliche Verringerung des Andrucks** beim Wechsel vom groben zu den feineren Steinen und dann auf das Leder sein, da sonst die Gefahr besteht, dass ein neuer feiner Grat erzeugt wird.
Auch der Einsatz der Leinenscheibe hat seine Tücken. Zum einen erfährt der Grundschliff der Klinge immer eine mehr oder weniger starke ballige Verformung, je nachdem, wie intensiv die Leinenscheibe zum Einsatz kommt. Andererseits muss man für die Arbeit mit dieser Scheibe viel Fingerspitzengefühl entwickeln, denn beim Polieren auf der schnell laufenden **Leinenscheibe** spielen der **Andruck der Klinge, der Winkel und die Dauer des Andrucks** eine entscheidende Rolle und können zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Anschließende Schneideversuche auf einem Handmikrotom, in das ein in Holundermark eingeklemmter, vorher in AFE-Fixierlösung konservierter Blütenstengel eingespannt ist, führen bei den 4 Rasiermessern zu sehr ähnlichen nicht überwältigend guten Schnittleistungen. Offensichtlich lässt die Tatsache, dass das Messer auf dem Handmikrotom freihand geführt werden muss, keine wirklich vergleichbaren Ergebnisse zu.
Umso erstaunlicher ist das Ergebnis, dass ich einige Monate später beim Schleifen eines Mikrotom-(B-)Messers erzielen kann. Das Messer wurde ausschließlich auf Steinen geschliffen und auf Leder poliert. Statt der Endkontrolle unter dem Mikroskop, wurde es an einem Rotationsmikrotom zum Schneiden eines Paraffinblockes eingesetzt und lieferte gute Schnittergebnisse (Schnittdicken unter 5 µm!).

6. Der Schleifvorgang:

a/ Voraussetzungen:

Welche **Voraussetzungen** benötigt man **für erfolgreiches Arbeiten:**
Schleifen kann ein sehr lang andauernder Prozess sein, der ständige Aufmerksamkeit erfordert. Es ist daher gut, wenn man in **Ruhe** arbeiten kann und nicht unter Zeitdruck steht (Bei einem neuen Messer kann z.B. das Planschleifen des Spiegels allein 2 bis 5 Stunden dauern, je nach Zustand der Klinge!).
Ruhe gilt auch in dem Sinne, dass der Raum, in dem man arbeitet, möglichst ohne akustische Hintergrundkulisse (Radio, laute Gespräche etc.) ist, weil das geübte Ohr die **Schleifgeräusche** registriert und Informationen über den Schleifverlauf liefert.
Für den Schleifvorgang braucht man eine solide, **wackelfeste Unterlage**, also z.B. einen festen Tisch. Der Tisch sollte herabtropfendes Wasser vertragen können oder entsprechend abgedeckt sein.
Man benötigt **3 Steine** in den Körnungen 1. 500, 2. 2000 und 3. 6000 bis 8000.
Der Stein, auf dem man jeweils schleift, soll möglichst **rutschfest und wackelfrei** aufliegen. Sehr zweckmäßig

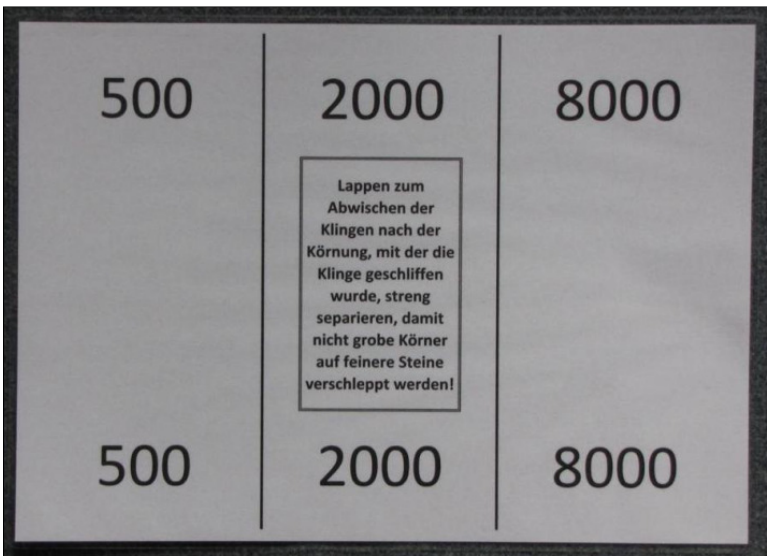
sind **Steinhalter**, die man zu diesem Zweck kaufen kann.

Öl oder Fett sollte vor dem Schliff sorgfältig vom Messer abgewischt werden!

Es macht Sinn, alles **Schleifzubehör übersichtlich angeordnet** auf dem Tisch zu platzieren und dabei zu beachten, dass der Schleifer entspannt sitzend oder stehend mit genügend **Bewegungsfreiheit** arbeiten kann.

Außer den Schleifsteinen braucht man Lappen oder Handtücher (evtl. Papierhandtücher) zum Trocknen der Hände, **diverse Lappen** zum Abwischen der Klinge, **Gummiabstreifer** zum Abstreifen des überschüssigen Wassers von den Schleifsteinen nach dem Schleif- und Reinigungsvorgang, **Wannen**, über denen die Steine mit Wasser gereinigt werden oder in denen sie gewässert werden können, **Abziehsteine**, **Lederabziehriemen** (evtl. **Schleifpaste**), **Gummihandschuhe**, wenn man die Finger vor der Verschmutzung durch Schleifschlamm schützen will und das zu schleifende **Messer**.

Sowohl bei den Lappen als auch bei den Gummiabstreifern sollte man beachten, dass sie stets nur innerhalb eines Kornbereichs zur Anwendung kommen, damit nicht grobe Körner auf feinere Steine verschleppt werden. Praktisch ist ein in Folie eingeschweißtes Blatt Papier, auf dem die Körnungen vermerkt sind und auf dem man entsprechend die benutzten Lappen ablegen kann (siehe Foto!).



Beim Abwischen der Klinge sollte man sorgfältig darauf achten, dass der Grat nicht beschädigt wird!

Als Gummiabstreifer eignen sich einfache Eiskratzer für PKW-Winschutzscheiben, die in Tankstellen in unterschiedlichen Farben angeboten werden. Man kennzeichnet sie mit einem Aufkleber (siehe Foto!).

Wannen braucht man zum **Wässern der Steine**. Sie müssen der Größe der Steine entsprechen. Bei 3 Wannen kann man für jedes Korn eine eigene Wanne verwenden. Hat man weniger, reicht es auch - vor allem bei den japanischen Steinen der Fa. Shapton, die nur wenig Wasser brauchen - wenn man den jeweiligen Stein über

einer Wanne mit etw. Wasser übergießt. Ebenso benötigt man die Wannen zur **Zwischenreinigung der Steine**, wenn sich auf dem Schleifstein eine grauschwarze Schicht aus **Schleifschlamm** gebildet hat. Die Steine sollten während des Schleifvorgangs ständig feucht gehalten bzw. nachgefeuchtet werden und stets sofort nach dem Schliff mit Wasser von allem Schleifschlamm gereinigt werden.
Um dem Effekt der **Verkalkung** der Steine vorzubeugen, empfiehlt sich die Verwendung von destilliertem Wasser.
Besondere Aufmerksamkeit muss der **Planheit der Steine** gewidmet werden. Man kann ein starres Eisenlineal in unterschiedlichen Richtungen (längs, diagonal, quer) und an unterschiedlichen Stellen mit der Kante auf den Stein legen, um dessen Planheit zu kontrollieren. Das Licht, das zwischen Stein und Lineal hindurch schimmert, sollte an allen Stellen gleich stark sein.
Ist der Stein nicht plan, kann man ihn auf einem **Abrichtblock** oder auf der glatten Seite einer **Granitplatte** [nicht Marmor!!] solange schleifen, bis die Lineal-Kontrolle Planheit anzeigt. Der Steinlack der Granitplatte reibt sich rasch ab und der reine glatte und harte Granit begradigt den Schleifstein. (Granitplatten bekommt man kostenlos als Reststücke im Natursteinhandel!)

Für die mangelnde Planheit eines Steins gibt es auch noch andere Indikatoren, die dies anzeigen. Bei einem hohl geschliffenen Stein z.B. verbleibt der **Schleifschlamm** gut sichtbar nach jedem Schleifzug als dunkle, glatt gestrichene "Schlammpfütze" zurück. Dies Phänomen zeigt sich auch gerne beim Abrichten der Steine und erlaubt es, die Prüfung auf Planheit mit dem Lineal erst dann durchzuführen, wenn das Ergebnis vielversprechend ist.

b/ Das Abrichten des Steins:
Natürlich muss der Abrichtblock ebenso ständig auf Planheit überprüft werden, wie der Schleifstein. Denn auch er büßt durch Gebrauch allmählich seine Planheit ein. Ich stellte sogar fest, dass ein kaum gebrauchter Abrichtblock nicht plan war. Die festgestellte Unregelmäßigkeit musste bereits beim Kauf bestanden haben, da sie einerseits m.E. nicht mit dem wenigen Gebrauch zu erklären war, andererseits der Abrichtblock nicht konkav geformt war, wie nach Abnutzung normalerweise zu erwarten, sondern konvex! Also sollte man einen Abrichtblock sogar beim Kauf direkt auf seine Planheit überprüfen und im Bedarf nachrichten. (Ich würde das auf einer Granitplatte versuchen!)
Nachdem meine anfänglichen Versuche, den Shapton 500 auf dem Abrichtblock zu planieren zu keinem besseren Ergebnis führen und ich feststelle, dass der Abrichtblock nicht exakt plan ist, wechsele ich auf eine Granitplatte, mit der diese Probleme nicht bestehen, und die aufgrund ihres feineren Kornes dem Korn des Shapton-Steins besser entgegenkommt. Hier komme ich rasch zu einem brauchbaren Ergebnis. Die Lineal-Prüfung zeigt Unebenheiten sehr genau an.
Granitplatten sind mit Steinlack lackiert und es dauert eine Weile, bis sich der Lack abgeschliffen hat. In dieser ersten Zeit passiert es besonders bei wenig Wasser leicht, dass sich der Schleifstein auf der Granitplatte

festsaugt. Man muss dann ein Gefühl für den richtigen Schleifschwung entwickeln und regelmäßig etwas Wasser hinzugeben. Später lässt sich der Schleifstein mit genügend Wasser mühelos führen.

Auch die Granitplatte wird natürlich trotz ihrer Härte abgenutzt und muss nach einiger Zeit ausgetauscht werden.

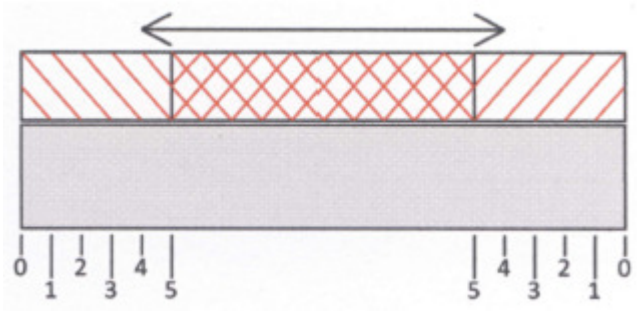
Man kann einen Schleifstein auch abziehen, indem man ihn gegen einen anderen schleift. Allerdings sollte der abzuziehende Stein im Korn stets gleich oder feiner als der regulierende Stein sein. Z.B. kann man einen 2000er auf einem 500er oder einem 2000er abrichten.

Grundsätzlich müssen Schleifsteine nach dem Abrichten sorgfältig mit Wasser abgespült werden, damit keine gröberen Partikel auf feineren Steinen zurückbleiben.

Einige Überlegungen noch zum Abrichten:

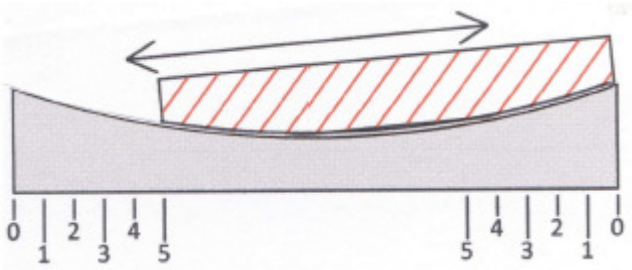
Auch wenn der Granit viel härter ist als der Schleifstein, so ist seine Abnutzung nach längerer Zeit doch deutlich festzustellen. Wenn man den Lineal-Test macht, erkennt man je nach Nutzungsgrad mehr oder weniger deutlich eine wannenartige Vertiefung. Wenn man sich genauer mit dem Vorgang des Abrichtens beschäftigt, stellt sich die Herstellung einer planen Oberfläche mit den hier beschriebenen manuellen Methoden als ein höchst komplexer Vorgang dar, der genau genommen nie zu einer wirklich planen Schleiffläche führen kann!

In der nachfolgenden Abbildung ist die Schleifbewegung auf dem Abrichtblock dargestellt (Schleifstein in roter Schraffur, Abrichtblock in grau). Es zeigt sich, dass bei einer Schleifbewegung von A nach B der Bereich zwischen



A **B**

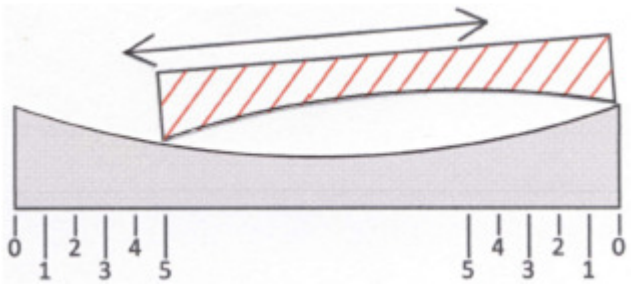
den beiden fünfen permanent in Anspruch genommen wird also zu 100%. Gleichzeitig erfahren die Bereiche über der Zahl 4 auf beiden Seiten 4/5 der Schleifbewegung = 80%. Entsprechend schwindet der Anteil der Schleifbewegung von Zahl zu Zahl um 20%. Das bedeutet, dass über längere Zeit in der Mitte mehr weggeschliffen wird, als an den Randbereichen. Da der Schleifstein weicher ist, als der Abrichtblock, müsste er sich der Form des Abrichtblocks entsprechend anpassen. In der nachfolgenden Zeichnung ist die zu erwartende Verformung der Steine stark überzeichnet prinzipiell sichtbar gemacht:



A **B**

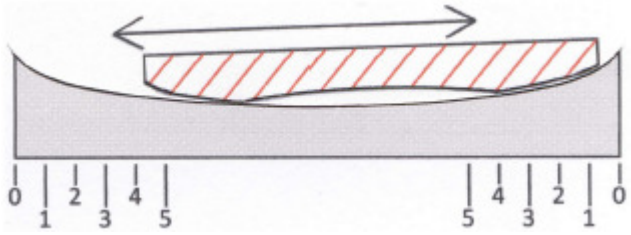
Prinzipiell in gleicher Weise verformt sich der Schleifstein, wenn man ihn zum Messerschärfen einsetzt!

Geht man nun hin und richtet einen hohl geschliffenen Schleifstein auf einem Abziehblock ab, der ebenfalls leicht hohl geschliffen ist, ergibt sich eine Ausgangssituation wie in der nachfolgenden Skizze überzeichnet dargestellt:



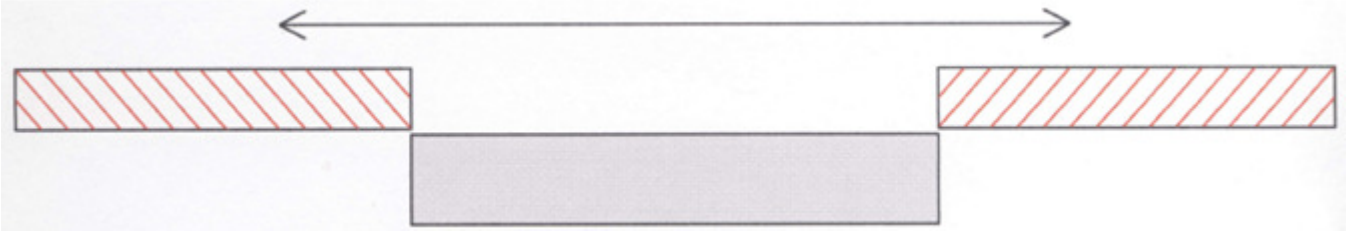
A **B**

Das hieraus resultierende Schleifergebnis dürfte tendenziell zu der nachfolgend wieder überzeichnet skizzierten Form führen:



A **B**

Mit anderen Worten: Mit dieser Schleifmethode lässt sich Planheit nur näherungsweise herstellen und es ist daher sinnvoll, die Abrichtsteine regelmäßig zu kontrollieren und frühzeitig auf einen frischen, planen Abrichtstein (Granit) zu wechseln.
(Es ist klar, dass sich bei einer kreisenden Schleifbewegung, was eher dem Regelfall entspricht, nicht eine tonnenförmige, sondern eine muldenförmige Vertiefung bildet!)



A **B**

Planheit lässt sich nur herstellen, wenn der Schleifstein wie in der obigen Zeichnung skizziert in voller Länge über den Abrichtblock geführt wird. Dazu müsste man den Schleifstein an einem Schlitten befestigen, der die genaue Einhaltung des Abstands bei der Schleifbewegung garantiert.

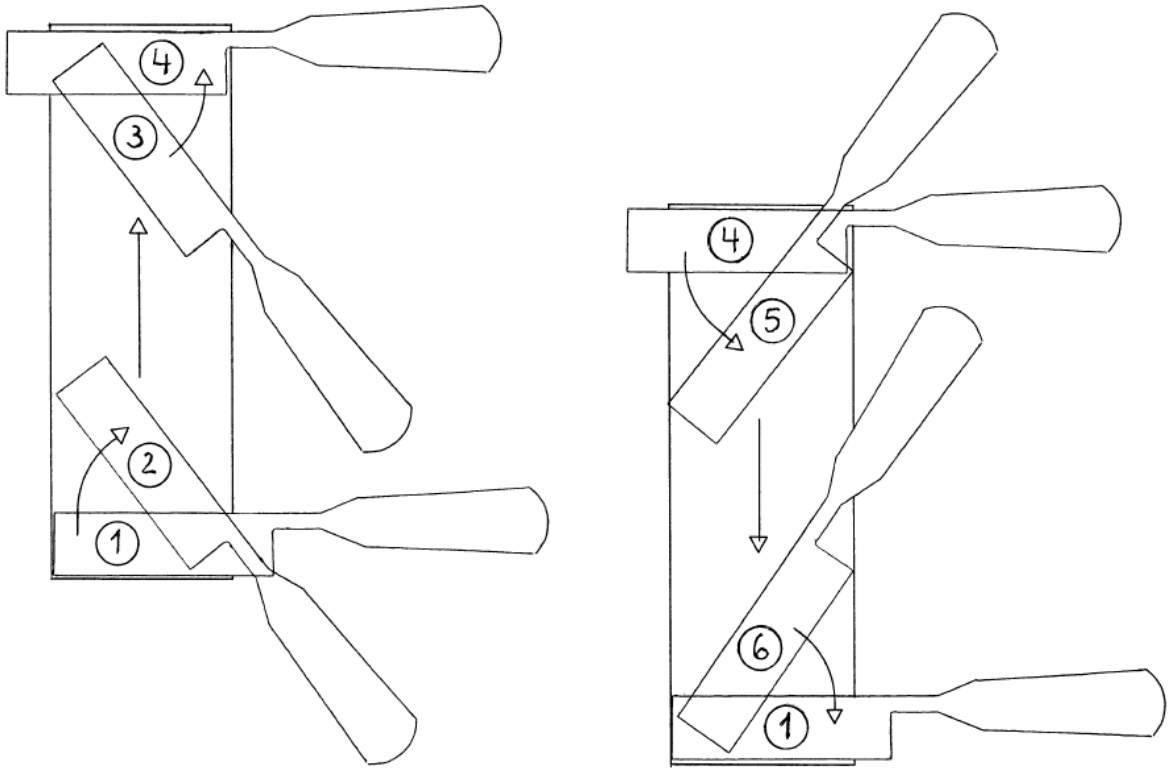
c/ Das Schleifen:

Zunächst müssen die Steine gewässert werden. Je nach Stein dauert das unterschiedlich lange. Manche Steine müssen einige Minuten im Wasser liegen, ehe man beginnen kann, bei anderen geht es schneller. Grobe Steine ziehen mehr Wasser als feine. Die Steine der Fa. Shapton, die ich verwende brauchen wenig Wasser. Es genügt, wenn man die Steine kurz in Wasser taucht oder sogar nur eine Wasserschicht mit der Hand aufträgt und dann ab und zu von Hand etwas Wasser nachgibt.

Bei **plan-konkav geschliffenen Messern** wird als erstes die plane Seite, der sogenannte **Spiegel**, geschliffen.

Der Spiegel muss absolut plan sein. Bei neuen Messern ist dies fast regelmäßig nicht der Fall. Das plan Schleifen des Spiegels kann, wie schon oben erwähnt sehr viel Zeit in Anspruch nehmen (Je nach Zustand sind mehrere Stunden die Regel!).

Beim Schleifen des Spiegels kann das Messer in beiden Richtungen über den Stein bewegt werden, also sowohl in Richtung des Rückens, als auch in Richtung der Schneide. Dabei sollte so verfahren werden, dass jeweils bei



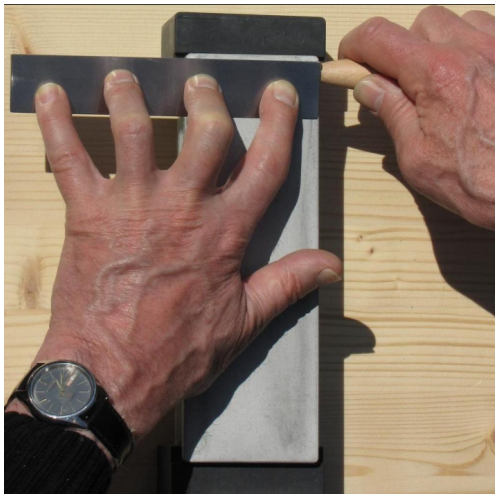
einer Schleifrichtung die ganze Messerfläche über den Stein gezogen wird und dabei auch möglichst die ganze Steinfläche in Anspruch genommen wird. Hierdurch wird sowohl beim Messer, als auch beim Stein ein möglichst gleichmäßiger Abtrag angestrebt. Eine aus diesen Überlegungen resultierende Schleifbewegung ist in der obigen Skizze dargestellt.

Wenn das Messer auf dem Rückweg über die Positionen 5 und 6 geführt wird, ist der Abrieb auf dem Stein am gleichmäßigsten verteilt. Wenn der Messergriff die in der Skizze dargestellten Positionen 5 und 6 behindert, muss nach der Position 4 die Schleifbewegung weiter über die Positionen 3 und 2 zur 1 geführt werden.

Natürlich schleift sich der Stein zwischen den beiden Diagonalpositionen 2 und 3 (5 und 6) stärker ab, was sich nach längeren Schleifphasen besonders auf dem 500er Stein bemerkbar macht, denn der Grundschliff auf dem 500er Stein erfordert immer den meisten Aufwand. Also ist die **Notwendigkeit, den Stein zwischendurch neu abzurichten** entsprechend zu beachten.

Das Schleifgut wird so über den Stein geführt, dass es möglichst **gleichmäßig mit mäßigem Druck auf dem Stein angedrückt** wird. Dazu nimmt man i.d.R. die Fingerkuppen einer Hand. Während also z.B. die rechte Hand den Griff bedient, legt man die Fingerkuppen der linken Hand gleichmäßig verteilt auf die Klinge und führt so die Schleifbewegung durch.

Je größer die zu schleifenden Klingen sind, umso schwieriger ist die saubere Führung über den Stein. Die nachfolgenden Fotos dokumentieren die Größenverhältnisse zwischen einem Rasiermesser (Klingenlänge 7,7 cm), einem größeren Mikrotommesser (Klingenlänge 16 cm) und dem Shapton-Schleifstein (210 x 70 cm)und die dadurch bedingte unterschiedliche Klingenführung und Positionierung der Fingerkuppen. Bei dem großen Messer darf selbstverständlich der Druck der Fingerkuppen nur an den Stellen erfolgen, an denen das Messer auf dem Stein Kontakt hat! Wer hier kein Risiko eingehen will, der schleift besser nur diagonal und richtet den Schleifstein entsprechend häufiger ab.



Die wesentlich kleinere Rasiermesserklinge lässt sich natürlich leichter über den Stein führen:

Vorsicht Verletzungsgefahr! Die Fingerkuppen dürfen immer nur auf das Schleifgut drücken. Wenn die Fingerkuppen beim Schleifen über das Schleifgut ragen und über den Stein gleiten, schleift man sich ganz schnell die Haut bis auf das darunter liegende Bindegewebe weg. Da der mit Wasser getränkte Stein kalt ist, merkt man die nachfolgende sehr **schmerzhafte Verletzung** häufig erst zu spät.

Ist der Spiegel plan geschliffen, wird auf den feineren Steinen in der gleichen Weise nachpoliert. Auf den feineren Steinen sollte mit **zunehmend geringerem Auflagedruck** geschliffen werden. (Achtung: **Klinge** beim Wechsel auf den nächst feineren Stein immer sorgfältig **mit Wasser reinigen**, damit keine groben Schleifpartikel verschleppt werden! Es macht auch Sinn, sich mögliche **Schleifpartikel von den Händen abzuwaschen**.)

Nachdem der Spiegel komplett fertig geschliffen und poliert (8000er) ist, kommt die Fasen-Seite dran.
Die Schleifbewegung auf dem Stein entspricht mit Einschränkungen der oben beschriebenen.
Entscheidende Unterschiede:
1. Die Klinge wird **nur rückwärts** (also von der Schneide weg in Richtung Klingenrücken) über den Stein gezogen. Die Gefahr, dass die Klinge sich in den Stein hinein gräbt, ist bei dieser Schleifrichtung nicht gegeben. Der sich bildende Grat fällt zwar länger aus, als wenn man gegen die Schneide arbeitet. Jedoch besteht zwischen der Ablösefreudigkeit eines langen Grates gegenüber der eines kurzen nach meiner Erfahrung kein Unterschied.
2. Die Klinge sollte **nur in der Diagonalposition** (z.B. zwischen den Positionen 2 und 3 oder 5 und 6) bewegt werden, um eine möglichst gleichmäßige Wate zu erzeugen.
Grundsätzlich wird das Messer zu Beginn jedes Schleifzuges mit dem Rücken auf den Stein gelegt und dann sanft auf die Schneide gekippt, hat also während der Schleifbewegung mit Schneide und Rücken Kontakt zum Stein! Beim Rasiermesser wird so der Rücken immer mit geschliffen. Dadurch bleibt der Fasen-Winkel an der Schneide immer der gleiche. (Ich halte nichts davon, bei Rasiermessern den Rücken [aus optischen Gründen] abzukleben. Erstens bekommt man den unerwünschten Abrieb des Abklebematerials beim Schleifen auf den Stein, und zweitens wird der Fasen-Winkel der Schneide mit der Zeit immer stumpfer und verändert bzw. verschlechtert damit die Schneidfreudigkeit der Klinge.)

Bei Mikrotom-Messern hat man i.d.R. die Möglichkeit, einen **Griff** anzuschrauben, was den oben beschriebenen Schleifvorgang möglich macht.
Für Mikrotom-Messer gibt es einen **röhrenförmigen Schleifaufsatz, die sog. Abziehröhre,** die über den Messerrücken geschoben wird. Ich sehe die Verwendung der Abziehröhre mit einer gewissen Skepsis. Ihre Verwendung führt dazu, dass auf beiden Seiten der Klinge eine Wate aufgeschliffen wird. Der Gedanke, auf der Spiegelseite eines A- oder B-Messers eine Wate aufzuschleifen, widerspricht m.E. der Logig eines solchen Schliff's. Ich bin der Meinung, dass man einen solchen Schleifaufsatz auf der Spiegelseite auf keinen Fall verwenden sollte, denn eine Wate auf der Spiegelseite wäre für den Schneidevorgang völlig kontraproduktiv. Auch für den Schliff der Fasen-Seite sollte man sich überlegen, ob man sie verwendet, denn der Fasen-Winkel wird natürlich mit der Abziehröhre stumpfer. Wenn man aber nur auf der Fasenseite mit ihr arbeitet, würde das das Abziehen zwecks Gratentfernung außerordentlich verkomplizieren, da man bei jedem Seitenwechsel auch die Röhre mit wechseln müsste. Grundsätzlich erfüllt die Abziehröhre die Aufgabe, dass der Winkel der Wate eindeutig festgelegt ist. Freihand würde man so etwas nicht so leicht schaffen und es ist für die Schärfe einer

Klinge sehr wichtig, dass der Fasenwinkel ohne Wippbewegung der Hand völlig gleichmäßig plan geschliffen wird. Dieser Winkel fällt ohne Abziehröhre entsprechend spitzer aus.

Neben der Frage, ob sich der jeweilige Stahl in entsprechend spitzem Winkel schleifen lässt, geht es natürlich auch darum, was geschnitten werden soll. Bei Mikrotomen gibt es dafür die 4 unterschiedlichen Messertypen. Bei A- und B-Messern, bei denen man zwischen Fase und Spiegel unterscheiden kann, würde ich, wenn irgend möglich, auf das Aufschleifen einer (doppelten!!) Wate verzichten!

Mit dem ersten groben Stein muss die **Grund-Schliffform** erreicht werden. Die nachfolgenden Steine dienen nur noch der **Verfeinerung des Schliffs**, also der **Glättung der Oberfläche**, die beim Grundschliff erzeugt wurde.

Der Grundschliff muss so lange fortgeführt werden, bis sich **auf der ganzen Länge der Schneide ein Grat** gebildet hat. Kontrolle mit der Lupe oder dem Mikroskop!

Bei Klingen, die beidseitig angefast werden (z.B. doppel-konkav geschliffene Klingen), wird das Messer vor jedem Richtungswechsel **über den Rücken gewendet** (nie über die Schneiden-Seite!).

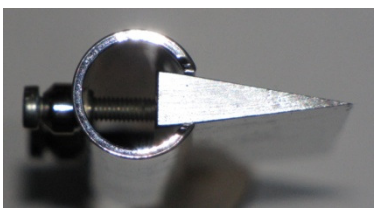
d/ C-Messer:

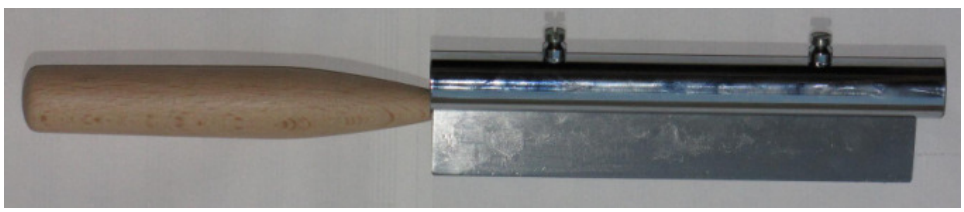
Die Bilder auf Seite 47 zeigen, dass m.E., dass das Verhältnis zwischen Messergröße und Steingröße nicht mehr optimal ist. Ein größerer Stein wäre wünschenswert. Mir sind z. Zeit solche größeren Steine nicht bekannt. Noch schwieriger würde sich die Situation bei einem Mikrotommesser von 25cm Länge darstellen bzw. für ein solches Messer ist der Shapton-Stein m.E. zu klein.

In der Praxis beim Schliff eines 16cm C-Messers bestätigen sich diese Bedenken. Man kann so schleifen. Aber die Schleifbewegung braucht mehr Zeit und verlangt dem Schleifenden noch mehr Aufmerksamkeit ab, als bei kleineren Messern ohnehin erforderlich.

Die 16cm C-Messer, die ich bisher kennen lernte, bestehen aus sehr hartem, qualitativ hochwertigem Stahl und sind in der Mehrzahl sehr genau plan geschliffen. Sie haben eine feine doppelseitige Wate aufgeschliffen. Bei diesen Messern würde ein Schliff der beiden Seiten, um die aufgeschliffene Wate verschwinden zu lassen, auf diesen relativ zu kleinen Steinen Tage in Anspruch nehmen, ganz zu schweigen, von den sich dabei zwangsläufig ergebenden Komplikationen mit der ständigen Überwachung der Planheit der Steine. Mit anderen Worten: Hier macht es Sinn, die doppelseitige feine Wate mit Hilfe der Abziehröhre nachzuschleifen und zu polieren, wie dies z.B. in der Anleitung der Fa. Leitz beschrieben wird. Der Schleifaufwand ist dann vergleichsweise gering.

Eine andere Frage ist die Dimensionierung der Abziehröhre. Die Messer sind unterschiedlich dick und nicht jedes Messer passt in jede Abziehröhre. Man kann sich überlegen, ob man sich eine Röhre besorgt, die enger ist und damit einen spitzeren Watenwinkel zulässt.





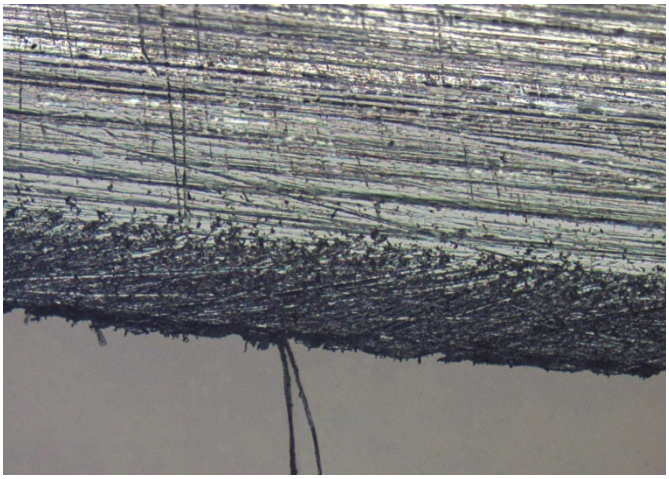
Die Mikrotomklinge in der Abbildung hat einen Winkel von 17°. Der Winkel der Wate, die sich durch die Abziehröhre ergibt beträgt 34°.

Bei meinen konkreten Schleifversuchen mit verschiedenen C-Messern führte die Abziehröhre zu Watenwinkeln von 30° bis 35°. Der komplette Grat löste sich leicht teils bereits auf dem 8000er Stein, teils auf dem Lederriemen. Schneideversuche auf dem Rotationsmikrotom machten glatte Paraffinschnitte von 1 bis 2µm möglich. Das hätte ich bei den relativ großen Winkeln von 30° bis 35° nicht erwartet.

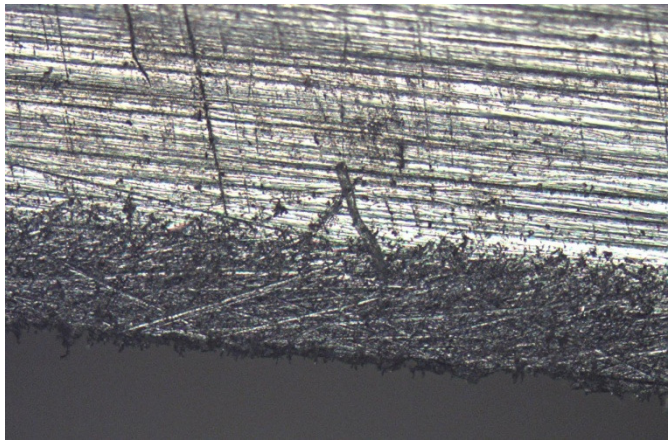
Ein weiterer Aspekt ergibt sich durch die Abziehröhre: Sie macht das Planschleifen der beiden Spiegelseiten des C-Messers überflüssig. Wenn das Messer unebene Flächen hat, entstehen entsprechend seiner Verformung unterschiedlich ausgeprägte Watenflächen. Die Schneide aber wird gerade und darauf kommt es letztlich an.

Das Schleifen mit der Abziehröhre kann mit relativ geringem Zeitaufwand erledigt werden. Auf dem 500er Stein kommt man i.d.R. mit 10 bis 15 Schleifzügen je Seite hin. Bei den nachfolgenden feineren Steinen braucht man ebenfalls ca. 10 Züge mit entsprechend sanfterem Druck.

Die nachfolgenden Fotos stammen vom Schliff eines der oben erwähnten C-Messer, mit deren Paraffinschnitte von 1 bis 2 µm gelangen.

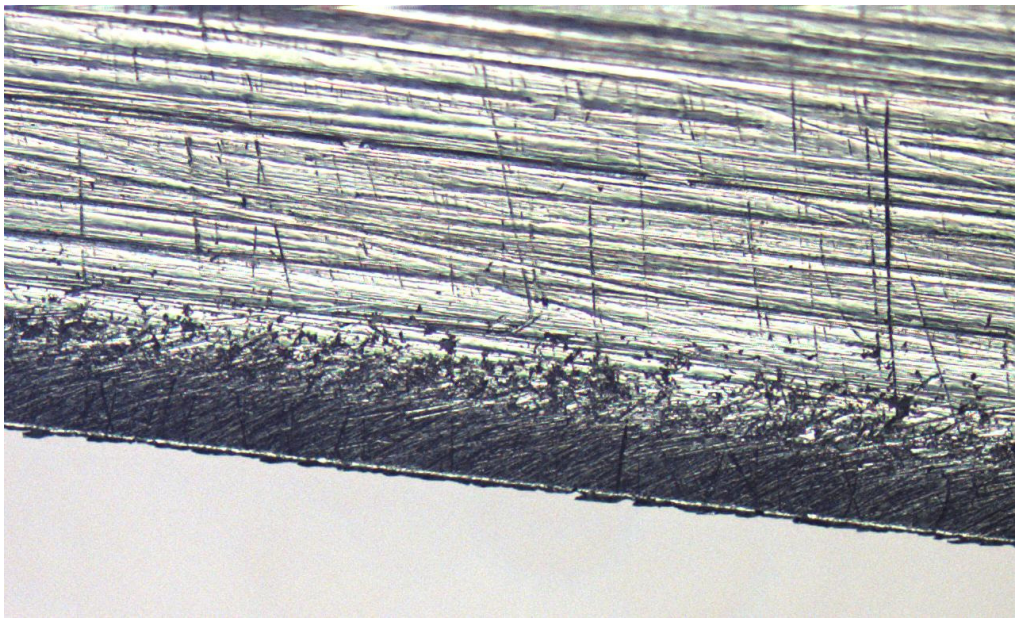


AD~HF~HF-0,2~zNA10x~MikrotomklKr_Sh500~L'oD~sk14



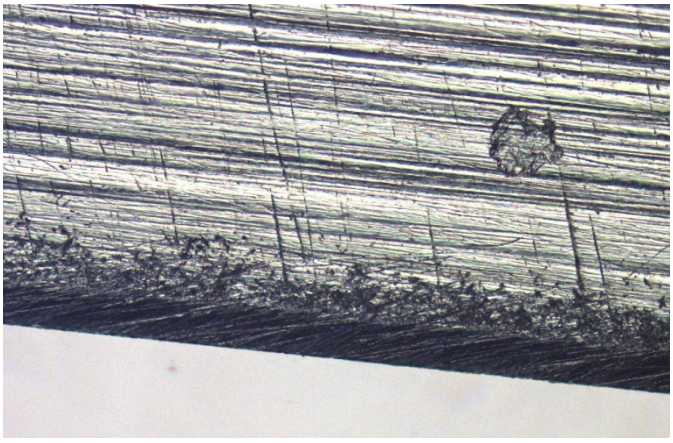
145,S.52_A~HF~zNA10x~MikrotomklKr_Sh500~L'oD~sK15

Wate nach ca. 15 Zügen auf dem Shapton 500, der Grat ist klar abgesetzt an der Wate zu erkennen. (Die beiden herabhängenden Fäden auf dem 1. Bild sind nicht etwa Gratteile, sondern Textilfasern vom Abwischen der Klinge mit einem Lappen, die in der sägezahnartigen Gratstruktur hängen geblieben sind.)

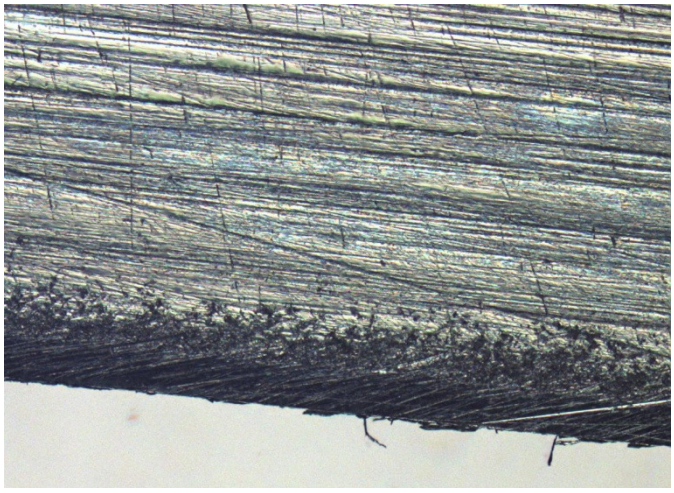


Nach nur 7 Zügen auf dem Shapton 2000 verfeinert sich der Grat und setzt sich noch deutlicher ab.

AD~HF~HF-0,2~zNA10x~MikrotomklKr_7xSh2000~L'oD~sk10



AD~HF~HF-0,2~zNA10x~MikrotomklKritz_10xSh8000~L'oD~sk13



AD~HF~HF-0,2~zNA10x~MikrotomklKritz_10xSh8000~L'oD~sk16

Nach weiteren 10 sehr sanften Zügen über den Shapton 8000 hat sich der Grat großenteils gelöst (1. Bild) oder steht kurz vor der Ablösung (2. Bild). Das anschließende Abziehen auf dem Leder poliert nochmals die Watenflächen und führt gleichzeitig sehr rasch zur Ablösung des Grates auf ganzer Schneidenlänge.

e/ Das Entfernen des Grates:

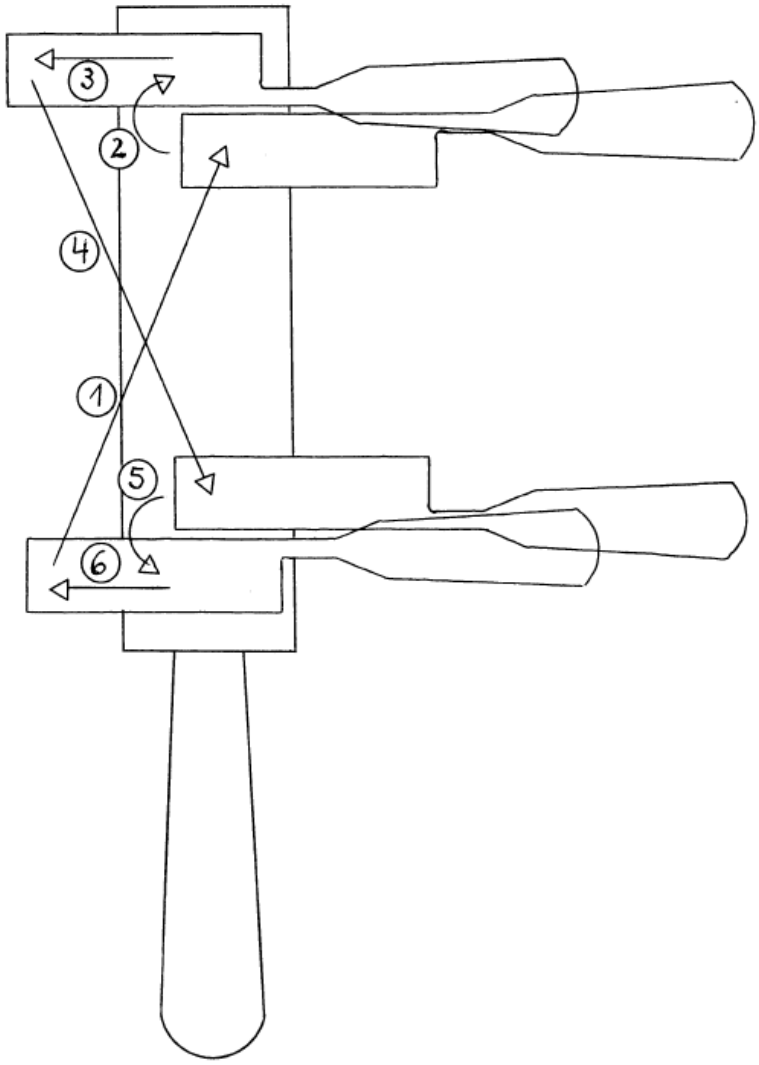
Das Entfernen des Grates beginnt auf dem 8000er Stein. Dabei wird nach jedem Zug die Klingenseite gewechselt, das Messer also für den neuen Zug über den Rücken gedreht. Der Grat kann sich leichter lösen, wenn er zwangsläufig bei jedem Seitenwechsel in einen anderen Winkel gebogen wird. Zugleich löst sich der Grat wahrscheinlich leichter, wenn die Klinge beim Abziehen seitlich bewegt wird. Ich erinnere hier an das Foto auf Seite 8 unten links, bei dem die letzte Fase längs zur Schneide geschliffen wurde. Es gibt zwar auch andere Beispiele, aber ich vermute, dass sich der Grat durch eine neue Schleifrichtung leichter lösen lässt. Wenn sich Gratteile während dem Feinschliff lösen und auf dem Stein liegen bleiben, sollte man sie entfernen, bevor man weiter arbeitet.

Die nächste Station ist der **Lederriemen**.

Das Messer wird über das Leder wie in der nachfolgenden Grafik mit ständig wechselnder Klingenseite geführt: (Man kann diese Messerführung bereits vorsichtig auf dem 8000er Stein versuchen, um die oben angesprochene seitliche Bewegung zu realisieren. Achtung, dass der Stein bei der seitlichen Bewegung keine Riefen bekommt!) Auf der Lederseite mit der groben Paste arbeite ich anfangs bei der Gratablösung kurz mit leicht erhöhtem Druck.

Noch ein Wort zu den Lederriemen: Es gibt die Lederriemen, die elastisch gespannt sind, wie sie z.B. von Barbieren verwendet werden und es gibt solche, wo das Leder weniger elastisch auf Holz geklebt ist (siehe Abbildungen auf S. 10 u. S. 38). Die elastischen Lederriemen drücken naturgemäß stärker auf die Schneide und tendieren daher dazu, die V-Form der Wate ballig zu verformen. Durch die Elastizität leidet die Schneide weniger, wenn man beim Abziehen die Klinge gegen das Leder leicht verkantet. Bei dem weniger elastischen, auf Holz verklebten Abziehleder ist es umgekehrt. Der V-Schliff wird unterstützt aber eine Verkantung der Klinge wird nicht kompensiert.

Grundsätzlich sollte man daher dem weniger elastischen Abziehleder den Vorzug geben. Allerdings beinhaltet das elastische Abziehleder die Konsequenz, dass ein noch vorhandener Grat beim Abziehen stärker gebeugt wird, was die schnellere Ablösung des Grates unterstützt. Je nach Situation sollte man sich entsprechend entscheiden. Man kann dann, sowie sich der Grat gelöst hat auf das weniger elastische Abziehleder wechseln.



Die nebenstehende Abbildung zeigt das Bewegungsschema beim Abziehen der Klinge auf Leder:
Die Klinge wird mit dem Rücken auf den Lederriemen aufgelegt, dann zur Schneide hin gekippt. Beim Kippen beginnt schon die Abziehbewegung (1).Die Klinge wird über den Rücken gedreht (2), dabei seitlich verschoben (3), sie wird auf die Schneide gekippt. Beim Kippen beginnt schon die nächste Abziehbewegung (4). Die Klinge wird über den Rücken gedreht (5), dabei seitlich verschoben (6) etc. .Man zieht die Klinge erst über das mit der groben Paste bestrichene Leder. Heute ist diese Lederseite und die zugehörige Paste i.d.R. rot. Danach kann man auf Leder gehen, das mit feiner Paste bestrichen ist (heute meist grau) oder man geht direkt auf Leder, das nur mit Lederfett für Streichriemen behandelt ist. Schließlich kann man auf unbehandeltes Leder wechseln. Der **Auflagedruck**, der schon bei den feineren Steinen ständig zu reduzieren ist, ist beim Ledern gering und wird kontinuierlich auf ein Minimum heruntergefahren (Ausnahme in der ersten Fase der Gratablösung auf dem mit grober Paste behandelten Leder, wo noch mal mit leicht erhöhtem Druck abgezogen werden kann, um die Schleifwirkung der Paste auf den Grat leicht zu verstärken!).
Bei Rasiermessern heißt es, dass nach dem Leder noch als letzte Station ein paar feine Striche über den großen Daumenballen gemacht werden können.

Warum hat sich bei allen Mikrotommessern der Grat problemlos gelöst?
Diese Frage stellt sich nach all' den oben beschriebenen diesbezüglichen Schwierigkeiten, die ich beim Schliff von Rasiermessern erlebte.

Ich bin mir sicher, dass die sorgfältige Beachtung der oben dargestellten analytischen Schlussfolgerungen aus den erlebten Schwierigkeiten wesentlichen Anteil an diesem Erfolg haben.

Diese Schlussfolgerungen beinhalteten:

1. die sorgfältige Kontrolle der Planheit der Steine,
2. das aufmerksame Achten darauf, dass der Andruck der Finger auf Klinge und Stein allseits gleichmäßig erfolgt,
3. die kontinuierliche Verringerung der Schleifdrucks beim Wechsel vom groben Stein zu den feineren Steinen und dann zum Leder (wobei die erste Gratablösungsfase auf dem Leder mit der groben Paste anfangs noch mit etwas höherem Druck erfolgen kann!).

Vielleicht kommt aber auch erleichternd hinzu, dass die Stähle der Mikrotommesser Eigenschaften haben, die die Gratablösung begünstigen.

Zum Schluss noch ein imposantes Foto von einer Mikrotomschneide mit einem sich ablösenden Grat, wie er sich beim Abziehen auf dem 8000er Shapton darstellte. Man erkennt, dass sich hier ein langes Gratstück abgelöst hat und nur noch an einer Stelle an der Schneide haftet. Vor dem nächsten Zug über den Stein sollte man selbstverständlich entweder das lose Gratteil entfernen oder zumindest so weiter abziehen, dass der lose Grat nicht den Polierprozess stören kann. Im Unteren Bildteil erkennt man auch sehr gut die angeschliffene Wate.

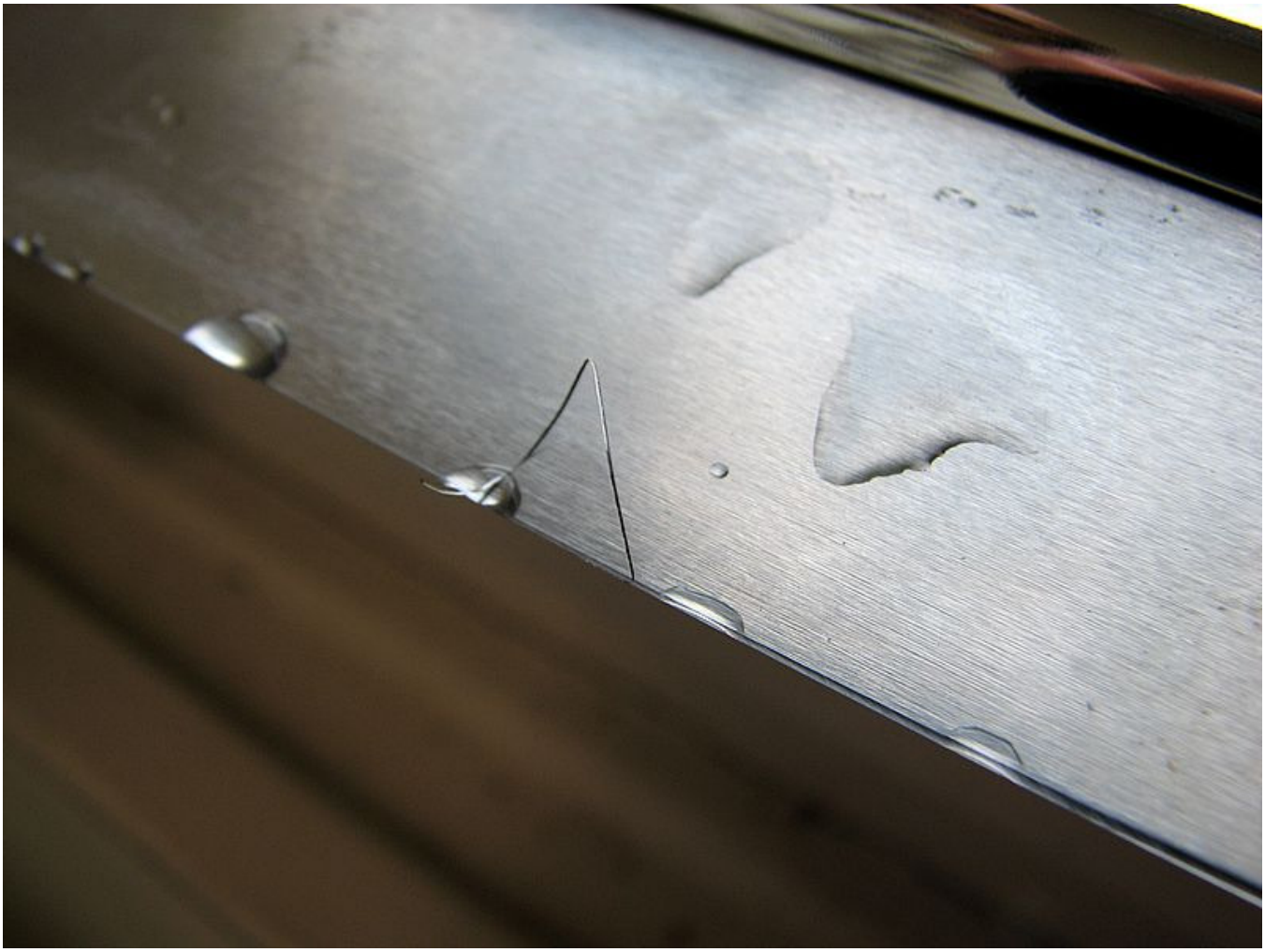


Foto: Jörg Weiß

Wie gut es gelingt, dass der Grat sich gleichmäßig löst, ist sicherlich immer die spannende Frage, die erst am Ende aller Bemühungen beantwortet ist. Glücklicherweise nehmen diese Bemühungen, wenn man Mikrotommesser mit Hilfe der Abziehröhre schleift, einen vergleichsweise geringen Raum ein.
Mögen die hier beschriebenen Zusammenhänge zur Erzielung guter Schleifergebnisse beitragen.

Ich wünsche viel Erfolg.

Rudolf Krönung

Legende zu den mikroskopischen Fotos:

Die meisten mikroskopischen Fotos sind mit einer Dateikennung versehen, die wie folgt gelesen werden kann:

Am Anfang ist die Beleuchtung angegeben

(Beispiele: A~DF = Auflicht ~Dunkelfeld, D~HF=Durchlicht~ Hellfeld, A~schräg = schräges Auflicht,
D~HF-Po-Dic = Durchlicht mit Polfilter oben und DIC-Filter im Kondensor,
AD~HF-HF =Auflicht~Hellfeld plus Durchlicht~Hellfeld,
D~HF-Po-Ph2 = Durchlicht mit Polfilter oben und Phasenkontrastfilter im Kondensor,
D~Pol = Polarisiertes Licht, A~2xschräg = schräges Auflicht, 2 Lichtquellen),

dann folgt das verwendete Objektiv

(Beispiele: 1. Zeiss-Objektive: zNA5x =N-Achroplan 5x, zEC20x = Epiplan 20x, 2. chines. Objektive: cPA4x = Planachromat 4x),

danach kommt der Bildtitel,

dann folgt die Art des Präparates:

(Beispiel: ~L'oD~ = Luft ohne Deckglas, W'mD = Wasser mit Deckglas [D17 = Deckglasstärke 0,17mm], G'mD = Glyzerin mit Deckglas),

Am Ende ist ersichtlich, ob das Bild aus mehreren Einzelbildern zusammengesetzt (gestackt) ist oder nicht.

(Beispiel: K5E = aus 5 Einzelbildern gestackt, 01 oder 02 etc. = Nummer eines Einzelbildes).

Eine Zahl am Anfang hat nur Bedeutung für die Reihenfolge von Bilderserien.

Informationsquellen:

Filme:

'Der Blaupließter', Werner Kubny,

'Schärfen mit Wassersteinen', Fa. Dick,

'Das Schärfen japanischer Messer' Fa. Dick,

'Die TORMEK-Methode zum Abziehen von Schneidwerkzeugen', Torgny Jansson,

Texte:

'Nass-Schleifen und Abziehen von Schneidwerkzeugen', Torgny Jansson,

'Alles was scharf macht', Egon Binder,

'Das Schärfen eines Rasiermessers', http://www.henning-becker.de/9.html,

'Eine Schärfanleitung'

http:// fine –razors.de/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=7&Itemid=9

'Mikrotommesser, Behandlung und Pflege', Fa. Leitz,

'Das Mikrotom', Dr. Phil. Fr. Walter, 2.A., W. Schmitt, Fa. Leitz,

Kontakte mit Fachleuten:

Kurs: 'Die Nassrasur', (1-tägiger Workshop mit ausführlicher Anleitung zum Schärfen von Rasiermessern)

Leitung: Jörg Fahn (Angebot der Fa. Dick in Metten),

Gespräche mit Herrn Wolf (professionell ausgebildeter Messerschleifer) in Siegburg.