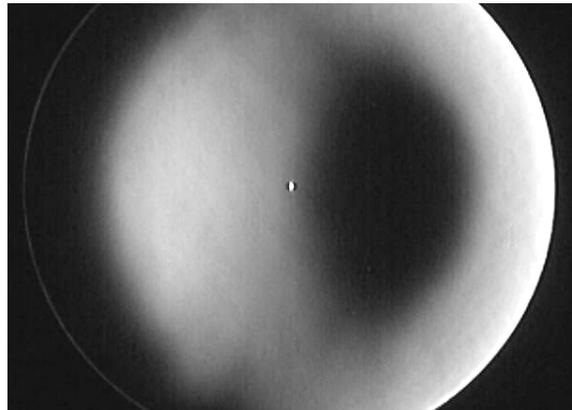


Spiegelschleif-Workshop



*von Thomas Winterer
Stand 1.03.2008*

Inhalt

1. Was Allgemeines
2. Kosten und Material
3. Schleifvorbereitung

4. Grobschliff
5. Feinschliff

6. Politur
7. Messaufbau
8. Parabolisierung

1. Was Allgemeines

Gleich vorweg: Einen fertigen Chinaspiegel kaufen ist billiger! Wirklich gute Teleskopspiegel haben ihren Preis! Erst ab ca. 12 Zoll Öffnung ist die Herstellung eines Teleskopspiegels von Hand rentabel, wenn man eine preiswerte Optik zu Grunde legt. Trotzdem kann man oft selbstgeschliffene Spiegel mit sehr hochwertigen, gekauften Spiegeln vergleichen, da sie ohne Zeitdruck und mit viel Ausdauer und Engagement gefertigt sind, und jeder für sich ein Unikat darstellt. Ich behaupte, chinesische Massenfertigung ist zwar billiger, kann aber in einigen Qualitätspunkten nicht mit selbstgeschliffenen Optiken mithalten.

Deshalb lohnt sich auch der Schliff eines 20cm Spiegels, wenn man Wert auf gute Qualität legt.

Noch etwas... . Spiegelschleifen erfordert ein gewisses Maß an Ausdauer und Hartnäckigkeit, gerade beim anfänglichen Grobschliff und bei der am Ende anstehenden Politur und Parabolisierung sind gute Nerven und Durchhaltevermögen erforderlich. Fehlschläge wird es bei jedem geben...das ist normal und mit der entsprechenden Ausdauer wieder in den Griff zu bekommen.

Der Vorteil eines Workshops besteht darin, dass wir uns gegenseitig helfen können, so dass am Ende über kurz oder lang jeder einen fertigen Teleskopspiegel in Händen hält. Wie lange es dauert, hängt immer vom Spiegelschleifer selbst ab, mit Glück hat das nichts zu tun.

2. Kosten und Material:

Preise für einen 20 cm Spiegel:

20cm Rohling mit Schleif und Poliermaterial, sowie Pech	95,-
Schleifschale 21mm Rohling oder selber machen z.B. Fliesentool, dann viel billiger.	58,-
Schleifstein zum Fasen der Spiegelkante	5,-
Holzmaterial zur Spiegelhalterung während des Schleifens	10,-
Kleinkram:	
Sprühflasche	
Eimer für Wasser	
Spültücher zum Abwischen des verbrauchten Karbos	
Kosmetiktücher zum Trockenwischen....	15,-

Verspiegelungskosten derzeit: Fa. Ernst Befort Wetzlar oder Sternwarte Hamburg Bergedorf ca. 88,-

Preis mit Schleifschale aus Glas 271,-€

Ein Foucault-Messaufbau mit WebCam mit PC-Anschluss bleibt auf der Sternwarte und kann von jedem während des Polierens und Parabolisierens benutzt werden. Jedem ist natürlich vorbehalten, sich einen eigenen Foucaulttest zu bauen, dies ist am Ende ev. sogar ratsam.

3. Schleifvorbereitung

Berechnung der Spiegeltiefe: Zunächst sollte man sich überlegen, welche Brennweite der Spiegel am Ende haben soll. Denn dies ist ausschlaggebend dafür, wie Tief der Spiegel ausgehöhlt werden muss und welches Öffnungsverhältnis der Spiegel am Ende bekommt.

Dazu ein paar Überlegungen: Je größer das Öffnungsverhältnis n eines Spiegels ist, desto größer ist die Brennweite F im Verhältnis zum Durchmesser D . ($n = F/D$). Ein großes Öffnungsverhältnis hat einige Vorteile: Bei der Spiegelherstellung muss nur verhältnismäßig wenig Material durch den Grobschliff entfernt werden. Zudem kann die am Ende notwendige Parabolisierung mit größeren Toleranzen durchgeführt werden, als dies bei einem lichtstärkeren System mit z.B. $f/4$ notwendig wäre. Langbrennweitige Spiegel besitzen einen relativ schlanken Strahlengang, bei dem bei der Umlenkung kleinere Umlenkspiegel zum Einsatz kommen können. Dabei wird die Abschattung vor dem Hauptspiegel kleiner, was wiederum zu einer höheren Kontrastleistung führt. Kurzbrennweitige Newton besitzen deshalb einen größeren Fangspiegel und werden oft für die Astrofotografie eingesetzt. Die Kontrastleistung ist hierbei aber kleiner!

Der Krümmungsradius „R“ eines Spiegels ist doppelt so groß wie seine Brennweite „F“.

Die Formel für die Berechnung der Pfeiltiefe „z“ (Tiefste Stelle gemessen zum Spiegelrand) lautet:

$$z = \frac{r^2}{2R}$$

r = halber Durchmesser des Spiegels (Radius) in mm
 R = Krümmungsradius des Spiegels in mm

Bei 1200mm Brennweite und 20 cm Spiegeldurchmesser beträgt die Pfeiltiefe 2,08 mm. Es muss also eine Vertiefung von 2,08 mm herausgearbeitet werden.

Ein komplettes Material-Set enthält die Schleifpulver Siliziumkarbid K80, K180, K320, Microgrit WCA 25my, 15my, 9my, 5my, 3 my (Aluminiumoxyd mit speziell flacher Kornform und exakter Korngrößenverteilung), Polierpulver Ceri HPC (ein sehr feines und reines Ceriumoxyd) und optisches Pech 28°.

Das K80, die feineren Pulver, Pech und Poliermittel sind reichlich bemessen, um auch Rückschläge aufzufangen. Alles ist kontaminationsfrei getrennt in doppelte Beutel verpackt und beschriftet. Zunächst wird die Spiegel- und Werkzeugkante mit einem Karbostein und Wasser im 45° Winkel angefasst, um das Absplittern während des Schleifvorgangs zu verhindern. Fase ca. 2 mm breit.



Absplitterung bei zu viel Überhang

Vorbereitung des Rohlings und der Schleifschale

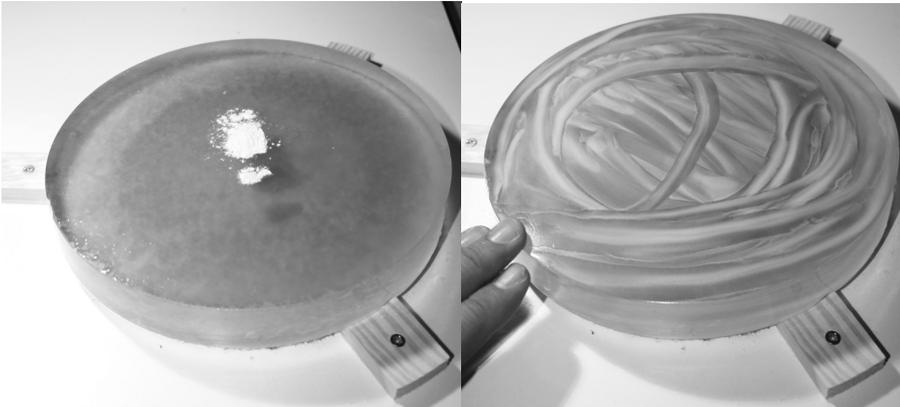
Zum Festhalten des Spiegels während der Schleif- und Polierarbeiten sollte erst eine Arbeitsplatte wie hier im Bild zu sehen vorbereitet werden. Am besten irgendein Material, was sich leicht reinigen lässt. Z.B. ein Stück beschichtete Küchenarbeitsplatte, die in jedem Baumarkt für wenig Geld zu haben sind.



Ein ausgeschnittener Teppich als Unterlage und 3 Holzleisten als seitliche Halterung für das Werkzeug reichen.

4. Grobschliff

Mit Karbo 80 beginnt nun der Grobschliff, gefolgt von Karbo 180, das ich persönlich noch als Grobschliff bezeichne. Dabei wird ca. 1 gestrichener Teelöffel Schleifpulver auf das Werkzeug gegeben und mit etwas Wasser und mit den Fingern großflächig verteilt. Der Spiegel wird nun mit der angefasten Seite vorsichtig auf die Schleifschale gesetzt.



Mit beiden Händen auf dem Spiegel bewegt man nun mit **ganzen Strichen*** und **seitlichem Überhang*** den Spiegel mit kräftigem Druck vor und zurück.



Begriffserklärung:

***Ganze Striche:** Der Spiegel wird soweit über die Schleifschale bewegt, bis seine Mitte auf dem Rand der Schleifschale ankommt. Nicht zu weit, da der Spiegel sonst über die Kante kippt und das Schleifwerkzeug (**Tool**) beschädigt werden könnte. (Muschelbrüche am Rand)



1/3 Strich

1/2 Strich

ganzer Strich

*Seitlicher Überhang:

Um den Spiegel in der Mitte auszuhöhlen muss die Siegelmitte mehr angegriffen werden als der Spiegelrand. Dazu versetzt man den Spiegel seitlich zur Schleifschale und arbeitet mit ganzen Strichen vor und zurück.



Beim Schleifvorgang sollte der Spiegel leicht in eine Richtung gedreht werden, damit er gleichmäßig geschliffen und Astigmatismus vermieden wird. Bei kleineren Spiegeln wie 8" ist das noch relativ unkritisch, da sie recht dick im Verhältnis zum Spiegeldurchmesser sind. (25mm)

Nach kurzer Zeit hört man, dass das laute Geräusch leiser wird und zu einem dezenten Rauschen übergeht. Das Schleifmittel ist nun verbraucht und muss gegen frisches ausgetauscht werden. Dazu zieht man den Spiegel vorsichtig seitlich vom Tool und reinigt beides mit einem feuchten Schwammtuch. Nach einiger Zeit (2 Stunden Arbeit) erkennt man, dass das Tool am Rande deutlich flacher geworden ist, genau in dem Maße indem sich die Spiegelmitte ausgehöhlt wird.



Tool am Ende des Grobschliffs

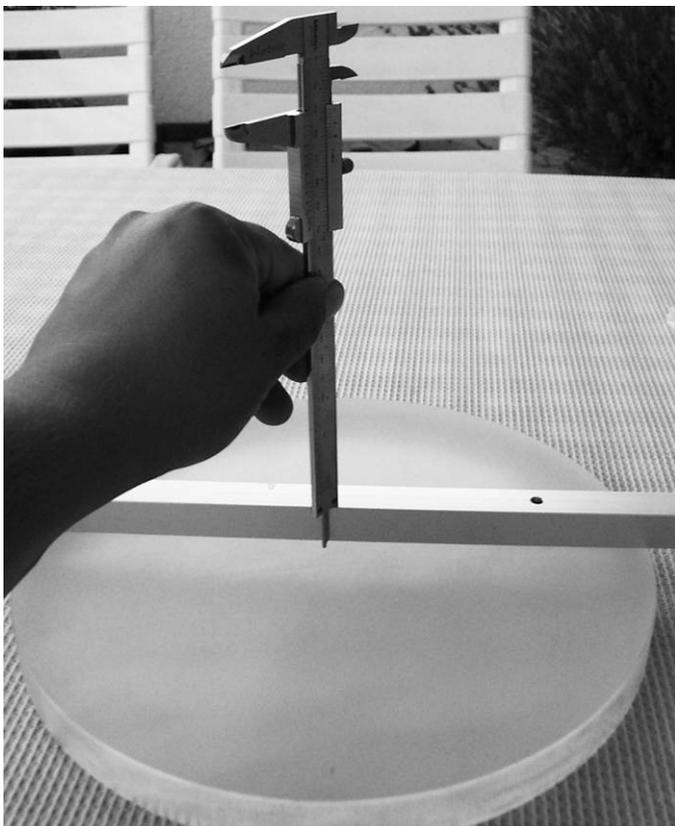


Spiegel

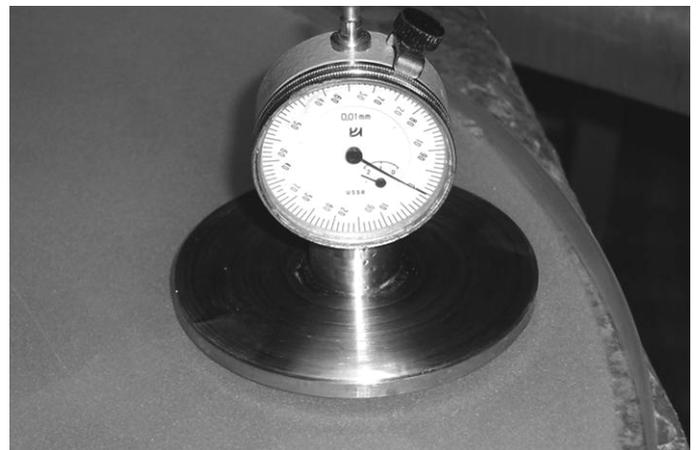
Nicht nur der Spiegel sollte während des Schleifvorgangs leicht bei jedem Strich gedreht werden, auch das Tool muss nach 15 bis 20 Strichen in entgegengesetzte Richtung auf der Unterlage eine kleine Drehung bekommen.

Zwischendurch sollte man die Strichführung wechseln und öfter auch chaotische Striche vornehmen, um den Spiegel an das Tool besser anzugleichen. Auch das Vertauschen von Tool und Spiegel kann man gelegentlich vornehmen, damit erreicht man, dass der Spiegelrand mehr angegriffen wird und man kann mit dieser Methode die Pfeiltiefe wieder verkleinern, wenn man über das Ziel hinausgeschossen sein sollte. Zum Ende des Grobschliffs wird zu 1/3 Strichen ohne Überhang, also Mitte über Mitte übergegangen, um eine genaue Kugelgestalt zu bekommen.

Zur Messung der Pfeiltiefe benötigt man keine komplizierten Messgeräte. Eine Alustange und ein Messschieber reichen völlig aus. Wer die Möglichkeiten hat und auch größere Spiegel schleifen möchte, der kann sich aus einer ringförmigen Auflage und einer Messuhr ein Sphärometer bauen. Damit lässt sich die gesamte Oberfläche des Spiegels an verschiedenen Stellen vermessen. Ist in aller Regel aber nicht nötig.



einfache Messung der Pfeiltiefe



Sphärometer

5. Der Feinschliff

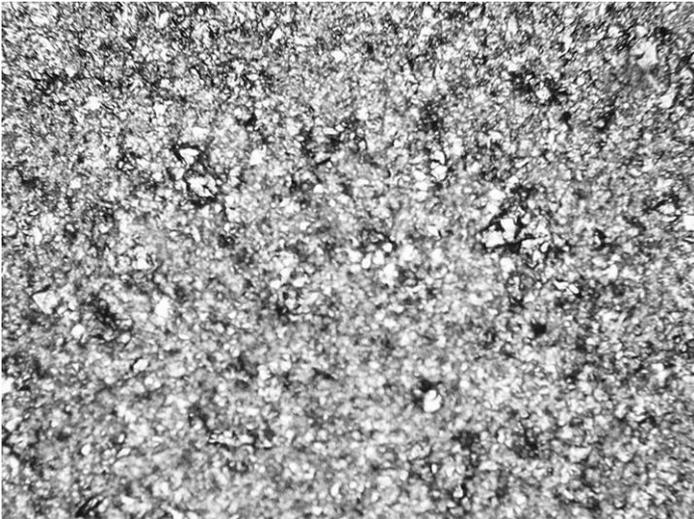
Nachdem wir mit dem Grobschliff Karbo 80 und 180 nach 2-3 Stunden Schleifarbeit nun beinahe die gewünschte Pfeiltiefe erreicht haben (1-2 zehntel), beginnt jetzt der Feinschliff. Grundsätzlich gilt ab jetzt bei jedem Karbowechsel **>>alles gründlich reinigen <<**, da dies die Hauptursache für unschöne Kratzer ist. Die Arbeit wird jetzt etwas angenehmer.

Beim Feinschliff werden wieder maximal $\frac{1}{3}$ Striche ausgeführt, wobei Schleifschale und Spiegel gelegentlich vertauscht werden können. Hin und wieder werden auch unregelmäßige Schleifbewegungen (Chaotische Striche) durchgeführt, um Zonenfehler zu vermeiden. Diese entstehen, wenn der Spiegel mit zu regelmäßiger Strichführung bearbeitet wird.

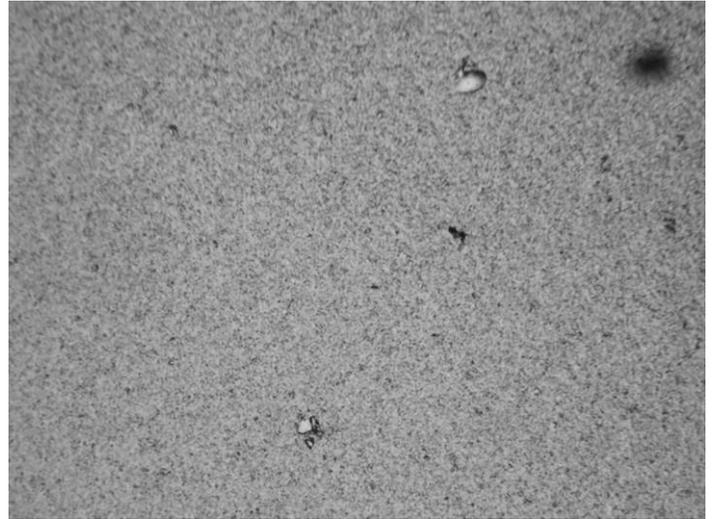
Schleift man immer nur mit dem Spiegel auf der Oberseite, so wird die Mitte mehr angegriffen als der Rand, was dazu führt, dass Rückstände der groben Körnungen am Rand unausgeschliffen bleiben. Beim Polieren können diese dann nicht mehr entfernt werden. Die Folge wäre ein deutlich matter Rand, der nach dem Verspiegeln zu sehen wäre.

Der Feinschliff unterscheidet sich zum Grobschliff nur durch die Korngröße des Schleifmittels, und dient einzig und allein dazu, den Spiegel zum Polieren vorzubereiten. Der Abtrag wird mit der Feinheit des Karbos immer geringer.

Die einzelnen Karbostufen werden auch länger durchgeschliffen. Hat man seinen Arbeitsplatz nicht nach jedem Karbowechsel gründlich gereinigt, ist die Gefahr, sich Kratzer einzufangen, sehr hoch. Dies ist besonders ärgerlich, wenn man kurz vor Ende des Feinschliffs steht und ein K 180 Korn, irgendwo her kommend, plötzlich einen fetten Kratzer auf dem feingeschliffenen Spiegel hinterlässt.



Oberfläche nach dem Grobschliff



Feingeschliffen, aber noch Löcher vom Grobschliff vorhanden

Ganz vermeiden lassen sich Kratzer wahrscheinlich nicht, da wir nicht unter Reinraumbedingungen arbeiten.

Einen gravierenden Einfluss auf die anschließende Qualität des Spiegels haben diese nicht.

Viel wichtiger ist die nahezu perfekte Spiegelform und die Tatsache, dass der Spiegel komplett auspoliert ist.

Eine gute Methode zu überprüfen, wie weit man die Löcher des vorangegangenen Karbos ausgeschliffen hat, ist die Taschenlampenmethode. Dabei wird von unten mit einer Taschenlampe gegen den Spiegel geleuchtet und mit einer Lupe oder einem umgedrehten Okular die Spiegeloberfläche begutachtet.

Kleine Löcher (Pitts) fallen als helle Punkte sofort auf!



6. Politur

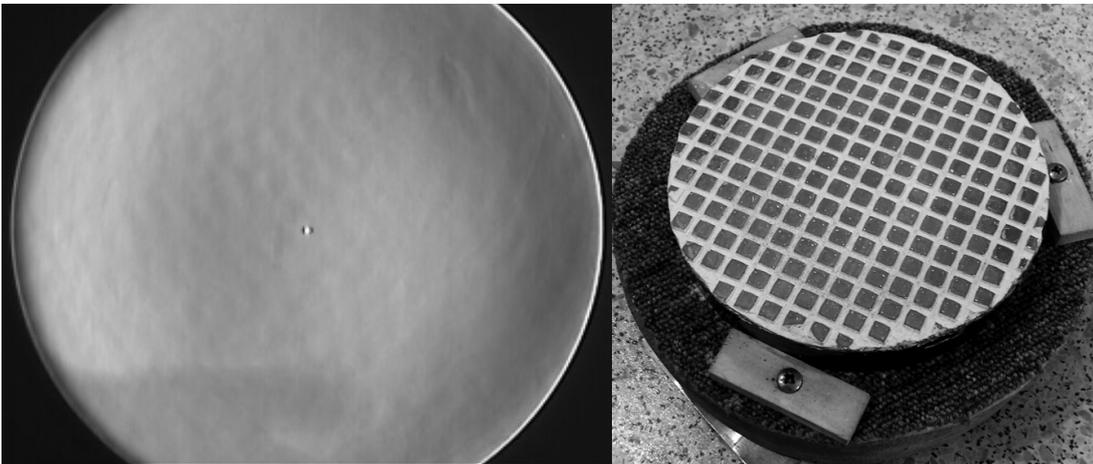
Die Vorgänge beim Polieren unterscheiden sich ganz erheblich vom Schleifprozess mit Karbopulver. Hatten die Karbokörner die Aufgabe, die Spiegeloberfläche durch Herausbrechen von Glaspartikeln immer feiner auszuschleifen, glättet die Politur den Spiegel auf ganz andere Weise. Der Polierprozess wird mit Hilfe eines Polierpulvers Ceri HPC durchgeführt. Dieses Poliermittel rollt nun nicht wie Karbopulver auf der Oberfläche des Spiegels, sondern wird in eine weiche Trägerschicht eingepresst. Beim Polieren schabt das Poliermittel überstehende Glasspitzen ab, die mikroskopisch kleinen Glaslöcher werden förmlich auf atomarer Ebene zugeschmiert.

Durch geeignete Wahl der Strichführung lassen sich der Polierprozess und die genaue Einhaltung der Sphäre steuern.

Doch zunächst muss die Trägerschicht für das Poliermittel hergestellt werden.

Herstellung einer Pechhaut

Zur Herstellung einer Pechhaut kommt optisches Pech zum Einsatz. Dieses Pech ist bei den bereits angesprochenen Schleifsets enthalten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass Pech mit einer Härte von 28°C am besten für die Politur geeignet ist, da es weder zu hart noch zu weich ist. Verwendet man zu weiches Pech z.B. 22°C, so besteht die Gefahr einer abgesunkenen Kante. Bei zu hartem Pech entstehen kleine Kratzer. Die Herstellung einer Pechhaut verlangt etwas Fingerspitzengefühl. Die einfachste Methode besteht in der Verwendung einer Latexgießmatte, die aber eine unebene Struktur auf der Spiegeloberfläche hinterlässt (siehe Bild) und zudem recht teuer ist.



Raue Oberfläche

Um eine geeignete Pechhaut zu gießen gibt es mehrere Methoden, hier eine: Dazu wird zunächst der Spiegel auf eine ebene Unterlage gelegt. Auf den Spiegel legt man einen Bogen Backpapier, der seitlich ca. 10 cm überstehen sollte. Das Pech wird nun vorsichtig in einem alten Topf oder in einer größeren Konservendose erwärmt, bis es etwa die Konsistenz von Honig hat. Bitte nicht in der Küche machen, das Ganze stinkt und gibt Flecken. Offenes Feuer ist unbedingt zu vermeiden, da Pech bei Überschreitung der Zündtemperatur Feuer fängt

Nun wird das flüssige Pech in konzentrischen Kreisen von außen nach innen auf den mit Backpapier belegtem Spiegel gegossen, bis eine runde Fläche entstanden ist. Sofort wird auf das warme Pech das Schleifwerkzeug mit der konvexen Seite aufgesetzt und leicht gepresst. Das Pech sollte an den Seiten der Schleifschale heraustreten. Nach einer kurzen Erkaltungsphase kann das Backpapier von der Pechhaut abgezogen werden. Der zurückbleibende Rand wird mit einem Messer weggebrochen.

Auf die glatte Pechhaut muss nun ein Rillenmuster eingepreßt werden. Dazu erwärmt man die Pechhaut mit einem Föhn oder besser noch, in einem heißen Wasserbad und drückt mit einem keilförmigen Stab Rillen im Abstand von 2-3 cm in das weiche Pech.

Das geht natürlich auch mit anderen Hilfsmitteln. Der Phantasie sind hier keine Grenzen gesetzt.

Im Anschluss daran wird der Spiegel mit dem zuvor mit Wasser angerührten Poliermittel bestrichen und auf die noch warme Pechhaut aufgesetzt. Die Pechhaut nimmt so die genaue Kontur des Spiegels an. Erst wenn die Pechhaut auf der gesamten Spiegelfläche Kontakt hat, kann vorsichtig mit den ersten Polierstrichen begonnen werden. Da Ganze muss auf

jeden Fall erkaltet sein! Als vorteilhaft hat sich das Einpressen einer Mikrostruktur bewährt. Dabei wird einfach während des Pressvorgangs ein Stück Gaze oder Fliegengitter aus Nylon zwischen Pechhaut und Spiegel gelegt. Die eingepresste Mikrostruktur sorgt für eine effektivere Arbeit und verkürzt die Polierzeit.

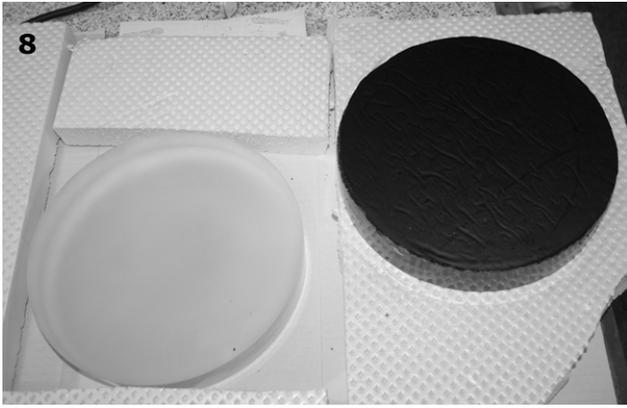
Hier Bilder dazu!



3 Das optische Pech wird erwärmt

2 Backpapier als Trennschicht

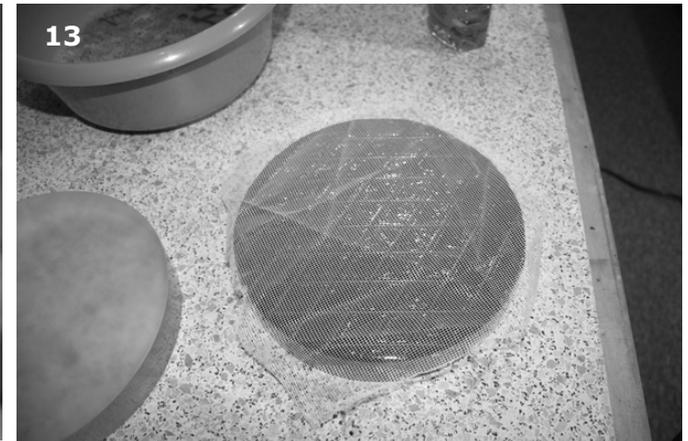




Einpressen des Gitters

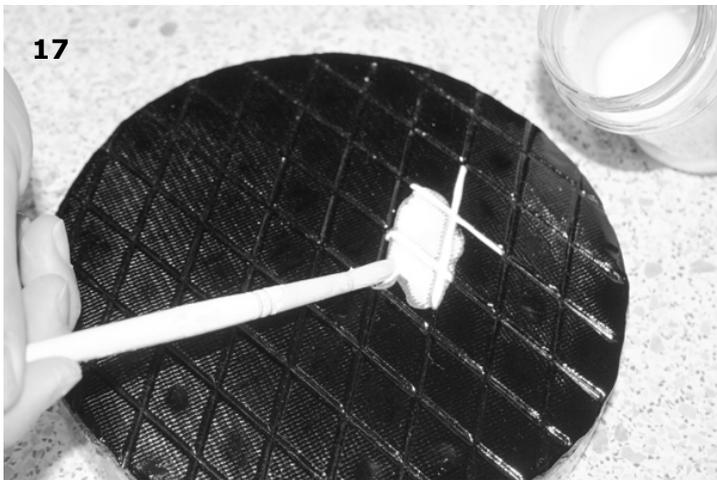
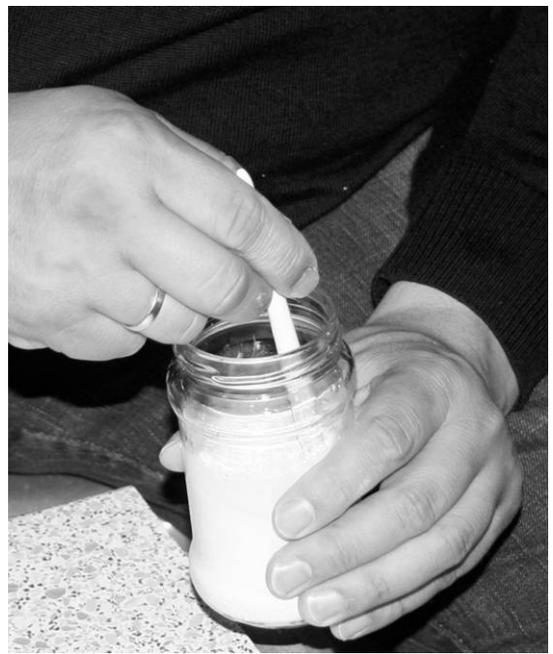


Kunststoff- Fliegengitter

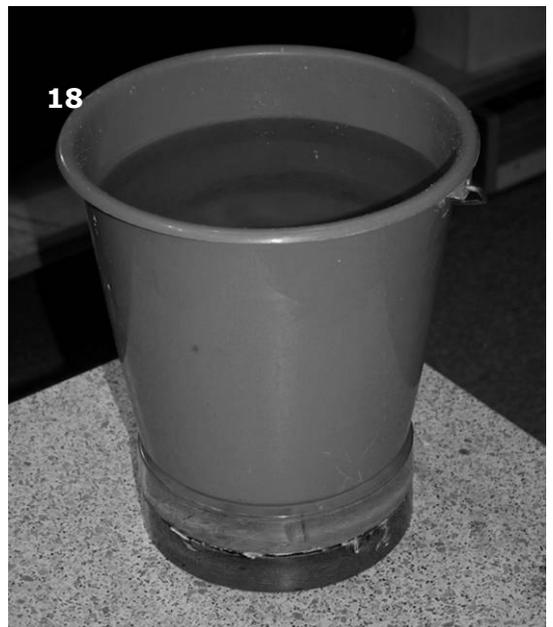




Das Poliermittel wird mit Wasser zu einer Suspension verrührt.



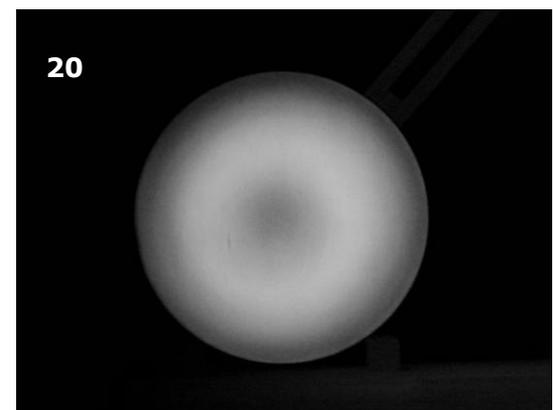
Poliermittel auftragen



Anpassen der Pechhaut an den Spiegel



Erster Reflex nach kurzer Polierzeit



erstes Foucaultbild

Der Spiegel beginnt zu glänzen.

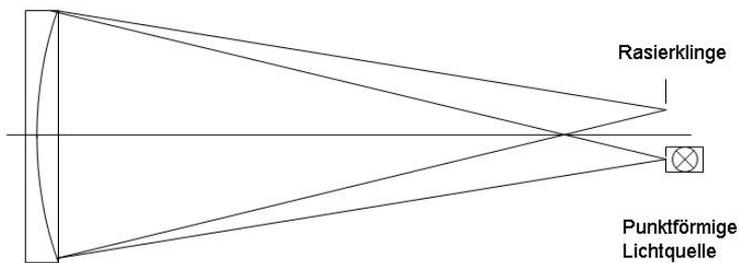
Nach ungefähr 15- 20 Minuten polieren mit langsamen 1/3 Strichen Mitte über Mitte wird das erste Mal der Spiegel abgezogen. Der Spiegel wird anfänglich etwas ruckeln, da die Pechhaut noch nicht exakt passt. Dann heißt es noch einmal warm pressen und erneut polieren. Nach dem Reinigen und anschließenden Trockenreiben mit fusselreien Papiertüchern ist normalerweise ein deutlicher Reflex zu erkennen, der im Idealfall über die gesamte Spiegelfläche gleichmäßig verteilt ist. In aller Regel glänzt die Mitte aber mehr als der Randbereich. Mit dem Spiegel kann nun zum ersten Mal die Foucaultsche Schattenprobe durchgeführt werden.

Das Messergebnis entscheidet über die Strichführung mit der der Spiegel weiter poliert wird. Hier gibt es die unterschiedlichsten Varianten. Das Ziel ist, zunächst einen vollständig auspolierter Spiegel zu erhalten, bevor die Form des Spiegels stimmt.

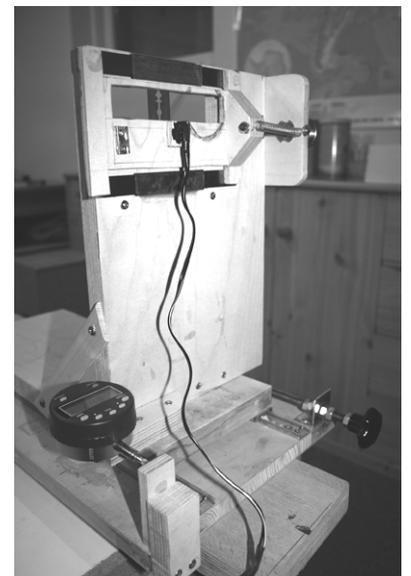
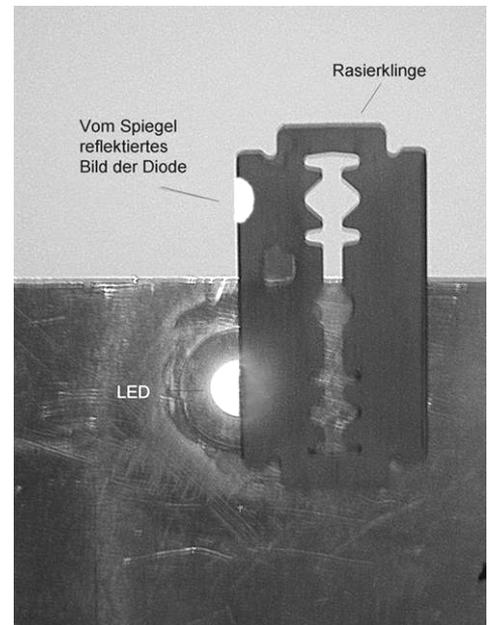
7. Messaufbau

Die genaue Überprüfung der Spiegeloberfläche ist während der Polierarbeit äußerst wichtig. Der sphärische Spiegel reflektiert die vom Krümmungsradius ausgehenden Lichtstrahlen wieder in die Ebene des Strahlenursprungs zurück.

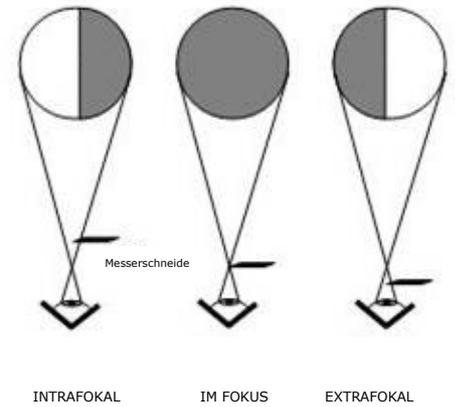
Schattenprobe nach Foucault



Teleskopspiegel



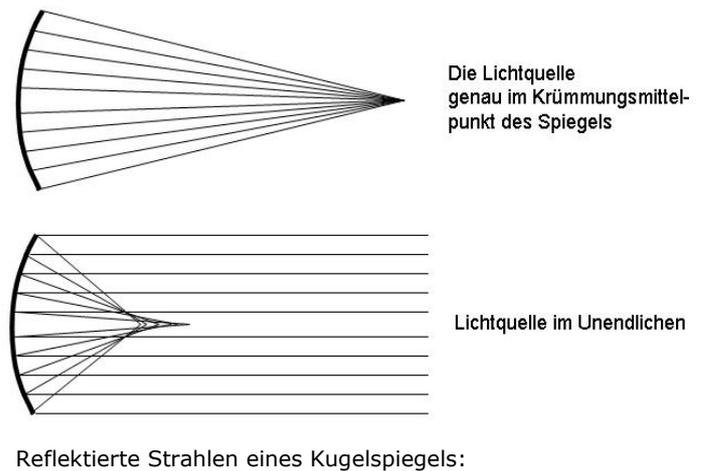
Führt man in diesen Lichtstrahl eine scharfe Schneide hinein, so kann man direkt hinter dieser das geschnittene Strahlenbündel mit dem Auge beobachten. Schneidet die Messerschneide die Strahlenbündel vor dem Krümmungsradius, so verdunkelt sich der Spiegel von der Seite, von der sich die Messerschneide hineinbewegt. Befindet sich die Schneide dagegen hinter dem Krümmungsradius, so verdunkelt sich der Spiegel genau von der anderen Seite. Befindet man sich direkt im Krümmungsmittelpunkt, so kann man die Richtungen, aus der das Strahlenbündel verdunkelt wird, nicht mehr unterscheiden. Genau in diesem Punkt sind alle Höhen und Tiefen der Spiegeloberfläche zu erkennen, da diese auch unterschiedliche Krümmungsradien aufweisen. Ein genau sphärischer Spiegel erscheint als vollkommen ebene Fläche. Diese Art der Messung ist äußerst genau (Siehe Bild „Rauhe Oberfläche“). Selbst Fehler von nur $1/100000$ mm lassen sich so erkennen.



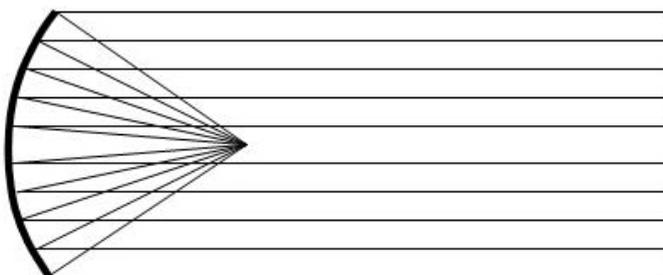
8. Parabolisierung

Zunächst sollte erklärt werden, dass eine Parabolisierung nur bei Spiegeln notwendig ist, bei denen das Öffnungsverhältnis kleiner $f/8$ ist. Die Korrekturen sind hier so klein und der Effekt so gering, dass man darauf auch verzichten kann.

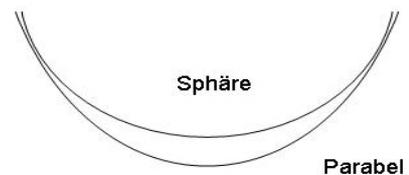
Bei der Foucault'schen Schattenprobe steht die Lichtquelle genau im Krümmungsmittelpunkt des Kugelspiegels. Dorthinein wird auch das projizierte Bild zurückgeworfen. Da Sterne aber nicht aus dem Krümmungsmittelpunkt, sondern aus dem Unendlichen strahlen und parallele Lichtstrahlen aussenden, verkürzt sich der Brennpunkt genau auf die Hälfte des Krümmungsmittelpunktes des Spiegels. Das im Brennpunkt erzeugte Bild ist nicht mehr scharf, sondern weist einen Bildfehler auf, die sphärische Aberration. Dabei werden achsferne Strahlen in einem anderen Brennpunkt gebündelt, als achsnaher Strahlen.



Eine Möglichkeit, diesen Bildfehler zu beheben, stellt die Umwandlung des sphärischen Spiegels in einen Parabelspiegel dar. Gelingt dies, so treffen sich alle aus dem Unendlichen kommenden Strahlen genau im Brennpunkt. Der Parabelspiegel erzeugt somit ein scharfes Bild.



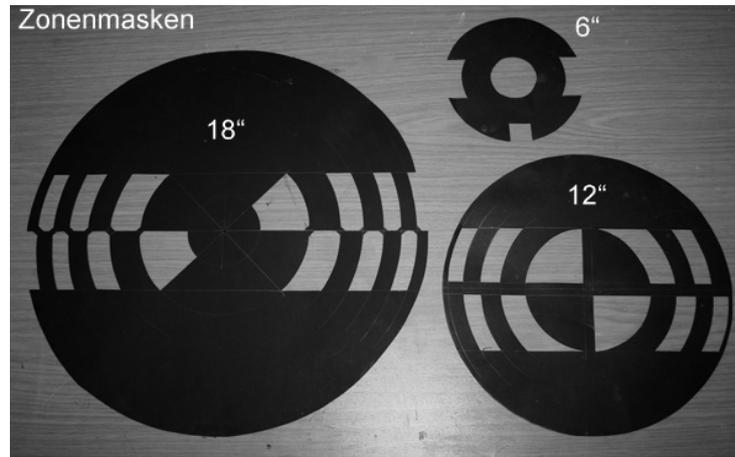
parabolisierter Spiegel



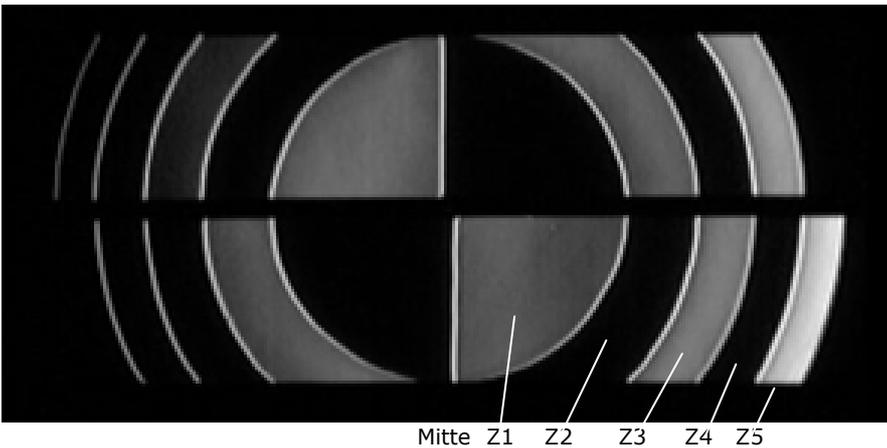
Misst man nun einen Parabelspiegel mit der Foucault'schen Schattenprobe, so bündelt er die aus dem Krümmungsradius kommenden Strahlen nicht mehr in einem Punkt. Er verhält sich also wie ein Kugelspiegel, dessen Strahlen aus dem Unendlichen kommen.

Diesen Effekt kann man nutzen, um die genaue Form der Parabel über die Schnittweitendifferenzen der unterschiedlichen Krümmungsradien zu ermitteln.

Vor der eigentlichen Parabolisierung muss zunächst berechnet werden, wie die genaue Parabelform aussehen muss. Dazu teilt man den Spiegel in einzelne Zonen ein und ermittelt für jeden Mittelpunkt der Zone den zugehörigen Krümmungsradius. Bei kleineren Spiegeln unter 20 cm Durchmesser reichen 3 Zonen. Je größer der Spiegeldurchmesser wird, desto mehr Zonen sollte man zur Messung vorsehen.



Beispiel anhand eines 300 mm Spiegels mit 5 Zonenmaske



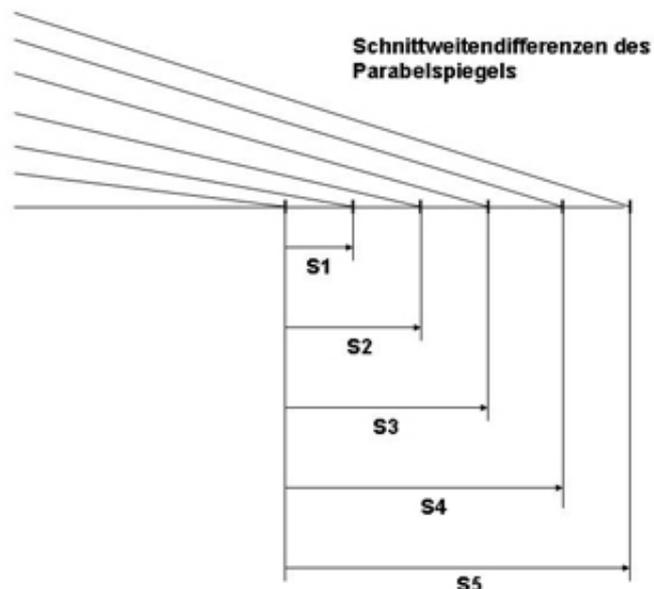
Die radial angeordneten Zonen mit gleichen Krümmungsradien verdunkeln sich in der Schattenprobe zur gleichen Zeit. Für jede einzelne Zone kann somit der Krümmungsradius und durch Ausrechnen die Differenzen der Krümmungsradien bestimmt werden.

Beispiel: Mittlerer Krümmungsradius (r) des Spiegels: 3380 mm, Zonenabstand (Z_r) von der Mitte des Spiegels aus gemessen:

- Zone 1 = 47 mm
- Zone 2 = 82 mm
- Zone 3 = 106 mm
- Zone 4 = 125 mm
- Zone 5 = 142 mm

So ergeben sich nach der Formel:

$$s = \frac{Zr^2}{2r}$$



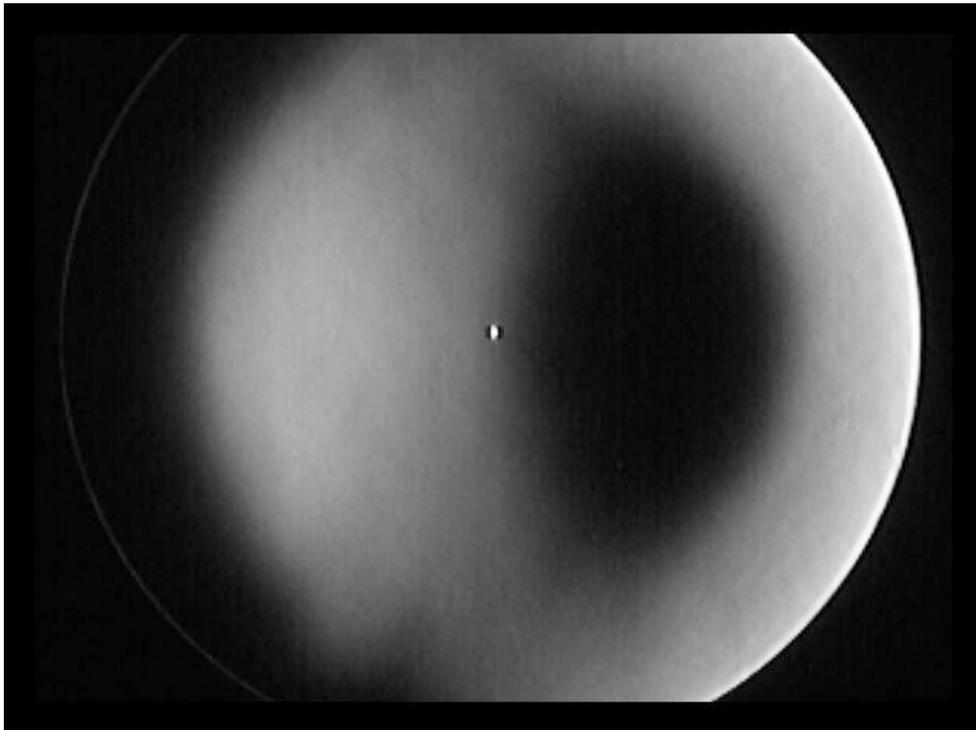
folgende Schnittweitendifferenzen

Zone 1 : 0,33 mm (S1)
Zone 2 : 0,99 mm (S2)
Zone 3 : 1,66 mm (S3)
Zone 4 : 2,31 mm (S4)
Zone 5 : 2,98 mm (S5)

Der Spiegel muss nun so parabolisiert werden, dass man möglichst nahe mit den gemessenen Werten an die errechneten Werte herankommt. Dabei wird die Pechhaut in einer Art Zick- Zack- Bewegung langsam über den Spiegel geführt, damit sowohl eine Vertiefung der Spiegelmitte als auch eine Vertiefung des Randes eintritt.

Das genaue Parabolisieren ist meiner Meinung nach das Schwierigste am Spiegelschleifen. Es erfordert viel Geduld, eine wirklich genaue Parabelform zu polieren. Besonders bei größeren Spiegeln ist die Toleranz zum errechneten Wert sehr gering. Da große Spiegel eine höhere Auflösung besitzen als kleine Spiegel, haben sie auch kleinere Beugungsscheibchen, in denen sich das gesammelte Licht konzentrieren muss. Kleinere Spiegel sind für den Anfänger deshalb zu empfehlen, da hier viel höhere Herstellungstoleranzen bestehen. Wenn alle Mühe bei der Parabolisierung nicht zum Erfolg führt, sollte der Spiegel wieder in seine ursprüngliche Kugelform mit 1/3 Strichen Mitte über Mitte zurück poliert werden, um erneut mit der Parabolisierung zu beginnen.

Wenn der Spiegel aber die gewünschte Parabelform aufweist dann Glückwunsch, es ist geschafft.



Fertig parabolisierter Spiegel im Foucault-Test.

Bereits ohne Verspiegelung lassen sich Objekte wie Mond und hellere Sterne beobachten, um einen ersten Eindruck der Leistungsfähigkeit des Spiegels zu bekommen.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, zunächst einmal das das Teleskop zu konstruieren und mit unbelegtem Spiegel erste Tests am Stern durchzuführen. Ist der Spiegel einmal bedampft, lassen sich keinerlei Korrekturen an seiner Form mehr ausführen. Zeigt der Spiegel ein einwandfrei scharfes Bild im Fokus, sowie gleiche Beugungserscheinungen bei starker Vergrößerung Intra- und Extrafokal, so

kann davon ausgegangen werden, dass der Spiegel allen Anforderungen die man an ihn stellt gerecht wird.

Analyseprogramme

Wer es gerne etwas genauer und bequemer hat und wissen will, welche Leistungsdaten sein Spiegel aufweist, für den kann die Verwendung von Optik- Analyse- Programmen wie „FigureXP“ oder „Foucault- Test- Analyser“ hilfreich sein. In diese Freewareprogramme lassen sich die Spiegeldaten und die Lage der Zonen auf der Zonenmaske eingeben. Über die gemessenen Schnittweitendifferenzen berechnet das Programm die Abweichungen von der Idealform und zeigt diese in einer grafischen Darstellung an und erleichtert die Beurteilung der Spiegeloberfläche erheblich. Hierbei wird mit Hilfe einer WebCam das Bild am Monitor begutachtet und mit dem Foucaulttest die entsprechenden Schnittweiten durch gemessen. Am Ende lassen sich z.B. Strehl-Wert, Rauigkeit des Spiegels und andere Messwerte ablesen.

Verspiegelung:

Die Verspiegelung kann von uns nicht selbst vorgenommen werden. Sie wird bei gesondert dafür ausgestatteten Firmen durchgeführt. Im Hochvakuum wird dabei eine wenige Atomlagen dicke Aluminiumschicht aufgedampft und mit einer Quarzschuttschicht versehen, die das oxidieren des Aluminiums verhindert. Sie stellt keinen Schutz vor mechanischem Abrieb da!

Schlusswort: Auch wenn ich hier nur die wesentlichsten Dinge zum Thema „Spiegelschleifen“ zusammengetragen habe, bleiben noch viele Fragen offen, die nur während der praktische Durchführung zu beantworten sind. Fakt ist, dass jeder der etwas Geduld mitbringt, einen guten oder sogar sehr guten Teleskopspiegel herstellen kann. Und dies wird hoffentlich auch gelingen!

Viel Erfolg,

Thomas Winterer