



1



2



3

**1** Virtuelle Einbettung einer möglichen Schliffform in den Rohling

**2** Noch unbehandelter Beryll

**3** Das geschliffene und polierte Endprodukt in der Form »Emerald«

Ein weiterer Vorteil bei der automatischen Feinpolitur: Die Maschine setzt den Stein so auf der Polierscheibe auf, dass die Facette gleichmäßig aufliegt; so können sich keine Furchen bilden, weder auf dem Stein noch auf der Polierscheibe .

Ein großer Vorteil der Anlage liegt darin, dass sie bis zu 30 Prozent mehr Volumen aus den Rohsteinen herausholt. Jeder Stein, der von der Anlage geschliffen wurde, erzielt daher auf dem Markt auch einen deutlich höheren Preis – so lohnt es sich wieder, die Edelsteine in Deutschland zu schleifen. Bei Rohsteinen mittlerer Qualität amortisiert sich die Anlage bereits nach ein bis zwei Jahren.

**Wir bieten Ihnen:**

- Maximierung des Schmucksteingewichts
  - Ästhetische Aspekte als Randbedingungen
- Beherrschung der Komplexität durch Modellreduktion
- Physikalische Prozessmodellierung, individuelle Prozesssteuerung:
  - Scannen
  - Einbettung berechnen
  - Schleifen
  - Polieren

**Projektpartner**

- Paul Wild GmbH Kirschweiler

**Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM**

Fraunhofer-Platz 1  
67663 Kaiserslautern

**Kontakt**

Dr. Peter Klein  
Telefon +49 631 31600-4591  
peter.klein@itwm.fraunhofer.de

Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer  
Abteilungsleiter  
Telefon +49 631 31600-4491  
karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de

[www.itwm.fraunhofer.de](http://www.itwm.fraunhofer.de)

## OPTIMALE VERWERTUNG VON FARBEDELSTEINEN – EXAKTER SCHLIFF FÜR EDELSTEINE

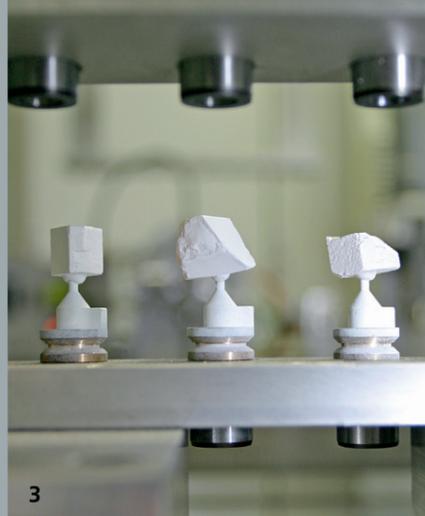




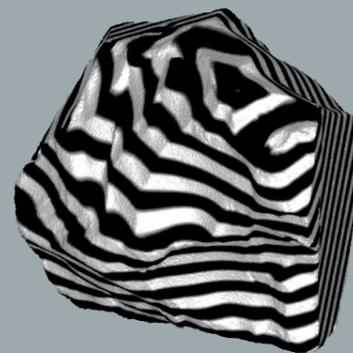
1



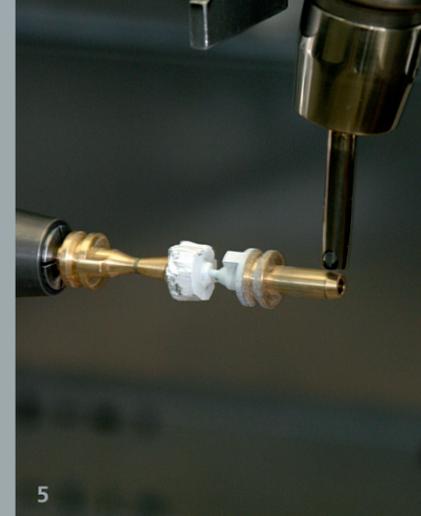
2



3



4



5



6

**1** Der Edelstein in seinem Ausgangszustand hat noch wenig Ähnlichkeit mit einem Schmuckstein.

**2** Vor der Bearbeitung wird der Stein auf einen Messingstab geklebt.

**3** Hauchdünn mit weißer Körperfarbe überzogen, warten Rohsteine in einer Reihe auf die Vermessung.

### Maximierung des Schmucksteingewichts

#### Schleifen ist bisher Handarbeit

Erst mit dem richtigen Schliff zeigen Edelsteine, was in ihnen steckt. Und nur, wenn die Facetten gleichmäßig und exakt sind, erzielen die teuren Schmucksteine auf dem Markt den Höchstpreis. Beim Schleifen – das bisher ausschließlich in Handarbeit durchgeführt wird – bleibt von dem wertvollen Rohstein jedoch nur wenig übrig: Bis zu 70 Prozent rieseln als Staub herab, nur gut 30 Prozent funkeln später als Schmuckstück im Licht. Bei einem Stein beispielsweise, der in einem Ring verarbeitet ist, läuft die Unterseite meist spitz zu – vom ursprünglichen Rohstein muss einiges weggenommen werden, um diese Form zu erhalten. Bei Diamanten ist der Schliff genau vorgegeben – nur, wenn alle Flächen im richtigen Winkel angeordnet sind, erzielt man den Prismeneffekt, für den der teure Stein so berühmt ist. Bei Farbsteinen – also etwa Rubinen, Smaragden, Turmalinen – sind die Facharbeiter dagegen fast völlig frei, sie können die geschliffenen Flächen nach Belieben anordnen. Es gibt Tausende Facettierungsmuster. Doch mit welchem der zahlreichen Schliffmuster holt man am meisten aus dem jeweiligen Rohedelstein heraus? Geübte Fachleute haben dies im Gespür: Sie entfernen vorsichtig Ecken und Kanten und tasten sich so Schritt für Schritt an die endgültige Form heran.

#### Neuer Ansatz am ITWM

Mit modernsten Methoden der mathematischen Optimierung werden am Fraunhofer ITWM Lösungen berechnet, die bis zu 30 Prozent mehr aus dem Rohstein heraus holen, im Mittel 15 Prozent. Die Vielfalt der Schliffmuster sowie die große Anzahl der Freiheitsgrade erforderte eine Modellierung als semi-infinites Problem, also ein Problem mit unendlich vielen Nebenbedingungen. Erst seit wenigen Jahren gibt es hierfür numerische Verfahren, aber auch diese waren der Komplexität nicht gewachsen und mussten weiterentwickelt werden.

#### Bestimmung der optimalen Grundform

Eine vollautomatische Schleifmaschine ist bei der Firma Paul Wild GmbH bei Idar-Oberstein im Einsatz. Die Maschine – eine CNC-Schleifmaschine mit 17 Achsen – vermisst zunächst die Oberfläche des Rohsteins. Vollautomatisch werden dazu schmale Lichtstreifen auf den Stein projiziert, anhand ihrer Krümmung lässt sich die Geometrie des Rohsteins bestimmen. Damit die Streifen nicht zusätzlich durch die halbtransparenten Edelstein-Rohlinge verzerrt werden, bedecken die Mitarbeiter diese zuvor mit einer dünnen Farbschicht. In zehn Minuten ermittelt der Rechner für den jeweiligen Rohling das Bild des eingeschlossenen Schmucksteins, der geschliffen werden soll. Er berechnet für elf Schliffformen, wie groß der nach dieser Form geschliffene Stein wäre. Hat der Rechner die optimale Grundform gefunden, stellt sich die Frage, wie viele Facetten den Rohling zum Funkeln bringen sollen: 16 oder doch eher 600?

#### Schleifen nach individuellen Vorgaben des Kunden

Sowohl bei der Grundform als auch bei der Anzahl der Facetten kann der Kunde mitbestimmen. Am Bildschirm sieht er die verschiedenen Möglichkeiten und kann per Mausklick wählen: Lieber die ovale Form, auch wenn dabei ein bisschen mehr Rohstein als Staub herabrieselt, oder doch besser die Form, bei der am meisten Karat entstehen?

#### Schleifen im Mikrometerbereich

Steht der Schleifplan, sendet der Computer die entsprechenden Befehle an die Prozesssteuerung. Damit der Greifer der Maschine den Stein halten kann, wird dieser zunächst mit einem Messingstab verklebt. Anschließend geht es an die Schleifarbeit: Die Maschine hält den Stein am Messingstab und drückt ihn mikrometergenau auf die sich drehende Schleifscheibe. Ist die Vorderseite geschliffen und poliert, klebt die Anlage einen weiteren Messingstab an den Stein – genau gegenüber des ersten Stabs. Ist der zweite Stab angebracht, entfernt sie den ersten Stab und macht sich daran, auch die Rückseite des Steins zu schleifen.

Die 17 Achsen der Schleifmaschine sorgen dafür, dass der Stein sich auf jeder beliebigen Bahn bewegen kann. Die Anlage schleift die Facetten auf zehn Mikrometer genau – die Steine werden also perfekt geometrisch und funkeln daher umso mehr.

Zum Vergleich: Per Hand erreicht man eine Genauigkeit von etwa 100 Mikrometern, also ungefähr Haaresbreite. Diesen Effekt kann das menschliche Auge durchaus auflösen: Handpolierte Steine wirken weniger exakt, die Facetten und Schleifkanten scheinen leicht rund zu sein.

Bis ein Rohstein seine Facetten erhalten hat, braucht die vollautomatische Anlage durchschnittlich 20 Minuten. Zwar benötigt sie zum Schleifen etwas länger als ein Facharbeiter, denn die Steine können bei zu starkem Schleifdruck und folglich zu hohen Temperaturen zerspringen. Ein Facharbeiter hat ein Gefühl dafür, wie stark der Stein sich beim Schleifen erwärmt und spürt, wann es Zeit ist, dem Stein eine Abkühlungspause zu gönnen. Die Maschine lässt den edlen Staub etwas langsamer rieseln als ein menschlicher Schleifer. So überhitzt der Stein auch dann nicht, wenn die Wasserkühlung nicht mehr ausreicht. Beim Polieren dagegen ist die Maschine schneller: Während der Facharbeiter den Stein immer wieder abwischen muss, um zu schauen, wo noch nachpoliert werden muss, berechnet die Anlage die Polierzeit je nach Steinart, Facettengröße und dem Gewicht des Steins und stellt sie automatisch ein. So erreicht man schon mit dem ersten Polierdurchgang Spiegelglanz.

**4** Um die Geometrie des Rohlings zu bestimmen, werden schmale Lichtstreifen auf den Stein projiziert und von verschiedenen Seiten Bilder aufgenommen.

**5 + 6** Dann packt sie die Roboterfaust am angeklebten Messingstift und schleift sie in die gewünschte Form. Wasser sorgt für Kühlung.