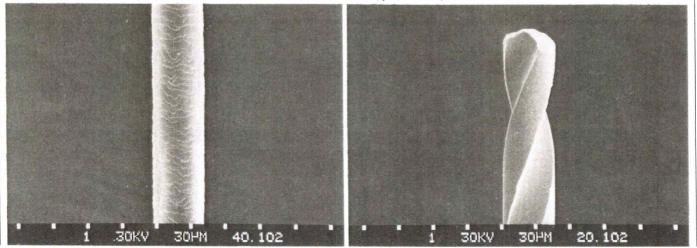


## Kleinstbohrer optimiert

Um den Kleinstbohrer ist es eine Zeitlang sehr ruhig gewesen. Es gab sogar Stimmen, die dieses Feinstwerkzeug schon durch andere Bohrverfahren wie den Laserstrahl substituiert sahen. Umso mehr überrascht, daß insbesonders der enorme Entwicklungsschub aus dem Bereich der Mechatronic (Feinmechanik und Elektronik) die Nachfrage nach Kleinstbohrern drastisch verstärkte. Grund genug für Gühring, die Zerspanungsleistung wieder einmal unter die Lupe zu nehmen.

Bild 2.2: Als kleinsten Durchmesser fertigen wir 0.05 mm! Das ist soviel wie bei einem Menschenhaar. Die linke REM-Aufnahme zeigt ein Menschenhaar, die rechte einen Kleinstbohrer, jeweils mit 0.05 mm Ø.



## Dünn wie ein Menschenhaar

Kleinstbohrer sind Feinstwerkzeuge zur Herstellung von Bohrungen von 0,05 bis 2,00 mm Durchmesser (Bild 2.1). 0,05 (!) mm Ø, das ist in etwa soviel wie der Durchmesser eines Menschenhaars (Bild 2.2). Bedenkt man dann weiter, daß in ein solches Ministäbchen noch 2 Nuten geschliffen werden und die Spitze einen 2-Flächenanschliff erhält, dürfte die Einstufung "Wunderwerk der Werkzeugherstellung" keine Übertreibung sein.

Nachdem die stark steigende Nachfrage dem Kleinstbohrer wieder die ihm gebührende Achtung zurückgab, setzten wir uns die mutige Aufgabe,

a) durch Umgestaltung des Werkzeugs und

b) durch Optimierung der Schnittbedingungen

die bisherige Zerspanungsleistung zu verbessem. "Mutig" deshalb, weil wir den Kleinstbohrer (auch Uhrenbohrer genannt) schon seit über 30 Jahren fertigen und er aus diesem Grund als konstruktiv ausgereift, als nicht mehr verbesserungsfähig angesehen werden durfte.

## Von 17 Änderungen brachten 4 den Erfolg

Die Festlegung der zu untersuchenden Parameter erforderte Kreativität. Und die hatte unser Entwicklungschef. Nicht weniger als 17 untersuchungswürdige Punkte legte er fest. 4 davon,

- Änderung der Steigung
- Änderung des Kernanstiegs
- Änderung des Nutenprofils
- Änderung der Wärmebehandlung hinsichtlich Prozeß-, Abschreck-, Haltezeiten usw.,

brachten in ihrer Summierung schlußendlich das für alle überraschend positive Ergebnis (Bild 2.3).

Hält man sich vor Augen, daß wir pro Parameter 100 Werkzeugtypen fertigten (jeweils mit  $\emptyset$  = 0,25 mm), wird klar, daß nur durch Automatisierung der Zerspanungstests die dafür notwendige Zeit in

akzeptablem Rahmen gehalten werden konnte. Wir haben deshalb einen rechnergesteuerten Versuchsstand (Bild 2.4) mit Spezialeinrichtungen aufgebaut, womit wir die Vorschubkräfte automatisch messen und überwachen konnten (Bild 2.5). Alle Werkzeugtypen testeten wir darauf konstant mit dem bisher üblichen relativen Vorschub f = 0,01 mm/U, jedoch mit mindestens 4 verschiedenen Schnittgeschwindigkeiten. Die Standwegkurven bildeten wir durch mathematische Regression unter ständiger Berücksichtigung einer ausreichenden statistischen Sicherheit. Werkstückstoff für die Versuche war St 52.

## Ergebnis: Schnittgeschwindigkeit verdoppelt, Standweg verdreifacht

Der 2. Teil der Versuchsreihe galt der Optimierung der Schnittparameter (Bild 2.6). Um nun höchste Standwege bei höchsten Vorschüben zu bekommen, bildeten wir eine praxisorientierte Optimierungsfunktion, d.h., das Produkt aus der Multiplikation des Standwegs ( $L_f$ ) und der absoluten Vorschubgeschwindigkeit ( $v_f$ ). Beispiel für  $\emptyset$ = 0,25 mm und Standweg  $L_f$ = 800 mm:

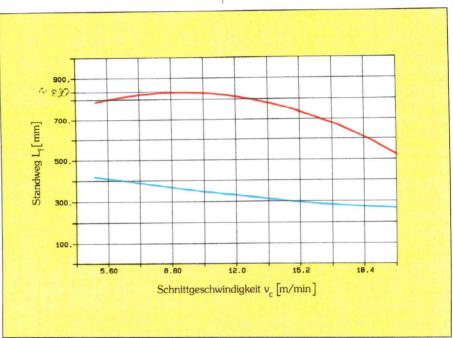


Bild 2.3: Vergleich der Standwege in St 52 der konventionellen (###) blau und der optimierten Werkzeuge (blau). D = 0,25 mm, f = 0,01 mm/U.



Bild 2.4: Versuchsstand für die Optimierung der Kleinstbohrer bezüglich Konstruktion und Schnittparameter.

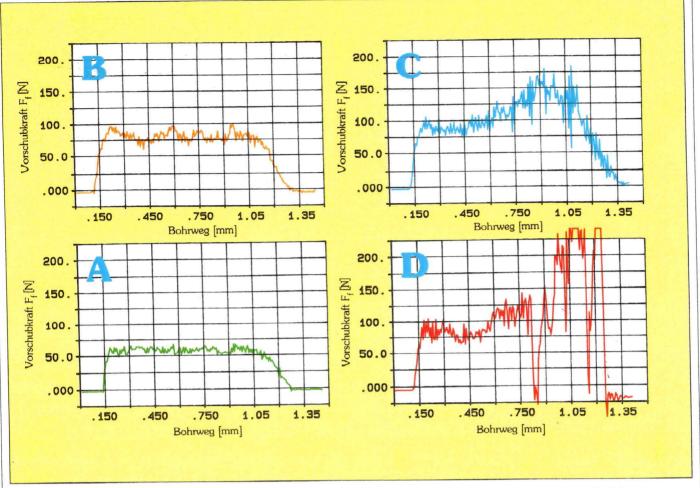


Bild 2.5: Veränderung der Vorschubkräfte in Abhängigkeit des Verschleißzustandes. A = 1. Bohrung, B = 80. Bohrung, C = 139. Bohrung, D = 140. Bohrung (Bruch). D = 0,25 mm,  $v_c$  = 19,6 m/min, n = 25.000 U/min, f = 0,01 mm/U. Werkstück: St 52.

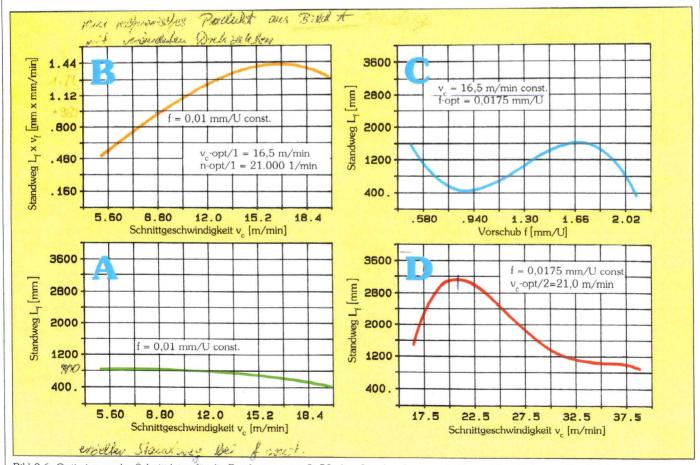


Bild 2.6: Optimierung der Schnittdaten für die Bearbeitung von St 52. A = Standwegkurve nach Geometrieoptimierung, B = Leistungskurve, C = Vorschubkurve bei  $v_c$  optimiert, D = Standwegkurve nach Vorschuboptimierung.

0,309 0,271
0,271
0,271
0,232
0,193
0,155
0,116
rei elle in prodes
0,077
0,030
0,008

Bild 2.7: Die optimierten Richtwerte für die Bearbeitung der wichtigsten Werkstoffe mit HSCO-Kleinstbohrern, f = mm/U.

 $v_c = 6,28 \text{ m/min}$  n = 8000 U/min f = 0,01 mm/U $v_c = 80 \text{ mm/min}$ 

Und nun die Optimierungsfunktion:  $v_c = L_f \times v_f = 800 \times 80 = 64.000$ 

Mit dieser einen Leistungszahl ist uns aber nicht gedient. Wir lassen den Computer weiterrechnen und erhalten die Kurve wie in Bild 2.6 B dargestellt. Die optimale Schnittgeschwindigkeit für den  $\emptyset = 0,25$  mm in St 52 liegt demnach bei  $v_c = 16,5$  m/min.

Zur Festlegung des optimalen relativen Vorschubs f (mm/U) fahren wir die Versuche jetzt mit der ermittelten optimalen Schnittgeschwindigkeit (Bild 2.6 C). Und zum guten Schluß noch eine letzte Versuchsreihe mit sämtlichen optimierten Schnittdaten (Bild 2.6 D). Vergleichen wir nun die Standwegkurven von Bild 2.6 A und Bild 2.6 D, so wird die durch die Optimierung erzielte Leistungssteigerung mehr als deutlich: Trotz Verdopplung der Schnittgeschwindigkeit erhalten wir eine durchschnittliche Erhöhung der Standwege um das 3fache. Also ein Ergebnis, das den 2 Hauptforderungen jeden Anwenders voll und ganz entspricht.

Diese für Standardwerkzeuge (z.B. DIN 338) undenkbare Leistungssteigerung unterstreicht die Notwendigkeit, die Einsatzdaten für Kleinstbohrer neu festzulegen. Ihre optimalen Schnittparameter sind in viel stärkerem Maße abhängig von den Einsatzbedingungen und von den zu bearbeitenden Werkstoffen als bei Standardwerkzeugen - verständlich und logisch, wenn wir die empfindliche Konstruktion betrachten. Die von uns neu erarbeiteten und empfohlenen Richtwerte haben wir in Bild 2.7 zusammengefaßt. Bei genügendem Interesse werden wir die Richtwerttabelle separat auf einen stabilen Karton drucken. Ein Kreuzel auf beigehefteter Infokarte dokumentiert Ihr Interesse.

Standzeit: 220 Bohrungen, bisher = 80 Bohrungen.

