

Verfahren mit größerem funktionellen Anpassungspotential sind im Folgenden beschrieben.

#### 2.7.6.4 Plateauhonen

Die Plateauhonung erzeugt eine gezielt gestaltete Profilform. Sie besteht aus gleichmäßigen feinen Profilabschnitten, die als Plateaus mit geringer Kontaktrauheit gute Gleiteigenschaften generieren. Die feinen Plateaubands werden durch tiefere Riefen unterbrochen, die überwiegend der Schmierölbevorratung dienen. Das Verfahren Plateau-Honen ist prinzipiell ein dreistufiger Prozess aus Vorhonen, Zwischenhonen und dem eigentlichen Plateauhonen, wobei aber die letzten zwei Honvorgänge auf einer Honspindel mit einem Werkzeug durchgeführt werden. Dafür bedarf es eines Werkzeugs mit einem System aus gröberen und einem System aus feineren Plateau-Honleisten, welche unabhängig voneinander zugestellt werden können. Gegen Ende der Zwischenhonoroperation werden die Plateau-Honleisten zum Einsatz gebracht. Der Übergang zum Plateauhonen erfolgt bei noch zugestellten Zwischenhonleisten, dadurch bleibt die zentrische Führung des Werkzeugs ununterbrochen bestehen. Durch die Beibehaltung von Hub- und Drehgeschwindigkeit erhalten beide Profilelemente die identische Riefenrichtung und somit den gleichen Honwinkel. Diese kombinierte Endbearbeitung auf einer Spindel erfordert Doppelzustellsysteme und ebensolche Werkzeuge. Die Fertigungstechnologie Plateauhonen (Abb. 109), gelegentlich auch als Gleithonen bezeichnet, hat sich bewährt und wird weltweit überwiegend bei Dieselmotoren angewendet. Der niedrige Anfangsölverbrauch durch fertigungstechnisch vorweggenommenen Verschleiß und Einlaufprozess ist auch bei hoch beanspruchten Nutzfahrzeugmotoren ein besonderer Vorteil (Klink, Abeln, Flores 2007).

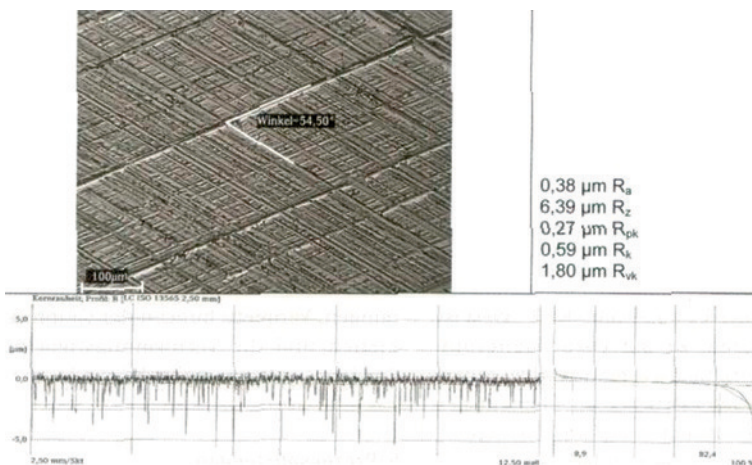
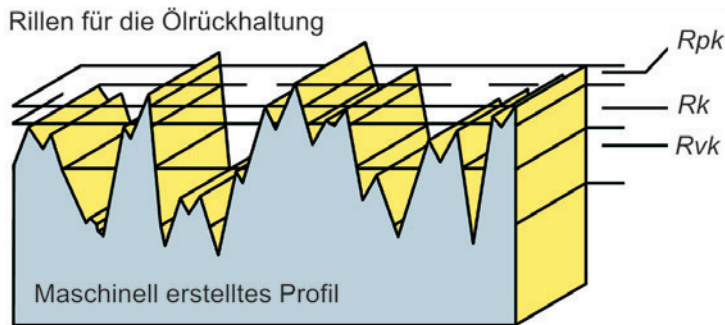


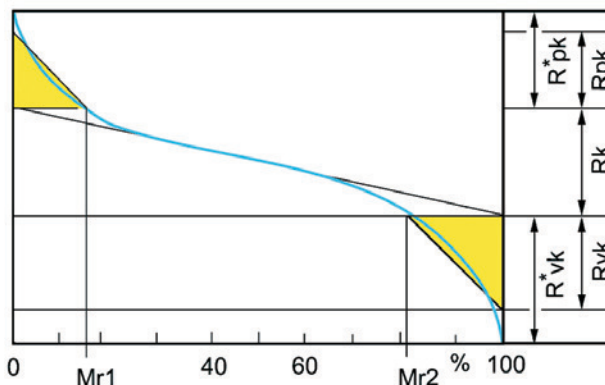
Abb. 109 Tastschnitt und Topographien einer Diamant-Plateauhonung

Zur Beschreibung von Gleitflächen, im Besonderen von Plateauflächen, haben sich in den letzten Jahren immer mehr die Kenngrößen aus der Materialanteilkurve, auch Abbott-Kurve genannt (Abb. 110), bewährt. Die daraus abgeleiteten Kenngrößen  $R_{pk}$ ,  $R_k$ ,  $R_{vk}$  mit  $M_{r1}$  und  $M_{r2}$  beschreiben die funktionellen Eigenschaften der Oberfläche treffender als eine „einfache“ Kenngröße, wie z. B.  $R_z$  oder  $R_a$ . Außerdem kann aus dem  $R_{vk}$ -Wert das, besonders für Kolbenlaufbahnen bei Motoren, relevante Ölrückhaltevolumen  $V_0$  errechnet werden.  $V_0$  ist das Volumen für die Ölmenge in  $\text{mm}^3$ , welche in der Oberfläche (z. B. einer Kolbenlaufbahn) nach dem Abstreifen durch den Kolbenring noch eingelagert ist (JENOPTIC Industrial Metrology Germany GmbH).

$V_0$  wird wie folgt berechnet:



Approximation der Materialanteilkurve durch Geraden



**Abb. 110** Materialanteilkurve (Abbott-Kurve) (Quelle: JENOPTIC Industrial Metrology Germany GmbH)

$$V_0 = \frac{R_{vk} \cdot (100 - M_{r2})}{200} \left[ \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^2} \right] \quad (13).$$

Beispiel:

$$R_{vk} = 5 \mu\text{m}$$

$$M_{r2} = 80 \%$$

$$\rightarrow V_0 = 0,0005 \text{ mm}^3/\text{mm}^2.$$

## Plateauhonen von großen Hydraulikbauteilen und kleinen Gleitlagerbauteilen

### Hydraulikbauteile

Die Führungsbohrungen in Hydraulikbauteilen werden in der Regel gehont. In 3.2 wird ein Plateauhon-Beispiel mit der alternativen Maschinenteknik beschrieben.

### Gleitlagerbauteil

Beim Plateauhonen von kleinen Bohrungen, wie im folgenden Beispiel, muss allerdings die Technik geändert werden. Die Doppelfunktion in einem Werkzeug mit zwei Konussystemen und zwei verschiedenen Honleistentypen kann bei kleinen Durchmessern konstruktiv und fertigungstechnisch nicht umgesetzt werden. Doppelzustellwerkzeuge sind derzeit bis  $> \varnothing 60 \text{ mm}$  in der industriellen Fertigung im Einsatz. Bei Bohrungen  $< \varnothing 60 \text{ mm}$  wurden Mittel und Wege gefunden, Plateaustrukturen auch im zunehmend feineren Oberflächenbereich zu sichern, wie exemplarisch das folgende Beispiel zeigen soll:

Die Bohrung hat einen Durchmesser von 9,5 mm und eine Länge von 16,8 mm. Die Endtoleranzen mit Gleitfunktion sind wie folgt definiert:

#### Großgestalt / Makrogeometrie

- Zylinderform  $\leq 0,0018 \mu\text{m}$
- Rundheit  $\leq 0,0012 \mu\text{m}$

#### Feingestalt / Mikrogeometrie

- Rz  $= 0,5 - 1,5 \mu\text{m}$
- Rpk  $\leq 0,11 \mu\text{m}$
- Rk  $\leq 0,11 - 0,26 \mu\text{m}$
- Rvk  $\leq 0,22 \mu\text{m}$
- Mr2  $\geq 72 \%$
- Honwinkel:  $35^\circ \pm 10^\circ$



**Abb. 111** Rundtisch-Honmaschine (Quelle: Kadia)

Die Bearbeitung erfolgt auf einer Rundtischmaschine (Abb. 111) mit 3 Honspindeln für Operation 1 bis 3. Vor der 1. Honoperation erfolgt die Vorkontrolle jeder Bohrung im vorbearbeiteten Zustand als Durchmesserprüfung. Nach jeder Honoperation erfolgt eine Nachmessstation mit Feedbackfunktion zur Honspindel zur Maß- und Formregelung mit entsprechender Verschleißkompensation der Honleisten im Honwerkzeug. Mit der Bürstoperation nach der 2. Operation wird der Entgratprozess an Ober- und Unterkante der Bohrung bewirkt. Das Herzstück für die gleichmäßige Plateaustruktur auch in Einstufenhonprozessen ist das Honssystem C (s. a. Abb. 35) mit der entsprechenden elastischen Zustellstrategie bei der letzten Stufe, dem Plateauhonen. Ein kurzes steifes Honwerkzeug (Abb. 112) in Verbindung mit einer gut austarierten kardanischen Werkstückaufnahme mit gedämpfter Einpendelfunktion ist Voraussetzung für die gleichmäßig feine Plateaubildung. Nur die weitgehend querkräftfreie gleichachsige Selbstzentrierung sichert die Qualität über große Stückzahlen. Der wirtschaftliche Werkstoffabtrag von  $30\ \mu\text{m}$  im Durchmesser erfolgt, aufgabenbezogen aufgeteilt, auf der 1. Honspindel mit einem Dreileistenhonwerkzeug – auf der 2. und 3. Spindel jeweils mit einem Einleistenhonwerkzeug. Entsprechend der Bohrungsgestalt ist das Werkzeug

für Sacklochbearbeitung ausgelegt. Die konstruktive Auslegung erlaubt die volle Ausnutzung des Freistichs. Das kurze und steife Werkzeug zeichnet sich besonders durch guten Rundlauf aus. Der Zustellkonus ist formschlüssig Verkuppelt mit dem Zustellsystem und sichert den zielgerichteten Zug- und Druckweg. Bei dem Bauteilwerkstoff 100Cr6, gehärtet auf 60 HRC werden CBN-Honleisten mit Standzeiten von 8 000-12 000 Bohrungen eingesetzt.

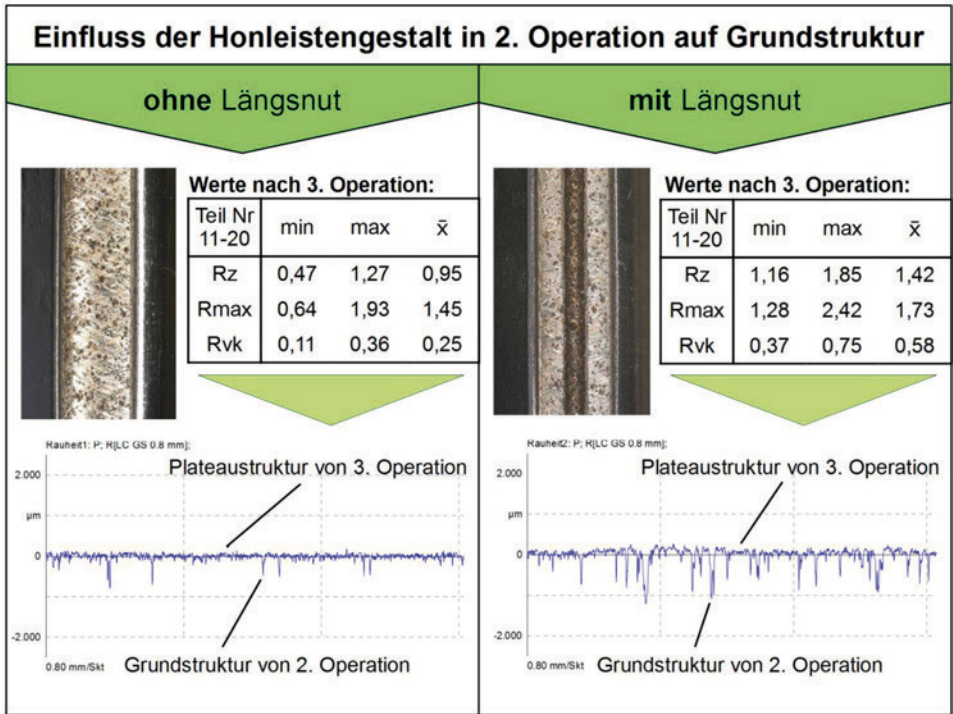


**Abb. 112** Honwerkzeug, Ausführung als 1-Stufen-Plateauwerkzeug für 2. und 3. Operation (Quelle: Kadia)

Die Prozessaufgaben der 3 Spindeln (Op. 1 - Op.3)

- 1. Op. Makroformhonen (Abtrag ca. 15  $\mu\text{m}$  im  $\emptyset$ )
- 2. Op. Makroformhonen + Mikroformhonen = Plateaugrundstruktur (Abtrag ca. 11  $\mu\text{m}$  im  $\emptyset$ )
- 3. Op. Überlagerte Mikrostruktur als Plateauhonung (Abtrag ca. 4  $\mu\text{m}$  im  $\emptyset$ )

Für die eigentliche Plateau-Endstruktur ist primär die 2. und 3. Operation entscheidend. In der 2. Operation ist in diesem recht feinen Profilbereich eine relativ tiefe, viel durchfurchte Oberfläche für das funktionell wichtige Ölrückhaltevolumen zielführend. Neben der eigentlichen Leistenspezifikation und der Honkinematik besteht eine weitere Möglichkeit und zwar über die Leistenkonfiguration Einfluss auf die Wirkung der Honleiste zu nehmen. In Abb. 113 wird die Wirkungsweise der Honleiste in der 2. Operation mit und ohne Längsnut deutlich. Bei der Honleiste mit Längsnut zeigt sich der in Kapitel 2.5.3.2 bereits beschriebene Effekt. Durch die bessere Spülung, Schmierung, Kühlung, die kürzeren Spanwege aus der Leistenfläche und dem höheren Anpressdruck  $p_L$  [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ] werden Qualität der Bohroberfläche und Abtragsleistung positiv beeinflusst. Die Grundstruktur wird durch diese Leistenkonfiguration bei gleichmäßiger Durchfurchung um ca. 30-40 % rauer. Das funktionsrelevante Ölrückhaltevolumen  $V_0$  [ $\text{mm}^3/\text{mm}^2$ ] berechnet aus  $R_{vk}$  und  $M_{r2}$  (Gleichung 13) wird gesichert und durch die 3. Operation mit den feinen Plateaus das gute Gleitverhalten erreicht.



**Abb. 113** Einfluss der Längsnut in der 2. Operation auf Grundstruktur (Quelle: Kadia und iht-Klink)

### Gleithonen

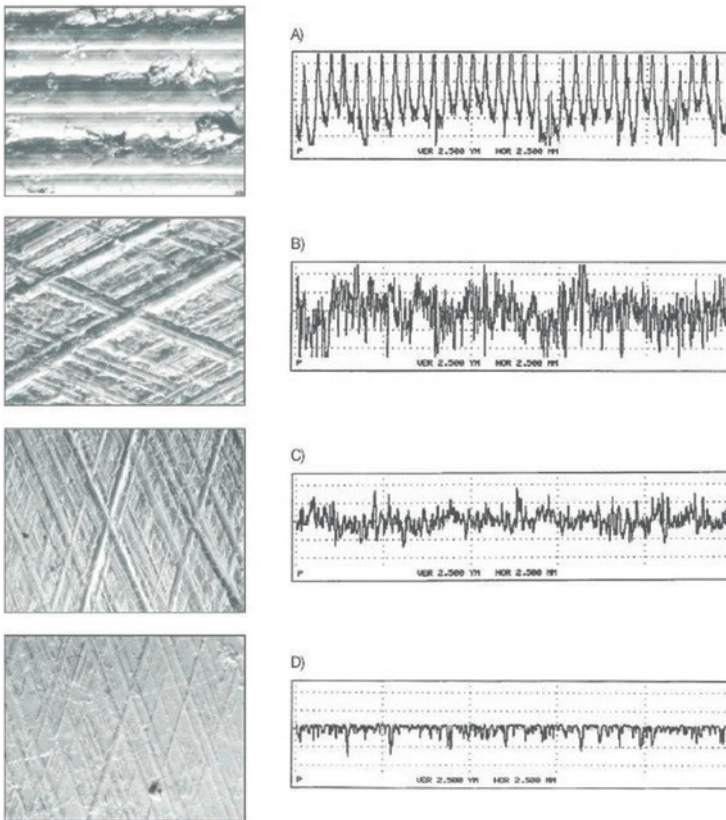
Als Gleithonen wird das Verfahren zur Herstellung einer seriensicheren, homogenen Guss Oberfläche mit extrem feinen Plateaus ( $R_z < 3 \mu\text{m}$ ) bezeichnet (Haasis, Weigmann 1999). Wie beim Plateau-Honverfahren handelt es sich beim Gleithonen um ein dreistufiges Verfahren, wobei die Fertighonoperation mit „Gleithonen“ bezeichnet wird. In der ersten Prozessstufe wird das zum Verbessern der Zylinderform erforderliche Aufmaß zerspannt, danach wird beim Zwischenhonen eine Basisrauheit erzeugt. Aufgabe der letzten Honstufe, dem Gleithonen, ist die Abtrennung der Oberflächenspitzen mit Übergreif in den Kernbereich des Profils. Dies führt insbesondere zu einer Verminderung der  $R_{pk}$ - und  $R_k$ -Werte. Verwendet werden ausschließlich Diamanthonleisten. Eine glatte Plateau-Oberfläche wirkt weniger abrasiv, so wird durch Gleithonen der Einlaufverschleiß eines Zylinderbohrung-Kolbensystems herabgesetzt. Ebenso kann der Anfangsölverbrauch eines Kolbenmotors durch Gleithonung verringert werden.

### Spiral-Gleithonen

Während, vor der Entwicklung des Plateau-Honens, Zylinderlaufbahnen nach dem Peak-Honverfahren mit relativ groben Oberflächen (um ca.  $10 \mu\text{m} R_z$ ) gefertigt wurden

um eine möglichst gute Öladhäsion an der Zylinderwand zu sichern, wird heute versucht, die Plateaus möglichst fein zu fertigen (Gleithonung mit  $R_z < 3 \mu\text{m}$ ). Da sich die Oberflächenfeinheit so deutlich geändert hat, wurde bei der Entwicklung des Spiral-Gleithonens der gegenwärtig übliche und für Oberflächen mit  $R_z > 10 \mu\text{m}$  als optimal angesehene Honwinkel von 40 bis 60° in Frage gestellt. In der Tat erzeugt man beim Spiral-Gleithonen, durch Reduzierung der Umdrehungsfrequenz des Honwerkzeugs, Honwinkel zwischen 130 und 140°. Die dadurch verlorene Zerspanleistung wird durch eine Erhöhung der Hubgeschwindigkeit kompensiert, so kommt es zu keiner Verlängerung der Honzeit (Haasis, Weigmann 1999).

Das Verfahren weist mit Vor-, Zwischen- und Fertighonprozess (Gleithonprozess) Gemeinsamkeiten mit dem Plateauhonen auf, wobei ab dem Zwischenhonschritt der veränderte Honwinkel zum Tragen kommt. Alle Honoperationen werden mit Diamanthonleisten durchgeführt (Abb. 114).



**Abb. 114** Bearbeitungsoperationen des Spiral-Gleithonens A) Feinbohren, B) Vorhonen mit konventionellem Honwinkel (40 - 60°), C) Zwischenhonen mit großem Honwinkel (130 - 140°), D) feines Gleithonen mit großem Honwinkel (130 - 140°) (Haasis, Weigmann 1999)