





**NEU!**

**IN VORBEREITUNG**

**Fachkenntnisse Werkzeugmechaniker Lernfelder 5-14**  
 von R. Haffer, R. Hönnmann, M. Lambrich, B. Weihrauch  
 ca. 700 Seiten, mehrfarbig, 19 cm x 26 cm,  
 Hardcover, mit DVD  
 978-3-582-03026-9, ca. € 43,90  
 Erscheinungstermin: Juli 2016

Hochwertig illustriert und topaktuell: Die Neuerscheinung aus der Reihe „Industrielle Metallberufe“ wendet sich an Werkzeugmechaniker/-innen sowie Feinwerkmechaniker/-innen (Schwerpunkt Werkzeugbau) im zweiten, dritten und vierten Ausbildungsjahr. Das Werk für die Lernfelder 5-14 zeichnet sich durch die umfangreiche Bebilderung, die hohe Normaktualität und die fachlich fundierte, trotzdem schülernahe Darstellung aus. Alle Inhalte der Abschlussprüfung Teil 1 und Teil 2 sind enthalten.

Schon im Lernfeld 6 werden Grundlagen zu der Schneid- und Umformtechnik, der Formtechnik und dem Vorrichtung- und Lehrbau dargestellt. Moderne Zerspanungstechniken wie z.B. Hochleistungsfräsen (HPC), Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC), und die Bearbeitung gehärteter Werkzeugstähle sowie das Erodieren werden praxisnah im Lernfeld 9 dargestellt. Ebenso die Verfahren der Feinbearbeitung wie z.B. das Polieren und Tuschieren sowie das Strukturieren und Beschichten von Oberflächen.

Lernfeld 10 stellt die Komponenten der rechnergestützten Fertigung vor. Im CAD wird der Prozess von der Produkt- bis zur Werkzeugkonstruktion dargestellt. Die Herstellung einer formgebenden Werkzeugkontur wird im CAM von der Planung bis zur Zerspanung und der optischen 3D-Messung vorgestellt. Ein weiterer Schwerpunkt dieses Lernfeldes ist die generative Fertigung von Produkten und Werkzeugbauteilen.

Lernfeld 11 stellt in den drei Einsatzgebieten des Werkzeugbaus,

- der Schneid- und Umformtechnik,
- der Formtechnik und
- dem Vorrichtung- und Lehrbau,

die Funktionsweisen der unterschiedlichen Werkzeuge, Vorrichtungen und Lehren sowie deren Baugruppen und Einzelteile anhand von Praxisbeispielen detailliert vor.

Lernfeld 12 schildert die Bemusterung und die Instandhaltung der Werkzeuge sowie das dazugehörige Qualitätsmanagement. Im Lernfeld 13 wird die Fertigung eines Werkzeuges mithilfe des Projektmanagements geplant und durchgeführt.

Lernfeld 14 macht die Überlegungen und Entscheidungen transparent, die beim Ändern eines Werkzeuges durchzuführen sind. Auch wenn das Buch nach Lernfeldern gegliedert ist, wurde die Fachsystematik so integriert, dass das Nachschlagen und somit das Bearbeiten der jeweiligen Lernsituation gut möglich ist.

**Systeme und Teilsysteme des Werkzeugbaus**

**Überlegen Sie!**  
 1. Begründen Sie die Aussage, dass sich das Werkstück mit Spannklappen schneller fixieren lässt.  
 2. Vergleichen Sie bei Verwendung von a) Spannhebel und b) Spannklappen die Spannkraft auf das Werkstück, wenn die gleiche Schraubkraft wirkt.  
 3. Beschreiben Sie Nachteile, die der Spannhebel gegenüber dem Spannhebel hat.

**Spannkeile (wedge clamps)**  
 Das Spannkeilprinzip (Bild 1) beruht darauf, dass die einseitige Kraft  $F_2$  in zwei Kräfte  $F_1$  und  $F_3$  zerlegt wird, die senkrecht auf die Keilflächen wirken. Bei den Spannklappen ist der Keilwinkel so zu wählen, dass die entstehende Spannkraft  $F_{Sp}$  merklich größer als die einseitige Kraft wird!

**Keilspanner (taper clamps)** (Bild 2) eignen sich für Mehrfachaufspannungen. Ihr einseitiger Verschiebeweg liegt je nach Größe liegt oft nur zwischen 1,5 und 3 mm.

**Rundspannelemente (cylindrical washer element)** (Bild 3) dienen zum Fixieren von zylindrischen Bauteilen.

**Spannzener (cam clamps)**  
 Bei einem Exzenter (Bild 4) liegt die Drehachse des Zylinders nicht auf seiner Zylinderachse, sondern davon entfernt. Das Maß für die Außenmittigkeit ist die **Exzenterizität  $E$  (eccentricity)**. Wird über die Handkraft  $F_H$  ein Hebel ein Moment auf den Exzenter, entsteht an der Berührungsfäche von Exzenter und Werkstück die Spannkraft  $F_S$ .

**Überlegen Sie!**  
 Wie wirkt sich die Größe der Exzenterizität  $E$  auf den Spannungs- und die Spannkraft aus?

Wenn die Exzenterizität zu groß ist, besteht die Gefahr, dass sich der Exzenter selbstständig unter dem Einfluss von Vibrationen löst. Damit dies nicht geschieht, sollte das Verhältnis von Zylinderdurchmesser  $D$  zur Exzenterizität  $E$  nicht kleiner als 20:1 sein. Unter diesen Bedingungen besteht **Selbsthemmung (self-retention)**, d. h. ein eigenständiges Lösen ist verhindert. Bei dem Exzenterpanner mit Spannhel (Seite 151 Bild 1) beträgt die Spannkraft  $F_S$  bis zum Zweifachen der Handkraft  $F_H$ .

Manuelle Spannelemente werden meist in der Kleinserienfertigung eingesetzt, während in der Großserienfertigung die maschinellen Spannelemente wirtschaftlich sind.

„Überlegen Sie!“ soll dazu anregen, die erarbeiteten Erkenntnisse zu reflektieren und zu vertiefen.

Aktuelle Fertigungsverfahren wie z. B. Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsfräsen sowie die Bearbeitung gehärteter Werkstoffe spiegeln den gegenwärtigen Stand der Technik bei der Herstellung von formgebenden Werkzeugoberflächen wider.

**1.3 Systeme und Teilsysteme des Vorrichtungs- und Lehrbaus**

**Spannkeilprinzip**  
 1. Spannkeilprinzip  
 2. Keilspanner  
 3. Rundspannelemente  
 4. Spannzenerprinzip

**3.2.1 Elektrodenkonstruktion, -werkstoffe und -herstellung**

Die formgebenden Werkzeugoberflächen der Formplatte (Bild 1) einer Spritzgießform wurden durch HSC-Fräsen hergestellt. Es fehlen jedoch noch die Konturen für die dünnen Rippen des Spritzgussteils (Bild 2), die durch Planetäroderieren herzustellen sind.

Da bei der Formplatte immer nur die Rippenbereiche zu erodieren sind, wird nicht eine Gesamtelektrode konstruiert, wie das z. B. bei der Elektrode für die Druckgussform einer Autofelge (Bild 3) der Fall ist. Stattdessen werden Einzel Elektroden für die jeweiligen Bereiche (Bild 4) geplant. Durch diese Maßnahme wird nicht nur Elektrodenwerkstoff eingespart, sondern es sind wegen der vorhandenen CAD-Daten auch geringere Elektrodenmassen zu behilfen der vorhandenen CAD-Daten der Formplatte sind die werden die formgebenden Elektroden festzulegen. Anschließend werden abgeteilt. Für jeden Rippenbereich werden jeweils eine wird im Folgenden das Erodieren von einem Bereich mit fängt Bei der Elektrodenplanung ist deren Untermaßes der Planetäroderieren

**1. Geplante Formplatte einer Spritzgießform ohne Rippen, aufgespart auf dem Tisch einer Senk- und Planetärodermaschine**  
**2. Formplatte mit Rippen**  
**3. Im Druckguss hergestellte Autofelge und Schichtelektrode für das Planetäroderieren**  
**4. Geplante Einzel Elektroden für die Formplatte**  
**5. Einzel Elektrode für fünf formgebende Rippen**

**2.1 Präzisions-Hartfräsen**

**2.1.1 Schneidstoff und Schneidengeometrie**  
 Da die Formen oft kleine radienförmige Übergänge besitzen, können Fräser mit CBN-Wiendeschneidplatten (Bild 1) meist nur zum Schruppen genutzt werden (HPC-Fräsen), da ihre Durchmesser für das Schlichten zu groß sind.

Gehärtete Stähle im Werkzeugbau werden vorrangig mit beschichteten Fräsern aus Hartmetall (Bild 2) geschichtet (HSC-Fräsen).

Sehr feine Korngrößen (grain sizes) der Metallcarbide sorgen für die erforderliche Kantenschärfe und erhöhen die Zähigkeit (toughness) des Schneidstoffs. Mit sinkendem Kobaltanteil als Bindemittel steigt sich die Härte des Fräsers. Die Beschichtung aus TiAlN erschwert den Wärmeübergang in den Fräser und erhöht seine Verschleißfestigkeit und damit die Standzeit. Es findet fast immer eine Trockenbearbeitung statt, bei der eine Kühlung mit Druckluft erfolgt.

Zur Stabilisierung der Schneide liegt meist eine negative Zerspannungswinkel (zwischen 0° und -20°) vor. Durch mehrere Schneiden mit kleinen Sparräumen entsteht ein größerer Spandurchmesser, der dem gesamten Werkzeug mehr Stabilität verleiht. Enge Toleranzen des Schafts (z. B. bei 16) und der Radien gewährleisten eine genaue Positionierung des Fräsers im Arbeitsraum.

Durch zusätzliche Übergangsradien an der Stirnseite der Torusfräser (Bild 3) ist es möglich, dass bei doppeltem Vorschub zum Zahn die Spandicke dünner wird als bei Fräsen ohne Übergangsradius. Dadurch verringern sich die Schneidbelastung und die Bearbeitungszeit.

**2.1.2 Stabilität und Rundlauf des Werkzeugs und der Werkzeugaufnahme**  
 Der **Rundlauffehler (concentric run-out error)** des gespannten Fräsers sollte nicht größer als 3 µm sein. Schwamplflatter (shrinking toolholder) und Hydro-Dehnspannflutter (hydraulic expansion chuck) mit Hohlspindel (hollow shank taper) erfüllen diese Anforderungen. Das Auswuchten (balancing) der Werkzeuge verbessert die Oberflächenqualität und vermindert den Werkzeugverschleiß.

Die Länge, die das Werkzeug aus der Aufnahme ragt, ist den jeweiligen Bearbeitungsbedingungen anzupassen. Je länger das Werkzeug herausragt, desto mehr kann es sich elastisch verformen. Das wirkt sich nicht nur auf die Maßhaltigkeit, sondern auch auf die Oberflächenqualität negativ aus.

Werkzeuge sind so kurz wie möglich einzuspannen.

**2.1.3 Werkstückvorbereitung**  
 Das Werkstück muss im Arbeitsraum der CNC-Maschine sicher positioniert und gespannt sein. Zur Durchführung der Feinbearbeitung

**3.2 Senk- und Planetäroderieren**

**4.1 Tuschieren**

...wie auch das Tuschieren.

1. Schieber drückt in vorderer Endlage gegen die beteiligten Trennflächen  
 2. Abtragen der Druckstellen mit dem Handschleifgerät  
 3. Schieber und Schieberzentrierung mit auf dem Schieber haltender Tuschierpaste

Die Trennflächen beweglicher Schieber müssen bei Urformwerkzeugen dicht sein. Deshalb werden sie mithilfe von Tuschieren angepasst.

**4.1.2 Tuschieren der Formhälften auf der Tuschierpresse**  
 Während des Anpassens der Schieber noch ohne größere Hilfsmittel erfolgen kann, geschieht das Tuschieren der beiden Formhälften auf der **Tuschierpresse (die spotting press)** (Bild 4). Damit die Fachkraft die manuelle Bearbeitung der tuschierten Oberflächen in möglichst angenehmer Haltung durchführen kann, verfügen die Tuschierpressen über aufsteigbar schwenkbare Tuschierplatten. Spannpratzen betreiben kann, verfügen die Tuschierpressen über aufsteigbar schwenkbare Tuschierplatten. Spannpratzen betreiben kann, verfügen die Tuschierpressen über aufsteigbar schwenkbare Tuschierplatten. Spannpratzen betreiben kann, verfügen die Tuschierpressen über aufsteigbar schwenkbare Tuschierplatten.

Das CD-Symbol weist darauf hin, dass auf dem beigefügten Datenträger Zusatzmaterial wie z. B. ein Video, Auszüge aus Betriebsanleitungen oder andere weiterführende Informationen zu finden sind.

**3.1 5-Achs-Fräsmaschinen**

**Schwenk- und Drehtisch A- und C-Achse**  
**Drehachsen für das Werkstück Schwenk- und Drehtisch B- und C-Achse**

**45°-Schwenkdrehtisch A- und C-Achse**  
**Eine Drehachse für das Werkzeug und eine für das Werkstück**

**5.2 Generative Fertigungsverfahren**

**1. Glasklärer Prototyp, hergestellt mithilfe der Stereolithographie**  
**2. Unterschiedliche Handyschalen**  
**3. Prinzip des Selektiven Lasersinterns**  
**4. Blick in den Bauraum der SLS-Anlage**

Generative Fertigungsverfahren sind ebenfalls enthalten.