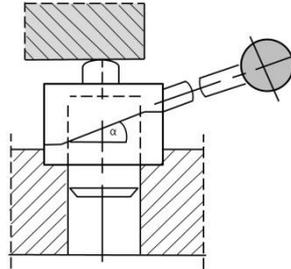


## Spannvorgang an einer Bohrvorrichtung überprüfen



Fach	Bauelemente
Jahrgangsstufe	12/13
Lernfeld	LF 13: Planen und Fertigen technischer Systeme des Werkzeugbaus
Querverweise zu weiteren Lernfeldern des Lehrplans	-
Zeitraumen	2-3 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter, Tabellenbuch, Formelsammlung, Taschenrechner

## Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler...

- planen technische Teilsysteme, wie Werkzeuge und Vorrichtungen, nach Kundenauftrag.



### Phasen der vollständigen Handlung

#### 1. Orientieren:

Die Schülerinnen und Schüler verschaffen sich einen Überblick über die Lernsituation „Bohrvorrichtung“.

#### 2. Informieren:

Die Schülerinnen und Schüler informieren sich anhand der Informationstexte über die „Finger- und Handkräfte“ und über die „Schraube als Kraft- und Energieumwandler“.

#### 3. Planen:

Die Schülerinnen und Schüler wählen einen geeigneten Fall der „Finger- und Handkräfte“ aus und bestimmen mithilfe der Zeichnung und der Stückliste die benötigten Größen zur Berechnung der Handkraft.

#### 4. Durchführen:

Die Schülerinnen und Schüler überprüfen die beim Spannvorgang der Werkstücke benötigte Handkraft der an einer Bohrvorrichtung.

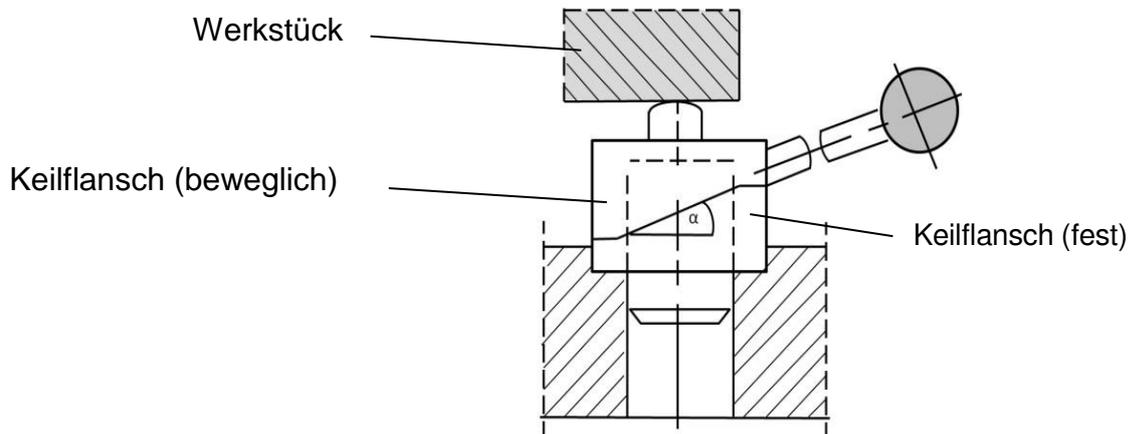
#### 5. Kontrollieren und Bewerten:

Die Schülerinnen und Schüler beurteilen das Ergebnis und leiten notwendige Maßnahmen ab.

#### 6. Vertiefen

Die Schülerinnen und Schüler wenden ihr Wissen über die Schraube als Kraft- und Energiewandler an weiteren Aufgaben an.

### Aufgabe: Den Spannvorgang an einer Bohrvorrichtung überprüfen



**Mit Hilfe einer Schnellspann-Bohrvorrichtung sollen 500 Werkstücke bearbeitet werden. Der Spannmechanismus ist im Bild dargestellt**

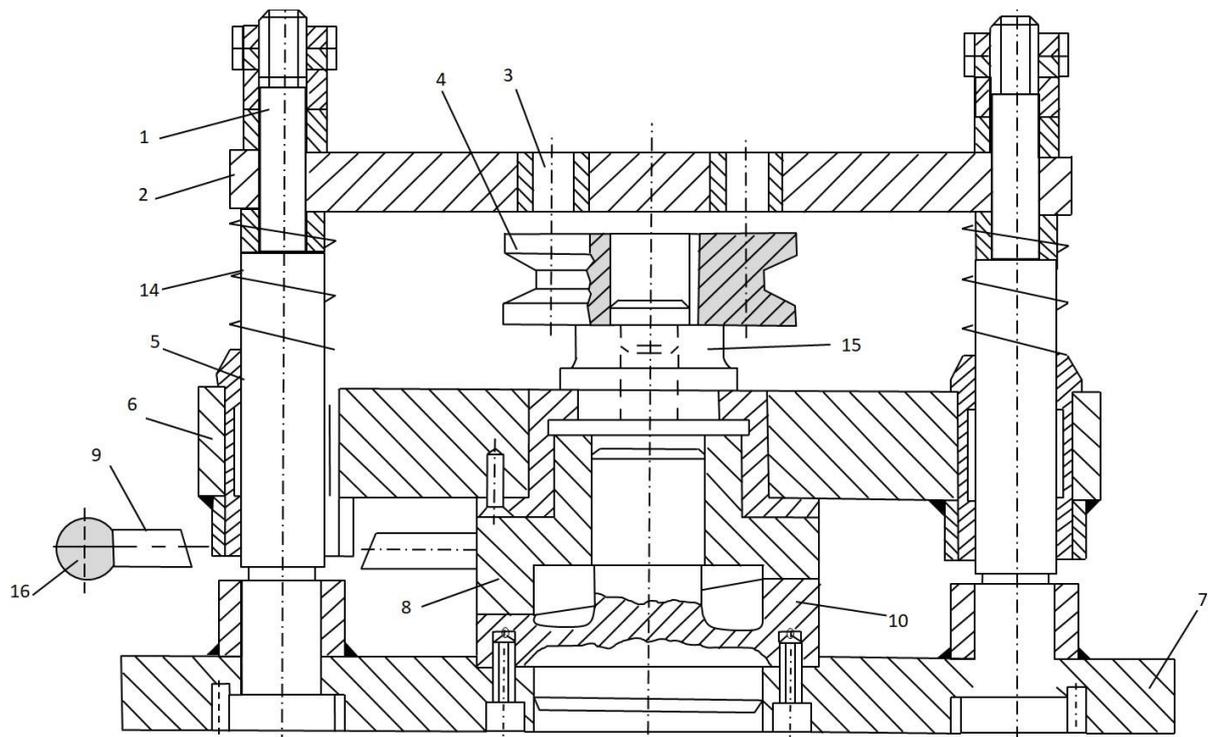
**Die zum Spannen der Werkstücke in der Bohrvorrichtung benötigte Handkraft soll aus Arbeitsschutzgründen überprüft werden.**

*Hinweise:*

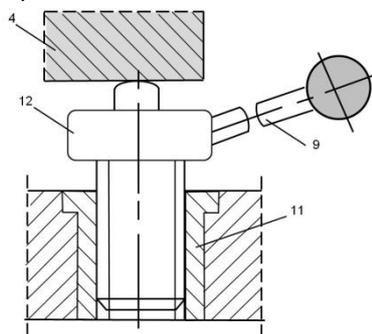
- *Gehen Sie in der durch die Aufgaben vorgegebenen Reihenfolge vor und machen Sie sich schrittweise mit den Fragestellungen vertraut.*
- *Sie können Ihre Ergebnisse anhand der auf der letzten Seite dieser Lernsituation angegebenen Lösungen kontrollieren.*

Vorderansicht:

a)

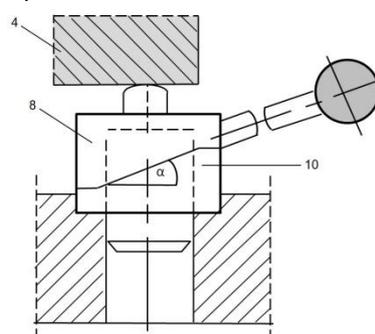


b)

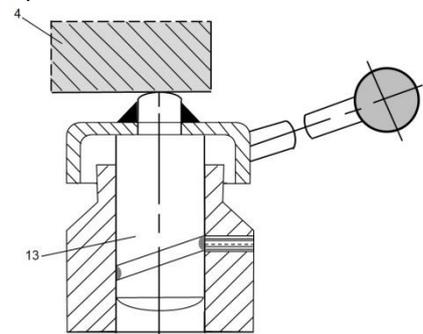


Quelle: Hanser – Verlag

c)



d)



Zeichnungen sind nicht maßstabstreu!

Auszug aus der Stückliste zur Bohrvorrichtung:

<b>8</b>	1	Keiflansch (beweglich) Ø100x31	<b>16</b>	1	Kugelknopf Ø25
<b>7</b>	1	Grundplatte	<b>15</b>	1	Werkstückaufnahmeflansch
<b>6</b>	1	Hubplatte	<b>14</b>	4	Druckfeder
<b>5</b>	4	Führungsbuchse	<b>13</b>	1	Nutbolzen
<b>4</b>	1	Werkstück	<b>12</b>	1	Druckspindel
<b>3</b>	4	Bohrbuchse	<b>11</b>	1	Gewindebuchse
<b>2</b>	1	Bohrplatte	<b>10</b>	1	Keiflansch (fest) Ø100x16
<b>1</b>	4	Spann- und Führungssäule	<b>9</b>	1	Spannhebel Ø8x60
<b>Pos.</b>	<b>Stück</b>	<b>Benennung</b>	<b>Pos.</b>	<b>Stück</b>	<b>Benennung</b>

Beschreibung der Bohrvorrichtung:

Kern der Vorrichtung ist ein Handspanner, der die Handkraft über eine Drehkeilkonstruktion (Pos. 8, 10) in eine Spannbewegung umsetzt.

Die Spannhubbewegung mit rechts oder links angebautem Handspannhebel (Pos. 9) lässt sich mit Spindel oder Kurve erzeugen, wie die Beispiele b) bis d) zeigen.



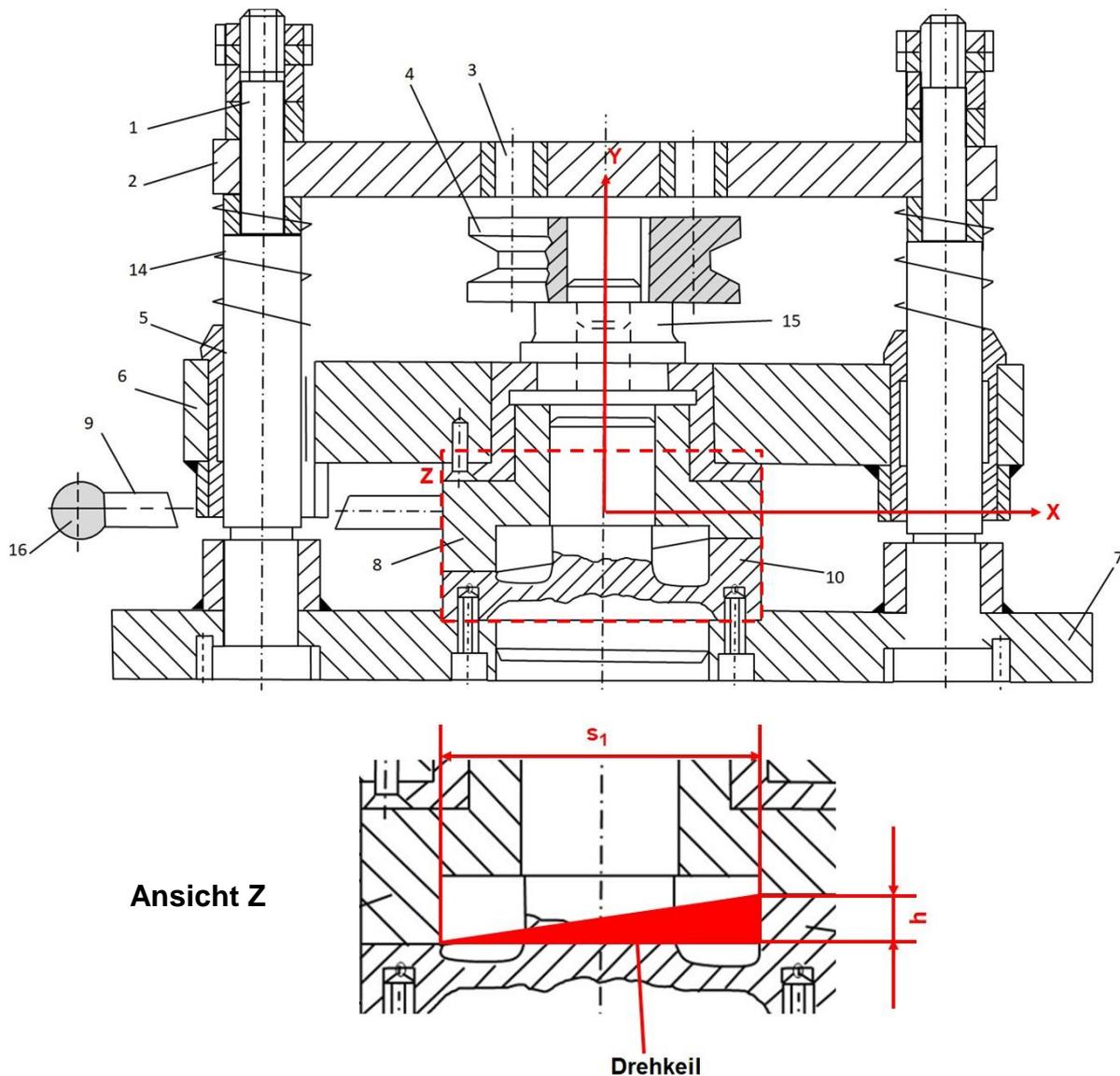
## 2. Steigung der Keilflansche (Pos. 8, 10) und Verdrehwinkel des Handspannhebels (Pos. 9) berechnen.

a) Vollziehen Sie den Spannvorgang der Werkstücke in der Vorrichtung nach:

### Beschreibung des Spannvorgangs:

Das Werkstück (Pos. 4) wird in den Werkstückaufnahmeflansch (Pos. 15) eingelegt. Mit Betätigen des Handspannhebel (Pos. 9) dreht sich der Keilflansch (beweglich) (Pos. 8) und das Werkstück (Pos.4) wird gegen die Bohrplatte (Pos. 2) gespannt.

Vorderansicht:

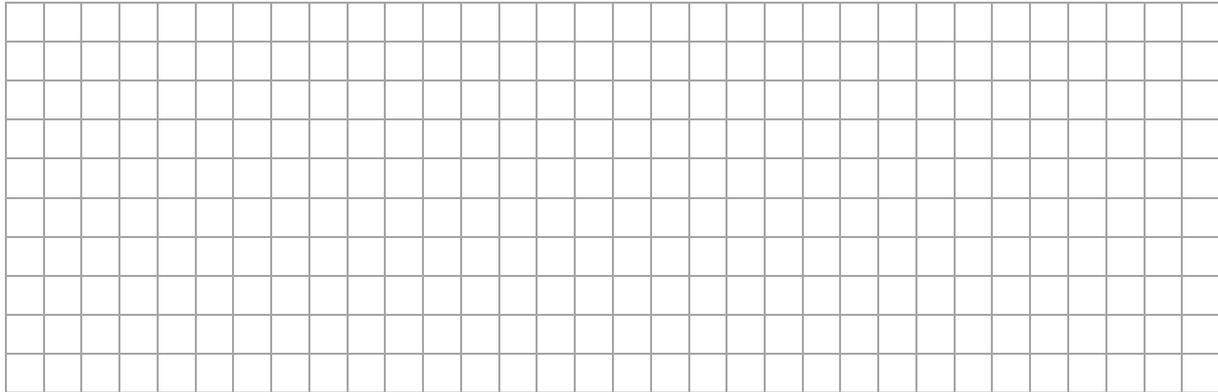






*Hinweis 1: Eine vollständige Drehung des Spannhebels (Verdrehwinkel  $\varphi = 360^\circ$ ) entspricht einer Bewegung um die Steigung  $P$  in  $Y$ -Richtung.*

*Hinweis 2: Sie können mit dem Dreisatz oder mit der Prozentrechnung lösen.*



### 3. Die benötigten Handkraft zum Betätigen des Spannhebels (Pos. 9) berechnen und das Ergebnis bewerten.

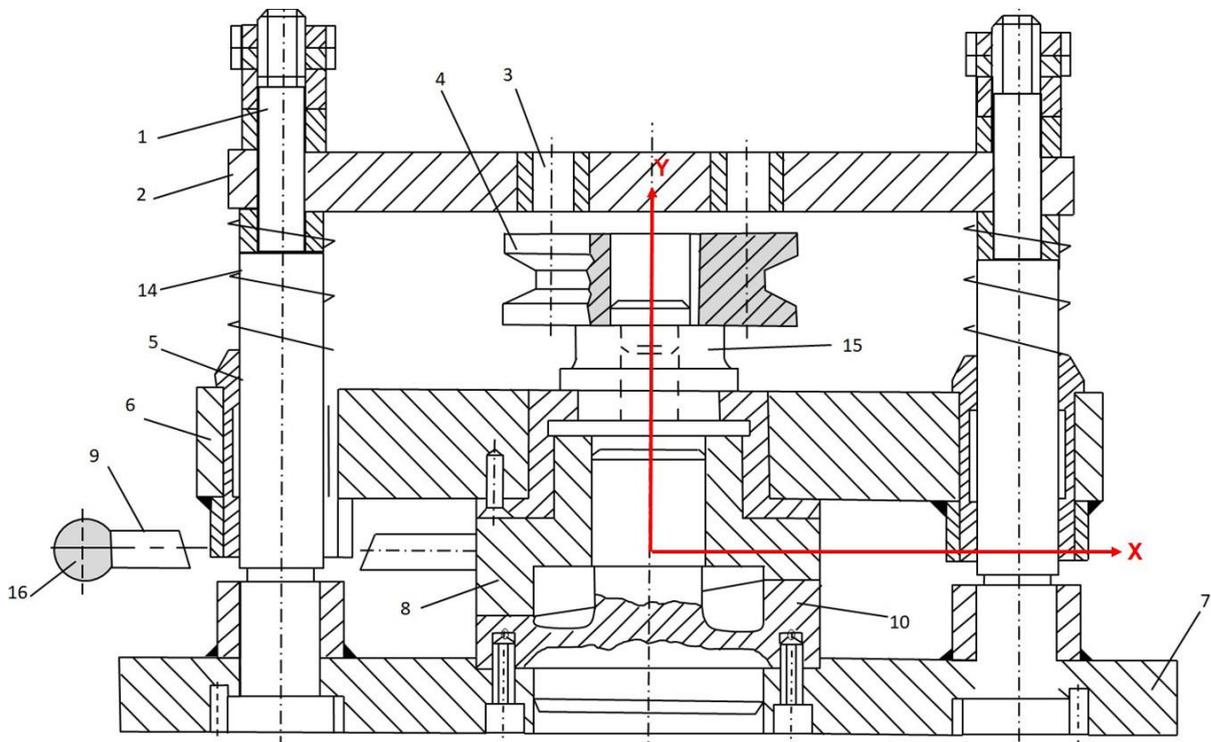
a) Bestimmen Sie die wirksame Länge des Hebelarms anhand der Bauteilabmessungen.

#### Vorgehensweise:

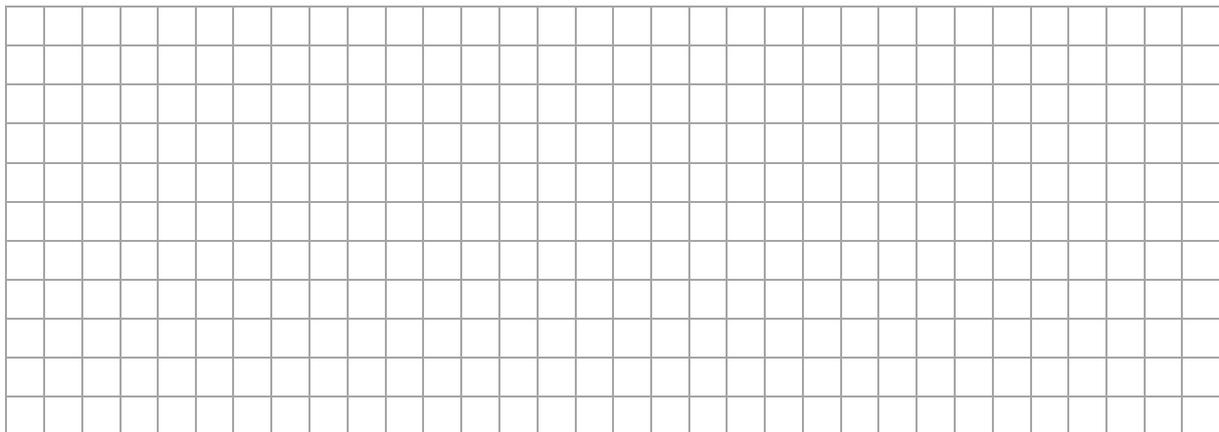
- Heben Sie die Drehachse farblich in der Vorderansicht hervor. Beschriften Sie diese.
- Zeichnen Sie eine Parallele zur Drehachse durch den Mittelpunkt des Kugelknopfs (Pos. 16).
- Zeichnen Sie abschließend der „Hebellänge  $l$ “ als Maß ein.
- Schreiben Sie eine allgemeine Berechnungsformel der Art: "Hebellänge  $l$ " =  $\frac{1}{2}$  · Durchmesser von „Bauteil  $x$ “ (Pos. ...) + ...
- Berechnen Sie die „Hebellänge  $l$ “ mithilfe der in der Stückliste gegebenen Maße aller betreffenden Bauteile.
- Runden Sie die Hebellänge auf den 10er-Schritt ab (z.B. 70, 80, 90, ...).

*Hinweis: Der Spannhebel und der bewegliche Keifflansch (Pos. 12) drehen um die  $Y$ -Achse.*

Vorderansicht:



Quelle: Hanser-Verlag



## Wiederholung:

Der Spannvorgang der Werkstücke (Pos. 4) erfolgt über die beiden Keilflansche (Pos. 8, 10), die sich beim Verdrehen des Spannhebels (Pos. 9) über ein Gewinde in Y-Richtung bewegen (vergleichbar mit einer Schraube).

b) Informieren Sie sich über die Schraube als Kraft- und Energieumwandler.

### Die Schraube als Kraft- und Energieumwandler

Zieht man eine Schraube an, so wird die Handarbeit  $W_1$  in eine Spannarbeit  $W_2$  in der Schraubenachse umgewandelt.

$$\text{Handarbeit } W_1 = \text{Spannarbeit } W_2$$

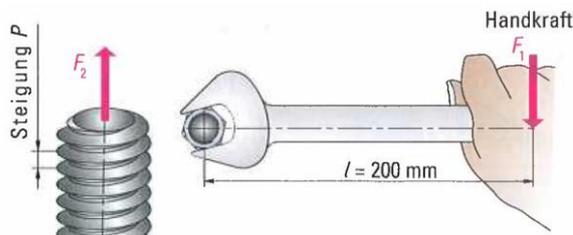


Bild: Arbeit (Energie) an der Schraube

Quelle: Verlag Handwerk & Technik

**Handarbeit  $W_1$ :** Bei einer Schlüsselumdrehung wird folgende Handarbeit verrichtet:

$$W_1 = F_1 \cdot s \quad \text{mit } s = \pi \cdot d$$

$$W_1 = F_1 \cdot \pi \cdot d$$

**Spannarbeit  $W_2$ :** Bei 1 Umdrehung verschiebt sich die Schraubenachse mit der Spannkraft  $F_2$  um eine Steigung  $P$  des Gewindes:

$$W_2 = F_2 \cdot P$$

$$W_1 = W_2 \quad \Rightarrow \quad F_1 \cdot \pi \cdot d = F_2 \cdot P$$

### Formelzeichen und Erklärung:

$W_1$	Handarbeit in Nm oder J
$F_1$	Handkraft in N
$s$	Handweg (Kreisumfang) in mm
$W_2$	Spannarbeit in Nm oder J
$F_2$	Spannkraft in N
$D$	Durchmesser der Schraube in mm
$P$	Gewindesteigung in mm

Quelle: Verlag Handwerk & Technik



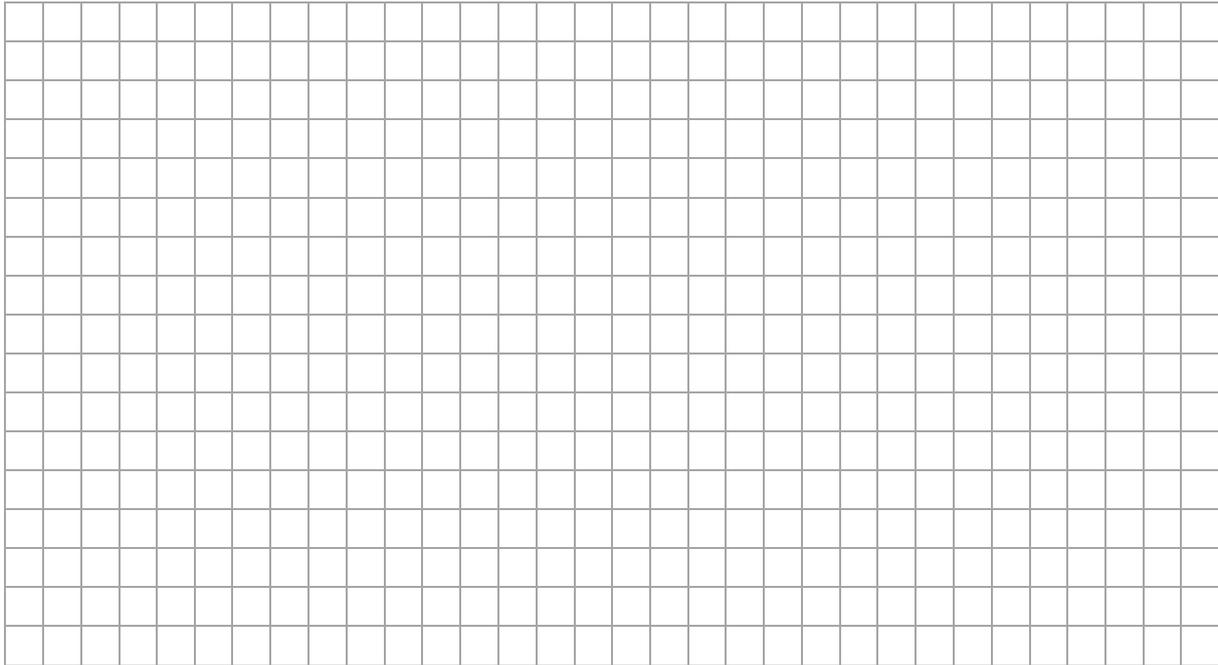


## Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Werkzeugmechaniker/in, Bauelemente, LF 13,  
Jahrgangstufe 12/13

- f) Berechnen Sie die zur Betätigung des Spannhebels (Pos. 9) nötige Handkraft.  
Die soll eine Spannkraft  $F_2$  von 5 kN erreicht werden.

*Hinweis: Verwenden Sie die in den Teilaufgaben 2c) und 3a) bestimmten Werte für die Steigung  $P$  der Keiflansche (Pos. 8, 10) und die wirksame „Hebellänge  $l$ “ des Hebelarms.*



- g) Beurteilen Sie das Ergebnis (der vorhergehenden Teilaufgabe).

---

---

---

- h) Nennen Sie drei Maßnahmen, um die notwendige Handkraft zu reduzieren!

---

---

---





### Lösungsvorschläge

#### 1. Die zulässigen Handkraft zum Betätigen des Spannhebels (Pos. 9) bestimmen.

b) Wählen Sie den passenden Fall aus. Begründen Sie!

Wähle: „Zugkraft mit Faustschluss“, Begründung: Spannhebel Ø8 (Pos. 13) und Kugelknäuf Ø25 (Pos. 14) können von der Hand des Arbeiters vollständig umschlossen werden.

c) Berechnen Sie die dem Arbeiter zumutbare Handkraft.

*Hinweis: Berücksichtigen Sie dabei die Angaben aus Teilaufgabe 1a), es handelt sich um sich häufig wiederholende Tätigkeiten des Arbeiters.*

- Zugkraft mit Faustschluss:  $F_{\max} = 170 \text{ N}$
- Es handelt sich um eine sich häufig wiederholende Tätigkeit:  
-> die Maximalkräfte sind auf 10 % zu reduzieren

Berechnung der zumutbare Handkraft:  $F_{\text{zu}} = F_{\max} \cdot 0,1 = 170 \text{ N} \cdot 0,1$

$$\underline{F_{\text{zu}} = 17 \text{ N}}$$

#### 2. Steigung der Keiflansche (Pos. 8, 10) und Verdrehwinkel des Spannhebels (Pos. 9) berechnen.

Die Keillänge  $s_1$  ist 90 mm. Die Keilschräge darf maximal unter  $\alpha_{\max} = 6^\circ$  verlaufen, damit der Spannvorgang noch selbsthemmend ist.

b) Berechnen Sie die Höhe  $h$  des Drehkeils mithilfe der Winkelfunktionen.

Geg.:  $s_1 = 90 \text{ mm}$ ,  $\alpha_{\max} = 6^\circ$                       Ges.:  $h$

$$\text{Lös.: } \tan(\alpha_{\max}) = \frac{h}{s_1} \quad \Leftrightarrow \quad h = s_1 \cdot \tan(\alpha_{\max})$$

$$h = 90 \text{ mm} \cdot \tan(6^\circ) \quad \Leftrightarrow \quad \underline{h = 9,46 \text{ mm}}$$

c) Analog zu einer Gewindespindel entspricht die Höhe  $h$  des Keils der halben Steigung  $P$  der Drehkeilkonstruktion.

- Berechnen Sie  $P_{\max}$  aus der Keilhöhe  $h$  der Teilaufgabe 2b). („ $P_{\max}$  für  $\alpha = 6^\circ$ “)
- Wählen Sie aus den (im Kästchen) gegebenen Steigungen  $P$  die nächste mögliche aus und begründen Sie ihre Wahl.

$$P_{\max} = 2 \cdot h = 2 \cdot 9,46 \text{ mm} \Leftrightarrow \underline{P_{\max} = 18,92 \text{ mm}}$$

Wähle:  $\underline{P = 18 \text{ mm}}$

Begründung: Die Steigung  $P$  muss kleiner als die maximal mögliche Steigung  $P_{\max}$  gewählt werden, so dass die Drehkeil-konstruktion selbsthemmend arbeitet ( $\alpha_{\max} = 6^\circ$ ).

d) Bestimmen Sie den Verdrehwinkel  $\varphi$  des Spannhebels (Pos. 9) beim Betätigen. Zum Spannen der Werkstücke (Pos. 4) muss der Werkstückaufnahmeflansch (Pos. 15) um  $h = 5 \text{ mm}$  in Y-Richtung (vgl. Zeichnung in Teilaufgabe 2a) bewegt werden.

Vereinfachung: Die Verstellung in Y-Richtung soll linear zum Verdrehwinkel  $\varphi$  sein.

Geg.:  $P = 18 \text{ mm}$ ,  $h = 5 \text{ mm}$

Ges.:  $\varphi$

Lös.: Dreisatz:

$$P = 18 \text{ mm} \triangleq 360^\circ$$

$$1 \text{ mm} \triangleq 20^\circ$$

$$h = 5 \text{ mm} \triangleq \underline{100^\circ = \varphi}$$

Prozentrechnung (alternativ):

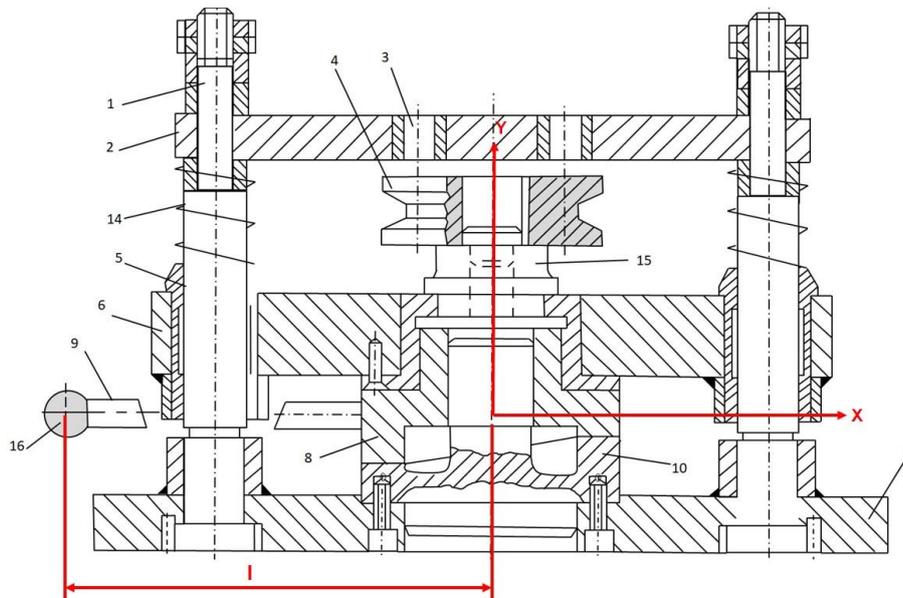
$$PW = \frac{GW \cdot PS}{100\%}$$

$$PS = \frac{PW \cdot 100\%}{GW}$$

$$PS = \frac{5 \text{ mm} \cdot 100\%}{18 \text{ mm}} \Leftrightarrow \underline{PS = 100^\circ = \varphi}$$

### 3. Die benötigten Handkraft zum Betätigen des Spannhebels (Pos. 9) berechnen und das Ergebnis bewerten.

- a) Bestimmen Sie die wirksame Länge des Hebelarms anhand der Bauteilabmessungen.



#### Formel zur Berechnung der Hebellänge $l$ :

$l = \text{„halber } \varnothing \text{ Kreisflansch (Pos. 12)“} + \text{„Länge Spannhebel (Pos. 13)“}$   
 $+ \text{„halber } \varnothing \text{ Kugelkopf (Pos. 14)“}$

$$l = \frac{100 \text{ mm}}{2} + 60 \text{ mm} + \frac{25 \text{ mm}}{2}$$

$$l = 122,5 \text{ mm}$$

abgerundet auf den nächsten 10er-Schritt:  $l = 120 \text{ mm}$



### Übungsaufgabe:

d) Berechnen Sie die notwendige Länge des Schraubenschlüssels aus der Beispielaufgabe, wenn eine Spannkraft von 75 kN erzielt werden soll.

Geg.:  $F_2 = 75 \text{ kN}$ ,  $P = 1,75 \text{ mm}$ ,  $F_1 = 80 \text{ N}$

Ges.:  $l$  in mm

Lös.:  $F_1 \cdot \pi \cdot (2 \cdot l) = F_2 \cdot P$

$$l = \frac{F_2 \cdot P}{F_1 \cdot \pi \cdot 2}$$

$$l = \frac{75 \text{ kN} \cdot 1,75 \text{ mm}}{80 \text{ N} \cdot \pi \cdot 2}$$

$$l = 261,11 \text{ mm} \approx 261 \text{ mm}$$

e) Warum werden die verschiedenen Schraubenschlüssel in unterschiedlichen Längen hergestellt?

Je größer die Schraube, desto größer das einzubringende Drehmoment  $M$ .

-> Goldene Regel der Mechanik: „Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen“.

f) Berechnen Sie die zur Betätigung des Spannhebels (Pos. 9) nötige Handkraft. Die soll eine Spannkraft  $F_2$  von 5 kN erreicht werden.

*Hinweis: Verwenden Sie die in den Teilaufgaben 2c) und 3a) bestimmten Werte für die Steigung  $P$  der Keilflansche (Pos. 8, 10) und die wirksame „Hebellänge  $l$ “ des Hebelarms.*

Geg.:  $F_2 = 5 \text{ kN}$ ,  $P = 18 \text{ mm}$ ,  $l = 120 \text{ mm}$

Ges.:  $F_1$  in N

Lös.:  $F_1 \cdot \pi \cdot (2 \cdot l) = F_2 \cdot P$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot P}{\pi \cdot (2 \cdot l)}$$

$$F_1 = \frac{5 \text{ kN} \cdot 18 \text{ mm}}{\pi \cdot (2 \cdot 120 \text{ mm})}$$

$$F_1 = 119,37 \text{ N} \approx 119 \text{ N}$$

g) Beurteilen Sie das Ergebnis (der vorhergehenden Teilaufgabe).

Die vom Arbeiter aufzubringende Handkraft übersteigt die Vorgabe für den Arbeitsschutz von  $F_{zu} = 17 \text{ N}$ . Der Arbeiter kann nur kurzfristig an der Vorrichtung arbeiten ( $F_{max} = 170 \text{ N}$ ).



h) Nennen Sie drei Maßnahmen, um die notwendige Handkraft zu reduzieren!

- Steigung  $P$  verkleinern bzw.
- Durchmesser des Keiflansches vergrößern
- Hebellänge  $l$  vergrößern

#### 4. Die zum Betätigen des Spannhebels (Pos. 13) erforderliche wirksame „Hebellänge $l$ “ berechnen.

Die für die Betätigung des Spannhebels (Pos. 9) nötige Handkraft  $F_1$  soll auf 60 N reduziert werden, so dass der Arbeiter unter Einhaltung von Pausenzeiten ermüdungsfrei arbeiten kann.

a) Berechnen Sie die erforderliche „Hebellänge  $l$ “.

*Hinweis: Verwenden Sie zur Berechnung die Angaben aus Teilaufgaben 3f).*

Geg.:  $F_2 = 5 \text{ kN}$ ,  $P = 18 \text{ mm}$ ,  $F_1 = 60 \text{ N}$

Ges.:  $l_{\text{eff}}$  in mm

Lös.:  $F_1 \cdot \pi \cdot (2 \cdot l_{\text{eff}}) = F_2 \cdot P$

$$l_{\text{eff}} = \frac{F_2 \cdot P}{F_1 \cdot \pi \cdot 2}$$

$$l_{\text{eff}} = \frac{5 \text{ kN} \cdot 18 \text{ mm}}{60 \text{ N} \cdot \pi \cdot 2}$$

$$l_{\text{eff}} = 238,73 \text{ mm} \approx 239 \text{ mm}$$

b) Berechnen Sie die theoretische Länge des Spannhebels (Pos. 9).

„Länge  $l$  neuer Spannhebel (Pos. 13)“ =  $l_{\text{eff}}$  - „halber  $\emptyset$  Kreisflansch (Pos. 12)“  
- „halber  $\emptyset$  Kugelkopf (Pos. 14)“

$$\text{„Länge } l \text{ neuer Spannhebel (Pos. 13)“} = 239 \text{ mm} - \frac{100 \text{ mm}}{2} - \frac{25 \text{ mm}}{2}$$

$$\text{„Länge } l \text{ neuer Spannhebel (Pos. 13)“} = 176,5 \text{ mm}$$

c) Geben Sie das Ergebnis aus Teilaufgabe 4b) aufgerundet auf den nächsten „10mm“-Wert an.

aufgerundet: „Länge  $l$  neuer Spannhebel (Pos. 13)“ = 180 mm



## Illustrierende Aufgaben

Berufsschule, Werkzeugmechaniker/in, Bauelemente, LF 13,  
Jahrgangstufe 12/13

### Hinweis zum Unterricht

Die Bearbeitung der Lernsituation ist in Einzel- und Partnerarbeit vorgesehen. Das notwendige Vorwissen (Dreisatzrechnung, Prozentrechnung, Anwendung der Winkelfunktionen, Drehmomentberechnung und mechanische Arbeit) könnte vorbereitend wiederholt werden. Die SuS können ihre Rechenergebnisse anhand der am Ende der Lernsituation gegebenen Lösungen selbst kontrollieren. Sollten Sie eine Lösung nicht finden, können Sie mit Hilfe der gegebenen Lösungen weiterarbeiten.

### Querverweise zu anderen Fächern/ Fachrichtungen

- Mathematik der Sekundarstufe I: Dreisatzrechnung, Prozentrechnung, Anwenden der Winkelfunktionen
- Physik der Sekundarstufe I: Mechanische Arbeit
- Fach Bauelemente, Jahrgangsstufe 10: Lesen und Erstellen einfacher Zeichnungen
- Fach Bauelemente, Jahrgangsstufen 10 und 11: Berechnen von Drehmomenten

### Quellen- und Literaturangaben

- Hanser-Verlag, Betriebsmittel Vorrichtung: Grundlagen und kommentierte Beispiele, 2. Auflage, 2012
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ([www.baua.de](http://www.baua.de)), Manuelle Arbeit ohne Schaden: Grundsätze und Gefährdungsbeurteilung, [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Praxis/A55.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Praxis/A55.pdf?__blob=publicationFile) (09.04.2021)
- Verlag Handwerk & Technik, Technische Mathematik Metallbauer und Konstruktionsmechaniker, 2., durchgesehene Auflage, 2018