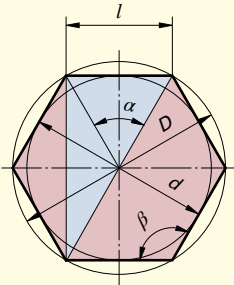


**Regelmäßiges Vieleck**



- A Fläche
- l Seitenlänge
- D Umkreisdurchmesser
- d Inkreisdurchmesser
- n Eckenzahl
- α Mittelpunktswinkel
- β Eckenwinkel

**Beispiel:**

Sechseck mit  $D = 80 \text{ mm}$

$l = ?$ ;  $d = ?$ ;  $A = ?$

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right) = 80 \text{ mm} \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{6}\right) = 40 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{D^2 - l^2} = \sqrt{6400 \text{ mm}^2 - 1600 \text{ mm}^2} = 69,282 \text{ mm}$$

$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4} = \frac{6 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 69,282 \text{ mm}}{4} = 4156,92 \text{ mm}^2$$

**Inkreisdurchmesser**

$$d = \sqrt{D^2 - l^2}$$

**Vielecksfläche**

$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$$

**Umkreisdurchmesser**

$$D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

**Seitenlänge**

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

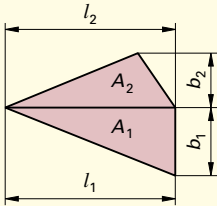
**Mittelpunktswinkel**

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

**Eckenwinkel**

$$\beta = 180^\circ - \alpha$$

**Unregelmäßiges Vieleck**



- A Gesamtfläche
- $l_1, l_2$  Länge
- $A_1, A_2$  Teilfläche
- $b_1, b_2$  Breite

**Beispiel:**

$l_1 = 80 \text{ mm}$ ;  $l_2 = 80 \text{ mm}$ ;  $b_1 = 40 \text{ mm}$ ;

$b_2 = 30 \text{ mm}$

$A_1 = ?$ ;  $A_2 = ?$ ;  $A = ?$

$$A_1 = \frac{l_1 \cdot b_1}{2} = \frac{80 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm}}{2} = 1600 \text{ mm}^2$$

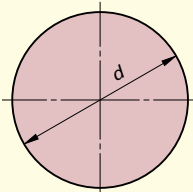
$$A_2 = \frac{l_2 \cdot b_2}{2} = \frac{80 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}}{2} = 1200 \text{ mm}^2$$

$$A = A_1 + A_2 = 1600 \text{ mm}^2 + 1200 \text{ mm}^2 = 2800 \text{ mm}^2$$

**Gesamtfläche**

$$A = A_1 + A_2 + \dots$$

**Kreis**



- A Fläche
- U Umfang
- d Durchmesser

**Beispiel:**

$d = 60 \text{ mm}$ ;  $A = ?$ ;  $U = ?$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (60 \text{ mm})^2}{4} = 2827 \text{ mm}^2$$

$$U = \pi \cdot d = \pi \cdot 60 \text{ mm} = 188,5 \text{ mm}$$

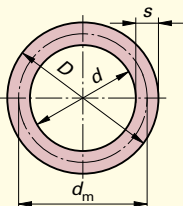
**Fläche**

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

**Umfang**

$$U = \pi \cdot d$$

**Kreisring**



- A Fläche
- s Dicke
- $d_m$  mittlerer Durchmesser
- D Außendurchmesser
- d Innendurchmesser

**Beispiel:**  $D = 160 \text{ mm}$ ;  $d = 125 \text{ mm}$ ;  $A = ?$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (160^2 \text{ mm}^2 - 125^2 \text{ mm}^2) = 7834 \text{ mm}^2$$

**Fläche**

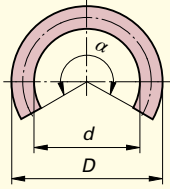
$$A = \pi \cdot d_m \cdot s$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

**Dicke**

$$s = \frac{D - d}{2}$$

**Kreisringausschnitt**



- A Fläche
- d Innendurchmesser
- D Außendurchmesser
- α Mittelpunktwinkel

**Fläche**

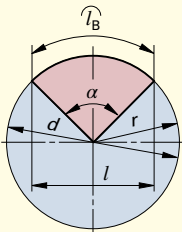
$$A = \frac{\pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360^\circ} \cdot (D^2 - d^2)$$

**Beispiel:**

D = 120 mm; d = 80 mm; α = 110°; A = ?

$$A = \frac{\pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360^\circ} \cdot (D^2 - d^2) = \frac{\pi \cdot 110^\circ}{4 \cdot 360^\circ} \cdot (120^2 - 80^2) \text{ mm}^2 = 1920 \text{ mm}^2$$

**Kreisausschnitt**



- A Fläche
- d Durchmesser
- $\widehat{l}_B$  Bogenlänge
- l Sehnenlänge
- r Radius
- α Mittelpunktwinkel

**Fläche**

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$A = \frac{\widehat{l}_B \cdot r}{2}$$

**Beispiel:**

d = 48 mm; α = 110°;  $\widehat{l}_B = ?$ ; A = ?

$$\widehat{l}_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 24 \text{ mm} \cdot 110^\circ}{180^\circ} = 46,1 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\widehat{l}_B \cdot r}{2} = \frac{46,1 \text{ mm} \cdot 24 \text{ mm}}{2} = 553 \text{ mm}^2$$

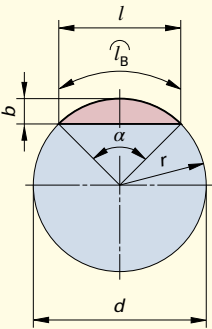
**Sehnenlänge**

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

**Bogenlänge**

$$\widehat{l}_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$$

**Kreisabschnitt**



- A Fläche
- d Durchmesser
- r Radius
- l Sehnenlänge
- $\widehat{l}_B$  Bogenlänge
- b Breite
- α Mittelpunktwinkel

$$A = \frac{\widehat{l}_B \cdot r - l \cdot (r - b)}{2}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r - b)}{2}$$

**Beispiel:**

b = 15,1 mm; l = 52 mm;  
 $\widehat{l}_B = 62,83 \text{ mm}$ ; d = 60 mm;  
 r = 30 mm; A = ?

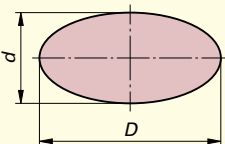
$$A = \frac{\widehat{l}_B \cdot r - l \cdot (r - b)}{2} = \frac{(62,83 \cdot 30) \text{ mm}^2 - 52 \cdot (30 - 15,1) \text{ mm}^2}{2} = 555,1 \text{ mm}^2$$

$$b = r \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$l = 2 \cdot \sqrt{b \cdot (2r - b)}$$

$$b = r - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}$$

**Ellipse**



- A Fläche
- d kleine Achse
- D große Achse
- U Umfang

**Fläche**

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

**Beispiel:**

D = 65 mm; d = 20 mm;  
 α = 110°; A = ?

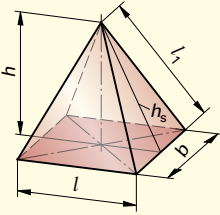
$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot 65 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}}{4} = 1021 \text{ mm}^2$$

**Umfang**

$$U \approx \frac{\pi}{2} \cdot (D + d)$$

M

**Pyramide**



- V Volumen
- h Höhe
- h<sub>s</sub> Mantelhöhe
- l Seitenlänge
- l<sub>1</sub> Kantenlänge
- b Breite

**Beispiel:**

l = 16 mm; b = 21 mm; h = 45 mm;  
 V = ?  

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3} = \frac{16 \text{ mm} \cdot 21 \text{ mm} \cdot 45 \text{ mm}}{3}$$

$$= 5040 \text{ mm}^3$$

**Volumen**

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$$

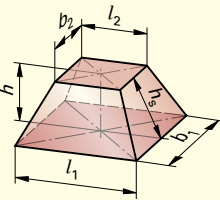
**Kantenlänge**

$$l_1 = \sqrt{h_s^2 + \frac{b^2}{4}}$$

**Mantelhöhe**

$$h_s = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$$

**Pyramidenstumpf**



- V Volumen
- A<sub>1</sub> Grundfläche
- A<sub>2</sub> Deckfläche
- h Höhe
- h<sub>s</sub> Mantelhöhe
- l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub> Seitenlänge
- b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> Breite

**Beispiel:**

l<sub>1</sub> = 40 mm; l<sub>2</sub> = 22 mm; b<sub>1</sub> = 28 mm;  
 b<sub>2</sub> = 15 mm; h = 50 mm;  
 A<sub>1</sub> = 1120 mm<sup>2</sup>; A<sub>2</sub> = 330 mm<sup>2</sup>; V = ?  

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$= \frac{50 \text{ mm}}{3} \cdot (1120 + 330 + \sqrt{1120 \cdot 330}) \text{ mm}^2 = 34\,299 \text{ mm}^3$$

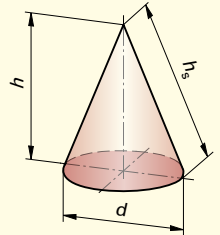
**Volumen**

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

**Mantelhöhe**

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}$$

**Kegel**



- V Volumen
- A<sub>M</sub> Mantelfläche
- d Durchmesser
- h Höhe
- h<sub>s</sub> Mantelhöhe

**Beispiel:**

d = 52 mm; h = 110 mm; V = ?  

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

$$= \frac{\pi \cdot (52 \text{ mm})^2}{4} \cdot \frac{110 \text{ mm}}{3}$$

$$= 77\,870 \text{ mm}^3$$

**Volumen**

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$$

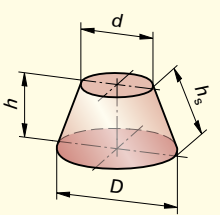
**Mantelfläche**

$$A_M = \frac{\pi \cdot d \cdot h_s}{2}$$

**Mantelhöhe**

$$h_s = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$$

**Kegelstumpf**



- V Volumen
- A<sub>M</sub> Mantelfläche
- h Höhe
- d kleiner Durchmesser
- D großer Durchmesser
- h<sub>s</sub> Mantelhöhe

**Beispiel:**

D = 100 mm; d = 62 mm; h = 80 mm;  
 V = ?  

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$= \frac{\pi \cdot 80 \text{ mm}}{12} \cdot (100^2 + 62^2 + 100 \cdot 62) \text{ mm}^2$$

$$= 419\,800 \text{ mm}^3$$

**Volumen**

$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

**Mantelfläche**

$$A_M = \frac{\pi \cdot h_s}{2} \cdot (D + d)$$

**Mantelhöhe**

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D - d}{2}\right)^2}$$

**Elektrodenbedarf beim Lichtbogenschmelzschweißen**

Die Berechnung des Elektrodenbedarfs kann für das Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden sowie für das Schutzgasschweißen (MAG, MIG, WIG) mit Drahtelektroden angewandt werden.

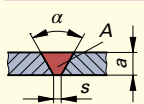
**Berechnungsmethode 1: Durch Berechnung des Schweißnahtvolumens  $V_S$**

Anzahl der benötigten Elektroden	Volumen der Schweißnaht	Nutzbare Volumen einer Elektrode	Nutzbare Elektrodenlänge
$Z = \frac{V_S}{V_E}$	$V_S = A \cdot L$	$V_E = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_E$	$l_E = l - 30 \text{ mm}$

**Querschnittsflächen  $A$  verschiedener Schweißnähte**

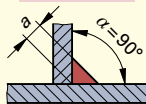
**V-Naht**

$A = a^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \cdot a \cdot s$



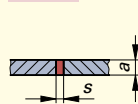
**Kehlnaht**

$A = a^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$



**I-Naht**

$A = a \cdot s$



- A Nahtquerschnitt mm<sup>2</sup>
- $\alpha$  Öffnungswinkel °
- a Schweißnahtdicke mm
- s Nahtspaltbreite mm
- L Schweißnahtlänge m
- l Elektrodenlänge mm
- d Kerndrahtdurchmesser mm

**Beispiel:** Es ist der Elektrodenbedarf einer 2,40 m langen Kehlnaht (90°) mit einer Nahtdicke von 6 mm zu berechnen. Nahtüberhöhung: 20%. Es werden Elektroden 4 mm x 450 mm eingesetzt. Stummel: 30 mm

$A = a^2 \cdot \tan \alpha/2 = 6^2 \text{ mm}^2 \cdot \tan 90^\circ/2 = 36 \text{ mm}^2 \cdot 1 = 36 \text{ mm}^2$

$V_S = A \cdot L = 36 \text{ mm}^2 \cdot 2400 \text{ mm} = 86400 \text{ mm}^3$ ;  $l_E = l - 30 \text{ mm} = 450 \text{ mm} - 30 \text{ mm} = 420 \text{ mm}$

$V_E = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_E = \frac{\pi \cdot 4^2 \text{ mm}^2}{4} \cdot 420 \text{ mm} = 5278 \text{ mm}^3$ ;

$Z = \frac{V_S}{V_E} = \frac{86400 \text{ mm}^3}{5278 \text{ mm}^3} = 16,4$

Zuschlag für Nahtüberhöhung:  $16,4 \cdot 20\% \approx 3,3$

Elektrodenbedarf:  $16,4 + 3,3 = 19,7 \Rightarrow$  **20 Elektroden erforderlich**

**Berechnungsmethode 2: Mit dem spezifischen Elektrodenbedarf  $z_S$  aus Tabellen**

Z Anzahl der benötigten Elektroden      L Schweißnahtlänge  
 $z_S$  Elektrodenzahl pro Meter, spezifischer Elektrodenbedarf genannt  
 (in diesem Wert ist die Nahtüberhöhung enthalten)

**Elektrodenbedarf**

$Z = L \cdot z_S$

**Spezifischer Elektrodenbedarf  $z_S$  für V-Nähte und Kehlnähte bei Standardbedingungen**

(Standardbedingungen: Elektrodenlänge 450 mm, Stummellänge 50 mm, Ausbringung 100 %)

W Wurzellage F Fülllage D Decklage Nahtform	Blechdicke a mm	Spaltbreite s mm	Anzahl und Art der Lagen	Elektroden durchmesser d mm	Spezifischer Elektrodenbedarf $z_S$			
					Wurzel 3,2 mm Ø Elektr./m	Hauptnaht 4 mm Ø Elektr./m	5 mm Ø Elektr./m	
 <b>V-Naht, 60°</b>	4	1	1 W, 1 D	3,2; 4	3	2	-	
	5	1.5	1 W, 1 D	3,2; 4	4	2,9	-	
	6	2	1 W, 2 D	3,2; 4	4	4,7	-	
	8	2	1 W, 1 F, 1 D	3,2; 4; 5	4	3,7	3,5	
	10	2	1 W, 1 F, 1 D	3,2; 4; 5	4	4	6,2	
 <b>Kehlnaht, 90°, waagrecht</b>	Nahtdicke a in mm					3,2 mm Ø	4 mm Ø	
	4		1	4	-	-	3,6	
	5		3	3,2	-	8,6	-	
	6		3	4	-	-	8,0	
						4 mm Ø	5 mm Ø	6 mm Ø
	8		1 W, 2 D	4; 5	3	7	-	
	10		1 W, 4 D	4; 5	3	12,3	-	

**Beispiel:** Es soll der Elektrodenbedarf einer 84 cm langen V-Naht (60°) bei einer Blechdicke von 6 mm berechnet werden. Aus der Tabelle werden die Anzahl und Art der Lagen bestimmt sowie die  $z_S$ -Werte abgelesen und damit der Elektrodenbedarf berechnet.

Eine Wurzellage:  $Z = L \cdot z_S = 0,84 \text{ m} \cdot 4 \text{ Elektr./m} = 3,36 \text{ Elektroden} \Rightarrow$  **4 Elektroden** 3,2 mm x 450 mm

Zwei Decklagen:  $Z = L \cdot z_S = 0,84 \text{ m} \cdot 4,7 \text{ Elektr./m} = 3,95 \text{ Elektroden} \Rightarrow$  **2 · 4 = 8 Elektroden** 4 mm x 450 mm