

DIN IEC 60205**DIN**

ICS 29.100.10

Einsprüche bis 2004-07-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60205:2001-12**Entwurf****Berechnung der effektiven Kernparameter magnetischer Formteile
(IEC 51/754/CD:2004)**

Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts (IEC 51/754/CD:2004)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt).

Gesamtumfang 45 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung des Internationalen Norm-Entwurfs [Committee Draft (CD)] IEC 51/754/CD:2004 „Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts“.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den mit aufgenommenen englischen IEC-Text.

Der Internationale Entwurf wurde vom TC 51 „Magnetic components and ferrite materials“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und als CD herausgegeben. Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene entstandener Internationaler Norm-Entwurf im Schlusstadium [Final Draft International Standard (FDIS)] zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Abstimmung gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS nur 2 Monate beträgt, und zum FDIS keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für den vorliegenden Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 625 „Magnetische Bauelemente und deren Komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60205:2001-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Diese Ausgabe 2.1 von IEC 60205 (2001) fasst die zweite Ausgabe der IEC 60205 und das Corrigendum 1 (2001) zusammen und zusätzlich ist sie hinsichtlich folgender Änderungen überarbeitet.

- Die Einheit der Winkel in diesem Text wird durch Verwendung von „Radiant“ beschrieben.
- Im Unterabschnitt 2.1 ist hinzuzufügen „Alle Winkel in Radiant“.
- Im Abschnitt 3.9 „PM-Kernpaar“ ist die Gleichung für die Kernformfaktoren zu ersetzen.

Berechnung der effektiven Kernparameter magnetischer Formteile

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Grundregeln	4
3 Gleichungen für verschiedene Kerntypen	5
3.1 Ringkerne	5
3.2 U-Kernpaar mit rechteckigem Querschnitt	6
3.3 U-Kernpaar mit rundem Querschnitt	7
3.4 E-Kernpaar mit rechteckigem Querschnitt	8
3.5 ETD-Kernpaar	9
3.6 Schalenkernpaar	10
3.7 Rechteck-Kernpaar (RM-Kern)	12
3.8 EP-Kernpaar	14
3.9 PM-Kernpaar	15
Anhang A (informativ) Zweck der Überarbeitung und Handhabung der neuen effektiven Kernparameter	17
Literaturhinweise	21

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt einheitliche Regeln zur Berechnung von effektiven Kernparametern geschlossener magnetischer Kreise aus ferromagnetischen Werkstoffen fest.

2 Grundregeln

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Grundregeln.

2.1 Alle Ergebnisse sollten in Einheiten angegeben werden, die auf Millimeter beruhen, und müssen drei signifikante Stellen aufweisen, jedoch müssen zur Herleitung von l_e , A_e und V_e die Werte von C_1 und C_2 auf fünf signifikante Stellen genau berechnet werden. Alle Winkel in Radiant.

ANMERKUNG Der Zweck, diesen Genauigkeitsgrad festzulegen, ist sicherzustellen, dass bei verschiedenen Herstellern berechnete Parameter identisch sind und nicht, dass die Parameter so genau bestimmt werden können.

2.2 $A_{\min}$ ist der Nennwert des kleinsten Querschnitts. Alle in die Berechnung von $A_{\min}$ eingehenden Maße müssen Mittelwerte der in den entsprechenden Formteilzeichnungen angegebenen Toleranzgrenzen sein.

2.3 Die Berechnungen dürfen nur auf die Bestandteile eines geschlossenen magnetischen Kreises angewandt werden.

2.4 Alle Maße, die in die Berechnungen eingehen, müssen Mittelwerte der in den entsprechenden Formteilzeichnungen angegebenen Toleranzgrenzen sein.

2.5 Alle Unregelmäßigkeiten in der Ausführung eines Kerns wie kleine Einschnitte, Kerben, Fasen usw. müssen vernachlässigt werden, außer wenn es nicht anderweitig beschrieben wird.

2.6 Wenn in der Berechnung spitze Ecken eines Formteils berücksichtigt werden, dann muss für die mittlere Flussweglänge dieser Ecke der mittlere Kreisbogen, der die Mittelpunkte der anliegenden Querschnitte verbindet, verwendet werden und für den dazugehörigen Querschnitt der Mittelwert der anliegenden Querschnitte.

Berechnung der effektiven Parameter l_e , A_e und V_e

Die effektiven Parameter können wie folgt definiert werden:

$$l_e = C_1^2 / C_2 \quad A_e = C_1 / C_2 \quad V_e = l_e A_e = C_1^3 / C_2^2$$

Dabei ist:

l_e die effektive magnetische Weglänge des Kerns (mm);

A_e die effektive Querschnittsfläche (mm²);

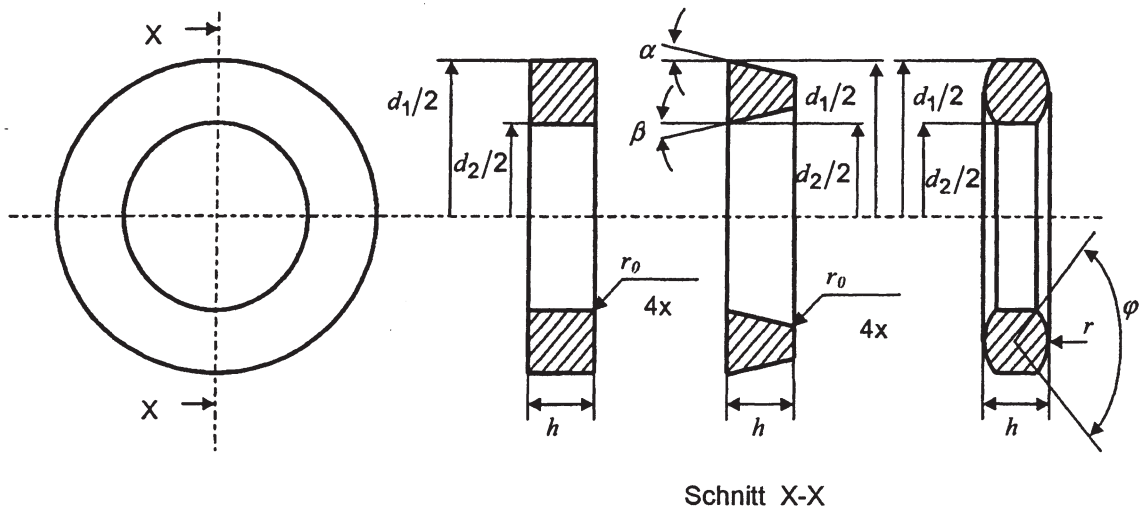
V_e das effektive Volumen (mm³);

C_1 die Kernkonstante (mm⁻¹);

C_2 die Kernkonstante (mm⁻³).

3 Gleichungen für verschiedene Kerntypen

3.1 Ringkerne



$$C_1 = \frac{2\pi}{h_e \ln \left(\frac{d_1}{d_2} \right)}$$

$$C_2 = \frac{4\pi \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)}{h_e^2 \ln^3 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)}$$

3.1.1 Für Ringkerne mit rechteckigem Querschnitt und scharfen Kanten

$$h_e = h$$

3.1.2 Für Ringkerne mit rechteckigem Querschnitt und einem merklichen mittleren Rundungsradius r_0

$$h_e = h (1 - k_1) \quad k_1 = \frac{1,7168 \, r_0^2}{h (d_1 - d_2)}$$

3.1.3 Für Ringkerne mit rechteckigem Querschnitt und scharfen Kanten

$$h_e = h (1 - k_2) \quad k_2 = \frac{h (\tan \alpha + \tan \beta)}{d_1 - d_2}$$

3.1.4 Für Ringkerne mit trapezförmigem Querschnitt und einem merklichen durchschnittlichen Rundungsradius r_0

$$h_e = h (1 - k_1 - k_2)$$

3.1.5 Für Ringkerne mit einem Querschnitt, der kreisförmige Bögen an den Frontseiten besitzt

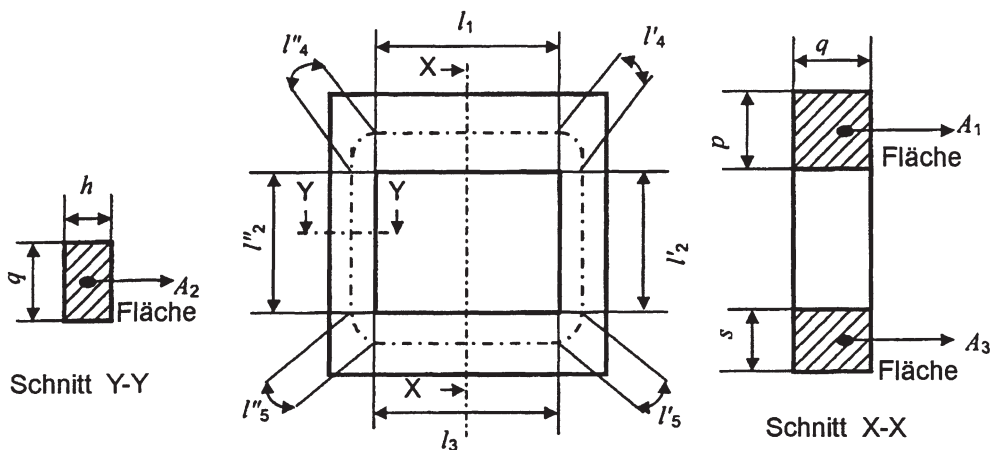
$$h_e = h - \frac{d_1 - d_2}{4 \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \left(2 \sin \frac{\varphi}{2} - \frac{\sin \varphi}{2} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$\varphi = 2 \arcsin \frac{d_1 - d_2}{4r}$$

ANMERKUNG Wenn die Wicklung gleichmäßig über dem Ringkern verteilt ist, dann ist zu erwarten, dass an allen Punkten innerhalb des Ringkernes die Flusslinien parallel zu seiner Oberfläche verlaufen.

Kein Streufluss wird daher den Ringkern verlassen bzw. in ihn eintreten. Dies rechtfertigt die Verwendung der theoretisch korrekteren Ableitung der effektiven Parameter, die nicht von der Annahme Gebrauch macht, dass der Fluss gleichmäßig über den Querschnitt verteilt sei.

3.2 U-Kernpaar mit rechteckigem Querschnitt



Länge des zur Fläche A_2 dazugehörigen Flusspfads:

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

Mittlere Länge des Flusspfades an den Ecken:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(p + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(s + h)$$

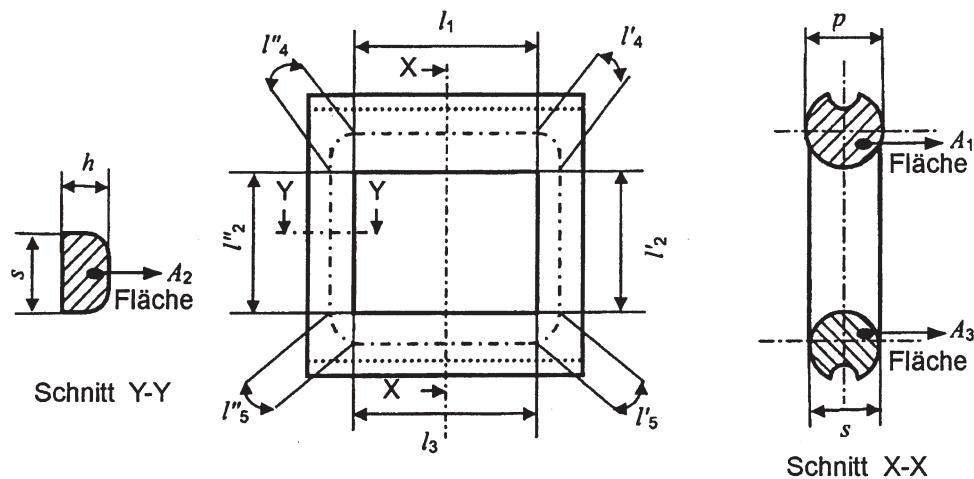
Mittlere Fläche zu l_4 und l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_{i=1}^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.3 U-Kernpaar mit rundem Querschnitt



Für die Berechnung von A_2 sind alle zur Erleichterung der Herstellung eingeführten Rillen zu vernachlässigen.

Länge des zur Fläche A_2 dazugehörigen Flusspfads:

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

Mittlere Länge des Flusspfads an den Ecken:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(p + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(s + h)$$

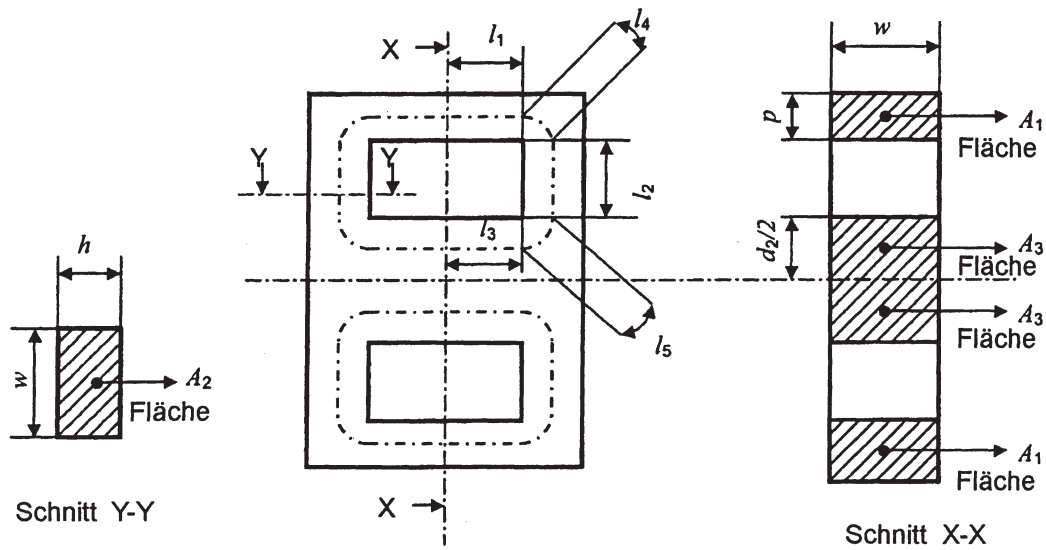
Mittlere Flächen zu l_4 und l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

3.4 E-Kernpaar mit rechteckigem Querschnitt



Fläche des halben Mittelbutzens: A_3

Mittlere Länge des Flusspfads an den Ecken:

$$l_4 = \frac{\pi}{8}(p + h)$$

$$l_5 = \frac{\pi}{8}\left(\frac{d_2}{2} + h\right)$$

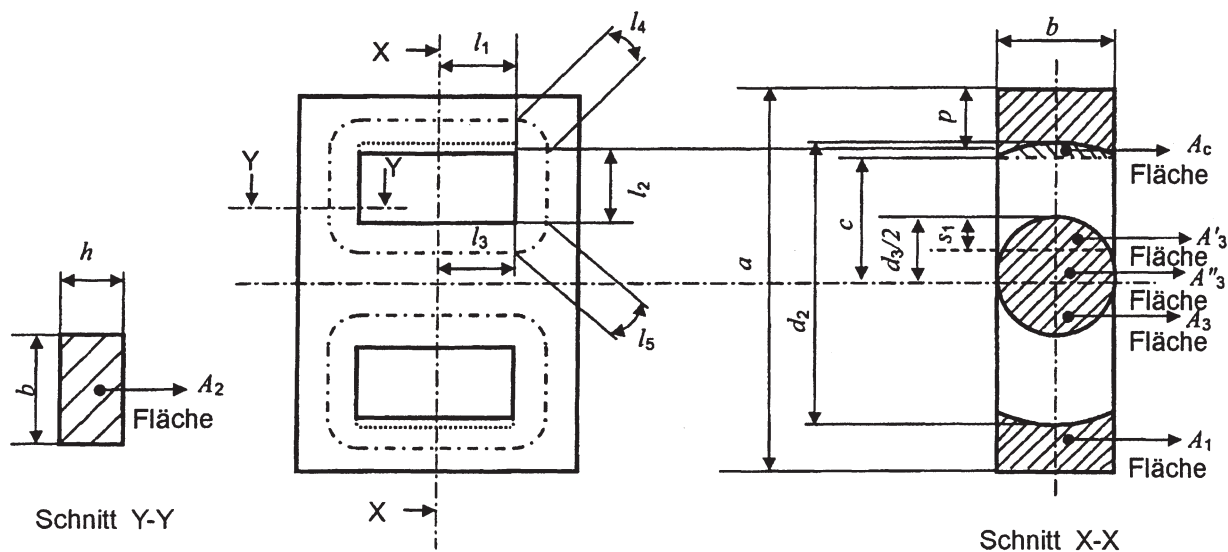
Mittlere Fläche zu l_4 und l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.5 ETD-Kernpaar



A_1 ist die Rechteckfläche $b \left(\frac{1}{2}a - c \right)$ weniger dem Kreisabschnitt A_c .

$$A_c = \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right) - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2}$$

$$A_1 = \frac{1}{2}ab - \frac{1}{4}b\sqrt{d_2^2 - b^2} - \frac{1}{4}d_2^2 \arcsin\left(\frac{b}{d_2}\right)$$

Mittlere Länge des Flusspfads an der Bodenwand:

$$l_2 = \frac{1}{4} \left(d_2 + \sqrt{d_2^2 - b^2} \right) - \frac{d_3}{2}$$

ANMERKUNG l_2 erhält man aus dem Mittelwert von $\frac{1}{2}(d_2 - d_3)$ und $\left(C - \frac{d_3}{2}\right)$.

Fläche des halben Mittelbutzens:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

Die Bedingung für $A'_3 = A''_3$ ist:

$$S_1 = 0,2980 \quad d_3$$

Mittlere Länge des Flusspfads an den Ecken:

$$l_4 = \frac{\pi}{8}(p+h)$$

Dabei ist $p = \frac{a}{2} - l_2 - \frac{d_3}{2}$

$$l_5 = \frac{\pi}{8}(2S_1 + h)$$

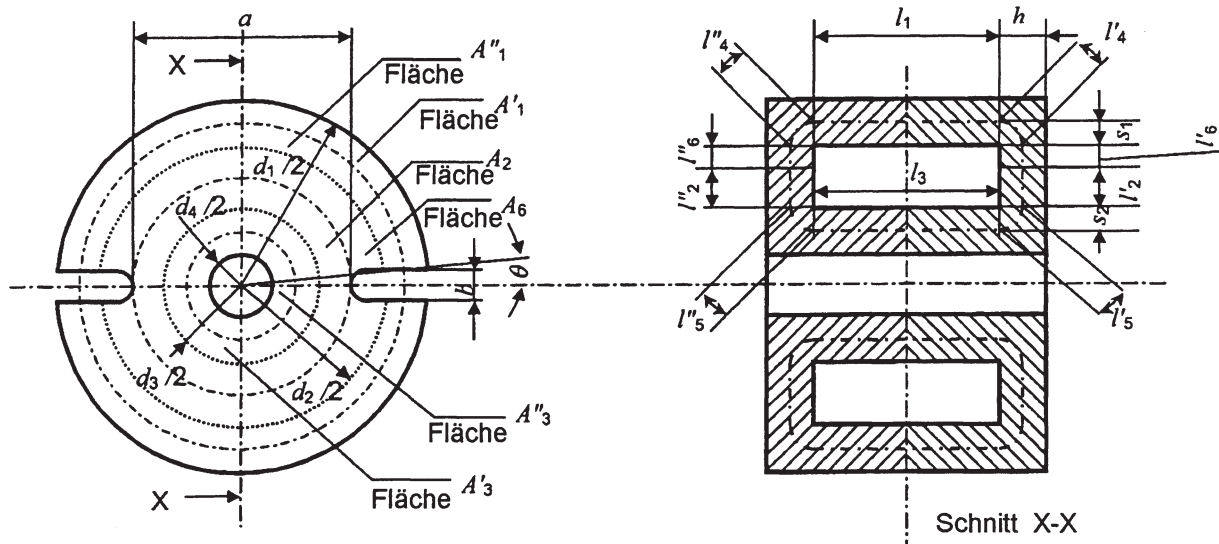
Mittlere Flächen zu l_4 und l_5 :

$$A_4 = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_5 = \frac{A_2 + A_3}{2}$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{2A_i^2}$$

3.6 Schalenkernpaar



Außenringfläche:

$$A_1 = A'_1 + A''_1$$

Die Bedingung für $A'_1 = A''_1$ ist:

$$S_1 = -\frac{d_2}{2} + \sqrt{\frac{1}{8}(d_1^2 + d_2^2)}$$

Fläche des Mittelbutzens:

$$A_3 = A'_3 + A''_3$$

Die Bedingung für $A'_3 = A''_3$ ist:

$$S_2 = \frac{d_3}{2} - \sqrt{\frac{1}{8}(d_3^2 + d_4^2)}$$

Ringfläche:

$$A_1 = \frac{1}{4}(\pi - n\theta) (d_1^2 - d_2^2)$$

$$\theta = \arcsin \frac{2b}{d_1 + d_2}$$

b : Schlitzbreite

n : Anzahl der Schlitz

Kernformfaktoren zu l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi h} \ln \frac{a}{d_3}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{a - d_3}{\pi^2 a d_3 h^2}$$

Fläche des Mittelbutzens:

$$A_3 = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_4^2)$$

Mittlere Länge des Flusspfads an den Ecken:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4}(2S_1 + h)$$

$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4}(2S_2 + h)$$

Flächen zu l_4 und l_5 :

$$A_4 = \frac{1}{8}(\pi - n\theta) (d_1^2 - d_2^2) + \frac{\pi}{2}d_2h$$

$$A_5 = \frac{\pi}{8}(d_3^2 - d_4^2 + 4d_3h)$$

Kernformfaktoren zu l_6 :

$$\frac{l_6}{A_6} = \frac{1}{(\pi - n\theta) h} \ln \frac{d_2}{a}$$

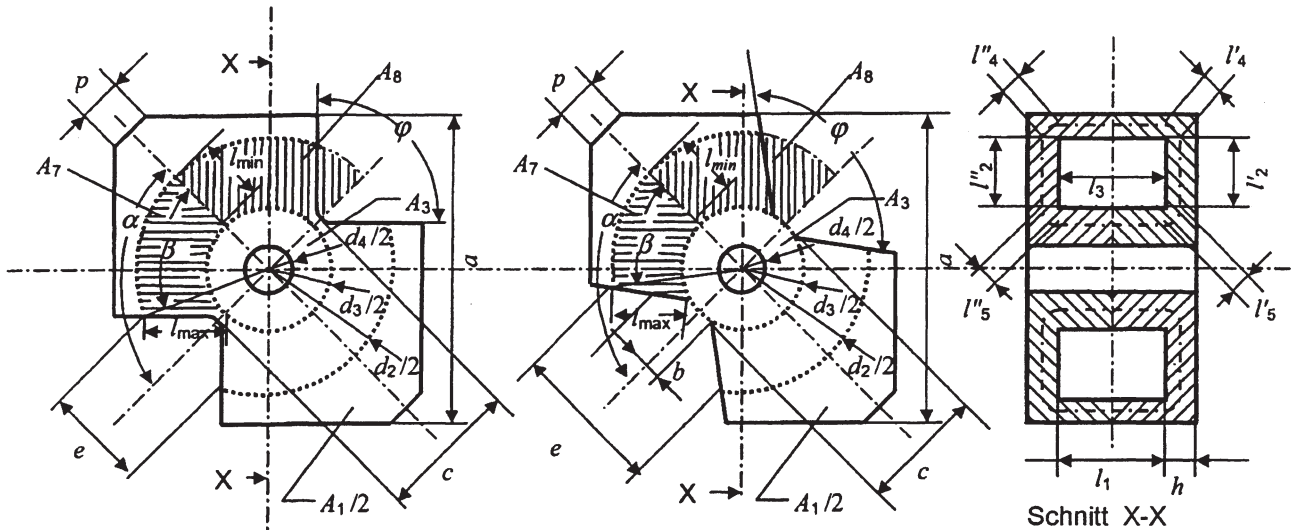
$$\frac{l_6}{A_6^2} = \frac{d_2 - a}{a d_2 (\pi - n\theta)^2 h^2}$$

$$C_1 = \sum_1^6 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_1^6 \frac{l_i}{A_i^2}$$

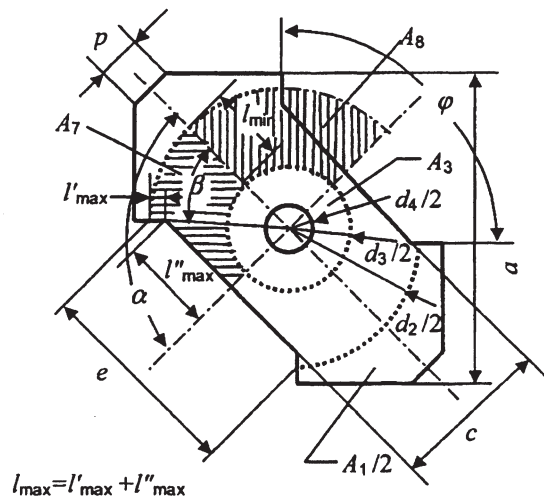
3.7 Rechteck-Kernpaar (RM-Kern)

Typ 1 – RM6-S, RM6-R

Typ 2 – RM7



Typ 3 – RM4, RM5, RM8, RM10, RM12, RM14



ANMERKUNG Diese Berechnung kann auch für Kerntypen ohne Loch angewendet werden.

Gesamtquerschnitt des Schenkels:

$$A_1 = \frac{1}{2} a^2 \left\{ 1 + \tan \left(\beta - \frac{\pi}{4} \right) \right\} - \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{1}{2} p^2$$

Dabei ist $\beta = \alpha - \arcsin \frac{e}{d_2}$

Kernformfaktoren zu l_2 :

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{\ln \frac{d_2}{d_3} f}{D\pi h}$$

Dabei ist $f = \frac{l_{\min} + l_{\max}}{2 l_{\min}}$, $D = \frac{A_7}{A_8}$

$$l_2 = l'_2 + l''_2$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{\left(\frac{1}{d_3} - \frac{1}{d_2} \right) f}{(D\pi h)^2}$$

Typ 1:
$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2^2 + d_3^2) - \frac{1}{2}d_2d_3 \cos(\alpha - \beta)}$$

Typ 2:
$$l_{\max} = \sqrt{\frac{1}{4}(d_2^2 + d_3^2) - \frac{1}{2}d_2d_3 \cos(\alpha - \beta)} - \frac{b}{2 \sin \frac{\varphi}{2}}$$

Typ 3:
$$l_{\max} = \frac{e}{2} + \frac{1}{2} \left(1 - \sin \frac{\varphi}{2} \right) (d_2 - c)$$

Typ 1: RM6-S
$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta - \frac{1}{2} e^2 \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Typ 1: RM6-R:
$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 + \frac{1}{2} d_2 d_3 \sin(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} (c - d_3)^2 \tan \frac{\varphi}{2} - \frac{\pi}{4} d_3^2 \right\}$$

Typ 2:
$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} (b^2 - e^2) \tan \left(\alpha - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{1}{2} e^2 \tan \beta \right\}$$

Typ 3:
$$A_7 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\beta}{2} d_2^2 - \frac{\pi}{4} d_3^2 + \frac{1}{2} c^2 \tan(\alpha - \beta) \right\}$$

$$A_8 = \frac{\alpha}{8} (d_2^2 - d_3^2)$$

Mittelbutzenfläche:

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2)$$

Mittlere Länge des Flusspfads an den Ecken und dazugehörige mittlere Flächen:

$$l_4 = l'_4 + l''_4 = \frac{\pi}{4} \left(h + \frac{1}{2} a - \frac{1}{2} d_2 \right)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} (A_1 + 2\beta d_2 h)$$

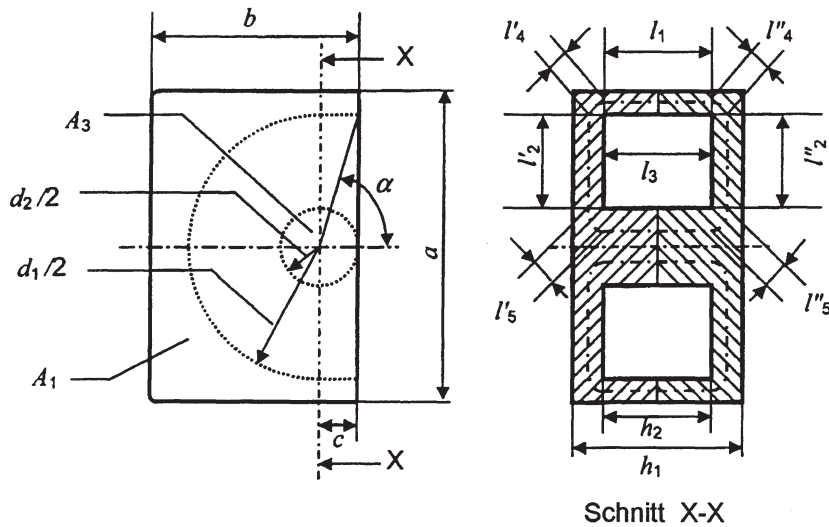
$$l_5 = l'_5 + l''_5 = \frac{\pi}{4} \left\{ d_3 + h - \sqrt{\frac{1}{2}(d_3^2 + d_4^2)} \right\}$$

$$A_5 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_4^2) + 2\alpha d_3 h \right\}$$

$$C_1 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i} \quad C_2 = \sum_1^5 \frac{l_i}{A_i^2}$$

ANMERKUNG Diese Berechnung vernachlässigt den Effekt von Klammer- und Bodenvertiefungen. Diese können einen Einfluss auf das Berechnungsergebnis haben, insbesondere bei kleinen Kernen.

3.8 EP-Kernpaar



Als ein Paar:

$$\frac{l_1}{A_1} = \frac{h_2}{ab - \frac{\pi d_1^2}{8} - \frac{d_1 d_2}{2}}$$

$$\frac{l_1}{A_1^2} = \frac{h_2}{\left(ab - \frac{\pi d_1^2}{8} - \frac{d_1 d_2}{2} \right)^2}$$

$$\frac{l_1}{A_2} = \frac{2}{(\pi - \alpha)(h_1 - h_2)} \ln \frac{d_1}{d_2}$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{4(d_1 - d_2)}{(\pi - \alpha)^2 (h_1 - h_2)^2 d_1 d_2}$$

$$\frac{l_3}{A_3} = \frac{4h_2}{\pi d_2^2}$$