

MYCADSERVICES KNOWLEDGE BASE

Produkt: SolidWorks

Bereich: CAD

Thema: Blechbearbeitung

Typ: F.A.Q.

Mathematische Grundlagen zur Berechnung von gestreckten Längen im SolidWorks-Blechmodul

In SolidWorks können die gestreckten Längen von Blechkonstruktionen auf drei Weisen definiert werden. Die Berechnung kann durch tabellarisch oder manuell vorgegebene(n)

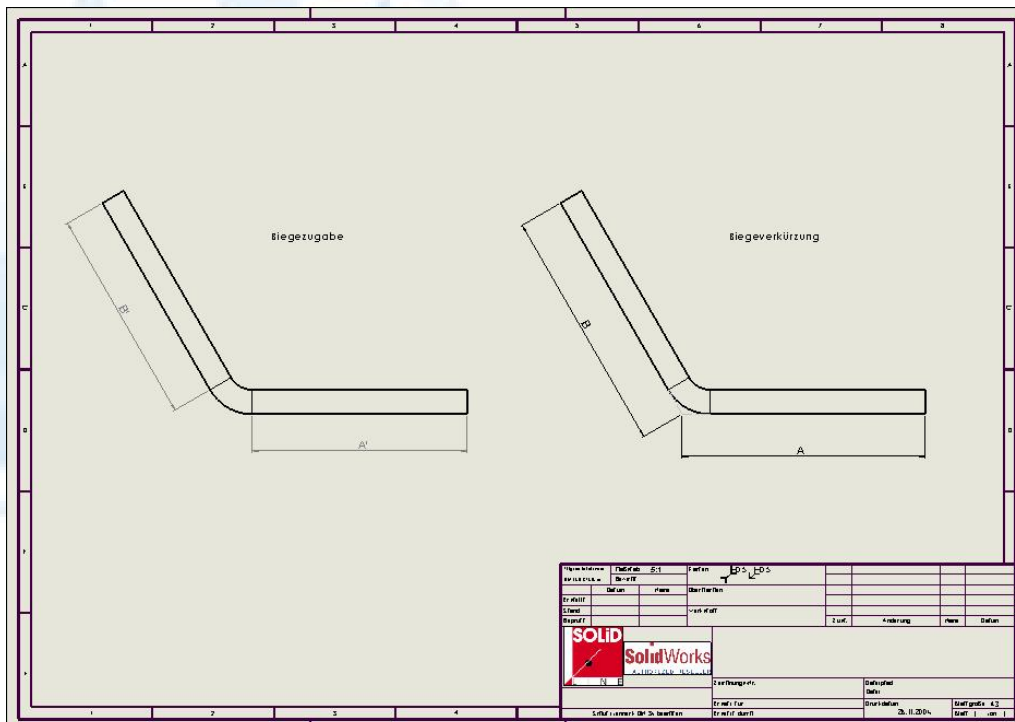
- Biegezugabe (BA, engl. bend allowance)
- Biegeverkürzung (BD, engl. bend deduction)
- k-Faktor (k)

erfolgen.

Für das Verständnis des Blechmoduls und zum Vermeiden von Fehlern ist die Kenntnis der mathematischen Grundlagen und der Arbeitsweise von SolidWorks hilfreich.

Für die Bestimmung von BA, BD und k spielen Material, Biegewinkel, Biegeradius, Blechstärke und Werkzeug eine Rolle. Im Allgemeinen wird pro Material und Werkzeug eine Tabelle benötigt, welche die anderen Parameter enthält. Da diese Werte hochgradig firmenspezifisch sind, ist jeder Kunde in der Pflicht sich eigene Tabellen zu erzeugen. Zur Überprüfung der Tabellenwerte sind die mathematischen Grundlagen ebenfalls nützlich.

Grundsätzlich unterscheiden sich die Verfahren Biegezugabe und Biegeverkürzung darin, dass bei der Biegezugabe die Längen der unverformten Schenkel zugrunde liegen und mit dem Wert BA die Größe der abgewinkelten Biegezone hinzugerechnet wird; bei der Biegeverkürzung werden die Schenkellängen bezogen auf den theoretischen Schnittpunkt der beiden Schenkel zugrunde gelegt und für die Biegezone ein Verkürzungswert abgezogen. Es handelt sich also im Grunde um verschiedenartige Modellierverfahren. Die Rechnung mit k-Faktor ist eine Variante der Biegezugaberechnung. Auch hier sind entscheidend die unverformten Schenkellängen, die Breite der Biegezone ist aber kein vorgegebener Wert, sondern errechnet sich als Bogenlänge der neutralen Faser. Die verschiedenen Rechnungsverfahren lassen sich aber mathematisch ineinander überführen.



Biegezugabe

Die Biegezugabe BA ist der Wert, um den sich die abgewickelte Länge eines Bleches pro Biegung vergrößert. Sie wird zu den Längen der unverformten Schenkeln hinzuaddiert und ist die Breite der Biegezone im abgewickelten Blech.

Die Rechnung mit Biegezugabe BA ist relativ wenig fehleranfällig. Die Werte für BA müssen immer positiv sein, können aber eine beliebige Größe annehmen.

Eine Biegezugabe-Rechnung wird zumeist verwendet, wenn das Modell in SolidWorks mit Biegungen konstruiert wird (also die Biegungen nicht durch die Blechfunktion erzeugt wurden).

Biegeverkürzung

Die Biegeverkürzung BD ist der Wert, um den sich die abgewickelte Länge eines Bleches pro Biegung verringert. Daraus lassen sich die Breite der Biegezone BA sowie die unverformte Länge der Schenkel A' und B' berechnen.

Die Werte der Biegeverkürzung BD können sowohl negativ als auch positiv sein, jedoch darf die Breite der Biegezone BA dadurch nicht kleiner Null werden. Durch diesen Zusammenhang ist die Rechnung mit Biegeverkürzung anfälliger für Fehler, nämlich wenn die Zusammensetzung von Winkel, Biegeradius, Blechstärke und BD zu einer negativen Biegezone führt. Der Zusammenhang wird in der Rechnung unten dargestellt.

Die Rechnung mit Biegeverkürzung wird in der Regel angewendet, wenn das Modell scharfkantig erstellt und Biegungen durch die Blechfunktion erzeugt werden.

k-Faktor

Die Rechnung mit k-Faktor ist eine Variante der Rechnung mit Biegezugabe. Dabei wird nicht explizit ein Wert BA vorgegeben, sondern die Biegezugabe als Länge eines Bogens berechnet, Eingangswerte sind Winkel und Radius des Bogens. Der Radius des Bogens entspricht der neutralen Faser und wird berechnet als

$$R_k = R + k \cdot t \quad (1)$$

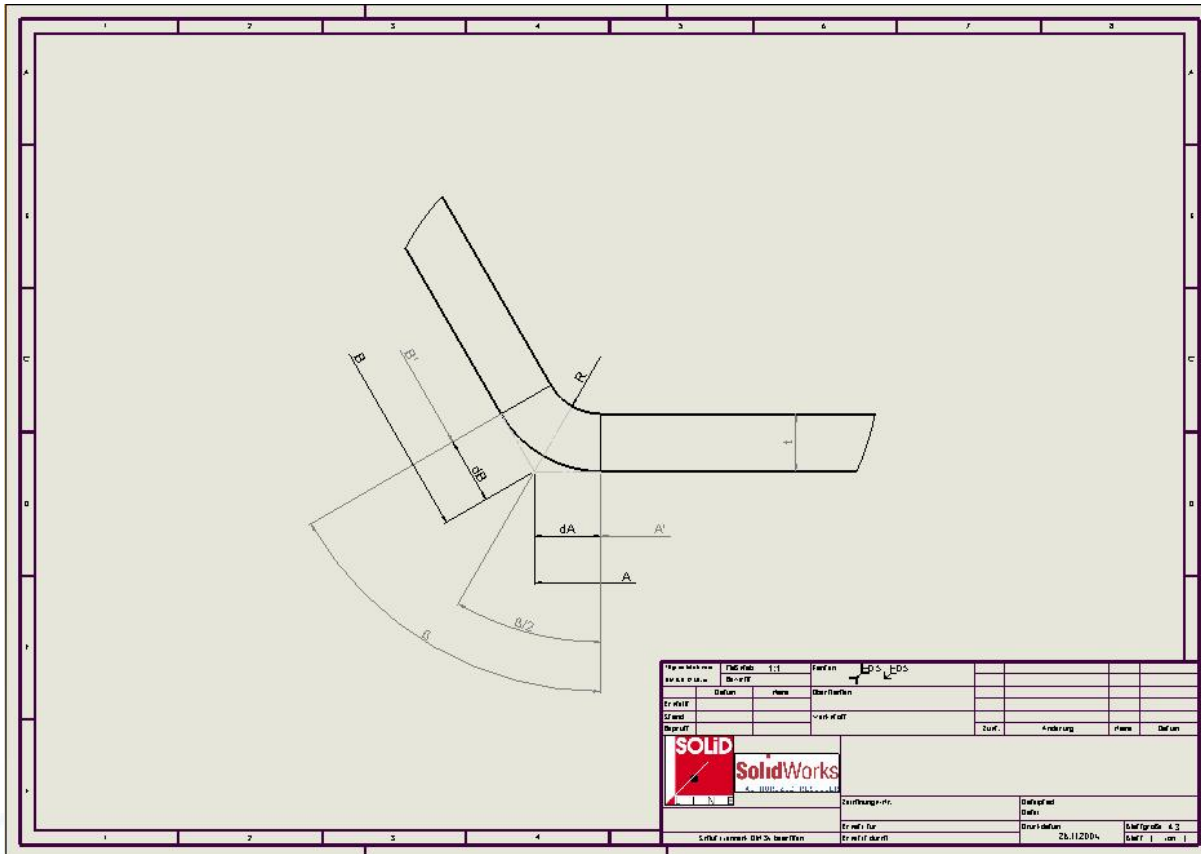
k ist das Verhältnis des Abstands der neutralen Faser T von der Biegungs-Innenseite zur Blechstärke t, also

$$k = \frac{T}{t} \quad (2)$$

Die Werte für k können zwischen 0 und 1 liegen. k=0 bedeutet sinngemäß, dass das Material auf der Innenseite der Biegung keine Verformung erfährt, sondern auf der Außenseite gezogen wird. k=1 entspricht konstantem Material auf der Biegungsaußenseite, Stauchung auf der Innenseite.

Wie auch die Biegezugaberechnung ist die Rechnung mit k-Faktor kaum fehleranfällig, weil auch hier die Biegezone niemals negativ werden kann.

Blech-Mathematik



Für die gestreckte Länge L_t lassen sich zwei Gleichungen aufstellen:

$$L_t = A' + B' + BA \quad (3) \text{ Grundgleichung für Biegezugabe und k-Faktor}$$

$$L_t = A + B - BD \quad (4) \text{ Grundgleichung für Biegeverkürzung}$$

Die unverformte Länge der Schenkel A' und B' kann definiert werden als:

$$A' = A - dA \quad (5)$$

$$B' = B - dB \quad (6)$$

Die Biegezone verteilt sich gleichmäßig auf beide angrenzenden Schenkel, daher ist $dA = dB$. Die Verkürzungen dA und dB lassen sich berechnen als

$$dA = (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (7)$$

$$dB = (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (8)$$

Setzt man (7) in (5) und (8) in (6) ein, erhält man

$$A' = A - (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (9)$$

$$B' = B - (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (10)$$

Gleichsetzen von (3) und (4) und Einsetzen von (9) und (10) in (4) führt auf die Gleichung

$$A + B - BD = A - (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) + B - (R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) + BA \quad (11)$$

Durch Umstellen nach BZ erhält man eine Formel für die Berechnung der Breite der Biegezugabe:

$$BA = 2(R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) - BD \quad (12)$$

Für den Sonderfall $\beta=90^\circ$ vereinfacht sich (10) wegen $\tan(45^\circ)=1$ zu

$$BZ(90^\circ) = 2(R + t) - BD \quad (13)$$

Wird die Breite der Biegezone rechnerisch negativ, kann SolidWorks das Modell nicht mehr aufbauen. Dies ist ein häufiger Fehler bei der Erstellung von Biegetabellen und kann leicht kontrolliert werden, indem mithilfe einer Exceltabelle gegengerechnet wird, ob für alle möglichen Kombinationen von R, t und β gilt:

$$2(R + t) \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) - BD > 0 \quad (14)$$

Wird der Biegewinkel β sehr groß (entspricht kleinem Öffnungswinkel), wird aufgrund des Verlaufs der Tangens-Kurve, die bei Annäherung an 90° gegen Unendlich strebt, die Biegezone sehr breit. Umgekehrt geht der Tangens bei sehr kleinen β gegen Null, hier besteht die Gefahr, dass die Biegezone rechnerisch eine negative Größe bekommt. Beides muss in den Biegeverkürzungswerten berücksichtigt werden. Auch hier: Eine Excel-Tabelle hilft bei der Überprüfung!