



Blechabwicklung

Ausgabe vom 31. März 2025

Version 2025

DataSolid GmbH

Nobelstraße 3-5

D - 41189 Mönchengladbach

Telefon: +49 (0) 2166 / 955-712

Fax: +49 (0) 2166 / 955-719

E-Mail: info@datasolid.de

Internet: <http://www.datasolid.com>



CAD

Copyright

Copyright © 2001-2025 durch DataSolid GmbH. Alle Rechte weltweit vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf reproduziert, übertragen, in einem Informationssystem gespeichert oder in eine menschliche oder Computersprache übersetzt werden, in welcher Form auch immer, elektronisch, mechanisch, magnetisch, optisch, chemisch, manuell oder anderweitig, ohne die ausdrückliche schriftliche Zustimmung von DataSolid GmbH, Nobelstraße 3-5, D-41189 Mönchengladbach.

Inhalt

1	Allgemeine Einführung	1
1.1	Überblick	1
1.2	Allgemeines über das Biegen	2
2	Blechabwicklung	3
2.1	Voraussetzungen für abwickelbare Körper	3
2.2	Allgemeine Vorgehensweise	4
2.3	Einstellungen für Abwicklung definieren	5
3	Berechnungsarten	8
3.1	Berechnung nach DIN Norm 6935	8
3.2	Berechnung mit Maschinendaten	9
3.3	Berechnung mit neutraler Faser	12
4	Index	13

1 Allgemeine Einführung

1.1 Überblick

In der blechverarbeitenden Industrie werden durch Kaltverformung zunehmend komplexere Teile gefertigt. Die zu verarbeitenden Bleche sind nicht nur in einer Richtung gekantet, sondern für komplizierte Bauteile wie Gehäuse, Wannen, Abdeckungen etc., müssen die Kantungen in unterschiedlichen Richtungen verlaufen.

Das Bauteil erhält seine räumliche Gestalt durch verschiedene Biegungen einer anfangs ebenen Blechplatte. Die Konstruktion des Blechteils wird dabei durch die Funktion bestimmt, die das Teil zu erfüllen hat. Das fertige Teil wird dann überführt in das Ausgangsprodukt, die ebene Blechplatte (Abwicklung).

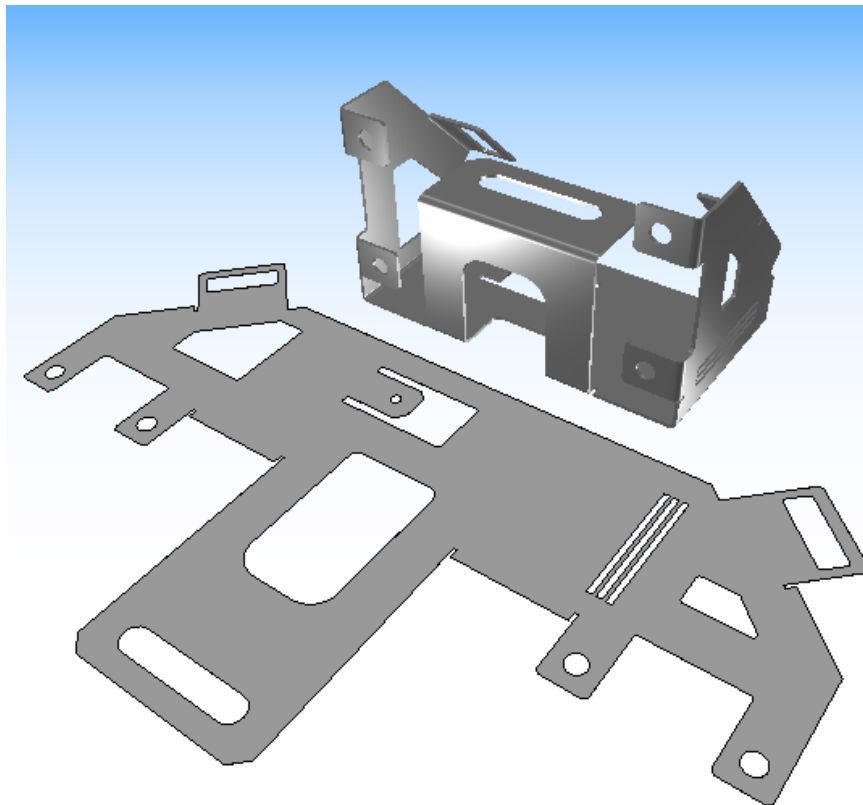


Bild eines Blechteiles (Solid) und dessen Abwicklung

Es handelt sich bei der Abwicklung nicht nur um einen rein geometrischen Vorgang, sondern es müssen auch die Materialeigenschaften des verwendeten Werkstoffes beachtet werden, aus dem das Teil gebogen werden soll. Die durch das Biegen auftretenden Veränderungen im Biegebereich werden durch Zuschlagswerte bei der Berechnung der Länge im ungebogenen Zustand berücksichtigt.

Die Blechabwicklung mit Hilfe eines CAD-Systems birgt mehrere Vorteile. Das mühselige Nachschlagen zum Bestimmen von Biegezuschlägen aus Tabellen, das auch leicht zu Fehlern führt, entfällt. Dadurch ist die Arbeit viel schneller erledigt und die gewonnene Zeit kann genutzt werden, um zum Beispiel den Platinenzuschnitt so zu optimieren, dass weniger Verschnitt anfällt. Außerdem können die Daten des ermittelten Zuschnitts nach entsprechender Aufbereitung für ein NC-Programm zum automatischen Ausstanzen übernommen werden. Dadurch wird die gewünschte Durchgängigkeit, von der Konstruktion zur Fertigung, Realität.

1.2 Allgemeines über das Biegen

Biegen ist ein in der Industrie häufig verwendeter Kaltumformvorgang. Es beschränkt sich bei Vernachlässigung der Randverformungen auf eine zweidimensionale Betrachtungsweise.

Sie ist zulässig für ein Verhältnis von Blechbreite zu Blechdicke, das größer als 5 ist, was für den größten Teil der Biegefälle zutrifft.

Beim Biegen wird der Werkstoff am äußeren Radius - d.h. an der Außenfaser - gestreckt und am inneren Radius - d.h. an der Innenfaser - gestaucht. In der Regel führt dies zu einer Querschnittsminderung in der Biegezone.

Der tatsächliche Verlauf und damit die Länge der neutralen Faser (Ort, an dem sich Zug- und Druckspannungen egalalisieren), lässt sich geometrisch nicht ermitteln und kann deshalb für die Berechnung der gestreckten Länge eines Blechteils nicht herangezogen werden. Es sind deshalb Erfahrungsfaktoren notwendig, wie sie in der DIN-Norm 6935 zu finden sind.

Der Biegevorgang hat eine Materialverschiebung in der Biegezone zur Folge. Im inneren Bereich der Biegung wird das Material durch die Druckbeanspruchung gestaucht, und die Materialschichten werden deshalb dicker. Durch die Zugspannung im äußeren Bereich wird das Material gelängt, und die Schichten werden entsprechend dünner.

Die Faser, die nach dem Biegevorgang wieder die gleiche Länge besitzt wie vor dem Biegen, wird neutrale Faser genannt. Dass die ungelängte Faser nicht mit der mittleren Faser der Biegung zusammenfällt, liegt an der Blechdickenänderung im Biegebereich. Für einen Werkstoff sind im allgemeinen Zug- und Druckfließkurven nicht gleich, und der Einfluss der Querdehnung spielt ebenfalls eine Rolle. Je dicker das Blech und je kleiner der Biegeradius ist, desto mehr weicht die Lage der neutralen Faser von der mittleren Faser in Richtung Innenradius ab.

Die neutrale Faser wird zur Berücksichtigung der Veränderungen im Biegebereich betrachtet. Die Lage der neutralen Faser entscheidet im gebogenen Zustand über die Abmessungen der Abwicklung dieses Bogens. Diese Faser besitzt im ungebogenen Zustand die Länge des Biegeteils.

Die Länge der neutralen Faser, und damit des Teiles im ungebogenen Zustand, ist umso kleiner, je größer der Abstand der neutralen Faser von der Mittellinie in Richtung des Biegemittelpunktes ist.

Für unterschiedliche Werkstoffe sind zur Berechnung der Länge im ungebogenen Zustand Ausgleichs- bzw. Zuschlagswerte in Abhängigkeit von Blechdicke und Biegeradius in Tabellen und Diagrammen gegeben. Diese Werte wurden in Versuchen für verschiedene Werkstoffe erstellt. Um die Länge im ungebogenen Zustand zu ermitteln, wird der dem Werkstoff, dem Biegeradius und der Blechdicke zugehörige Zuschlagswert zu der Bogenlänge addiert.

2 Blechabwicklung

2.1 Voraussetzungen für abwickelbare Körper

Um eine Blechabwicklung ausführen zu können, muss der der im 3D-Ansichtsfenster erstellte Körper folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die Biegezonen müssen als Zylinder- oder Konusfläche existieren.
- Die Biegezonen müssen tangential in die angrenzenden Flächen übergehen.
- Der Außenradius einer Biegezone sollte immer Innenradius + Blechdicke betragen.

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, führt die Berechnung der Abwicklung mit der Option „Blechdicke aus Werkstück“ zu einer Fehlermeldung („Fehler im Modell“).

In diesem Fall kann das Blechteil nur mit einer vorgegebenen Blechdicke abgewickelt werden.

2.2 Allgemeine Vorgehensweise

Um die Blechabwicklung aufzurufen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie den Menübefehl *Extras, Blechabwicklung*.
2. Anschließend wird ein Dialogfenster geöffnet.
Definieren Sie darin die Einstellungen für die Berechnung des Zuschnitts.
3. Betätigen Sie die Schaltfläche *Zuschnitt*.
4. Identifizieren Sie eine ebene, abwickelbare Fläche des Körpers, dessen Abwicklung berechnet werden soll.
Anschließend wird eine Box dargestellt, die die berechnete Abwicklung enthält.
5. Wechseln Sie mit der Tastenkombination *Strg Tab* ins 2D-Zeichnungsfenster.
6. Platzieren Sie die Abwicklung.

Mit dieser Funktion werden 2D-Linienobjekte und Maßtexte erzeugt. Sie werden in folgender Weise in die Struktur eines Modells eingegliedert und gezeichnet:

Zeichnung, Teilzeichnung

Alle Objekte einer Abwicklung werden in der aktiven Teilzeichnung der aktuell gewählten Zeichnung gespeichert.

Gruppe

Beim Platzieren einer Abwicklung wird unter der aktuellen Gruppe eine Gruppe mit der Bezeichnung **UNFOLD** angelegt. In dieser werden die erzeugten Objekte gespeichert.

Die Gruppenzugehörigkeit können Sie nachträglich über den Menübefehl *Definieren, Gruppen* ändern.

Farbe, Linienart, Breite

Alle Objekte einer Abwicklung werden mit bestimmten Folien verknüpft und erhalten von diesen ihre Farbe, Linienart und Breite:

Blechkontur	Aktuelle Zeichenfolie
Biegelinien	Folie für Mittellinien
Biegezone	Folie für Unsichtbare Linien

Beschriftung (als Folie für Maßtexte
Maßtext)

Die Verknüpfung mit einer Folie sowie Farbe, Linienart und Linienbreite können Sie für jedes der Objekte mit dem Menübefehl *Bearbeiten, Objekt-Darstellung* verändern.

Protokolldatei

Die im Dialogfenster für die Parameter-Definition angegebene Protokoll-Datei mit der Erweiterung DAT können Sie mit einem beliebigen ASCII-Editor öffnen.

2.3 Einstellungen für Abwicklung definieren

Nach Aufruf des Menübefehls *Extras, Blechbearbeitung* wird das folgende Dialogfenster zur Definition der Einstellungen für die Abwicklung angeboten.

Blechdicke

Es gibt grundsätzlich 2 verschiedene Möglichkeiten zur Definition der Blechdicke:

aus Werkstück

Ist diese Einstellung aktiv, wird die aktuelle Blechdicke des Werkstücks als Berechnungsgrundlage für die Abwicklung genommen.

Ist gleichzeitig die Einstellung *Abwicklung beidseitig* unter *Sonstiges* aktiv, wird sowohl die Innen- als auch die Außenfläche des Werkstücks abgewickelt.

Diese beiden Abwicklungen können sich zum Beispiel bei schrägen Bohrungen durch die Lage des Durchbruchs unterscheiden.

definiert

Ist diese Einstellung aktiv, wird der als Blechdicke definierte Wert zur Berechnung herangezogen.

Dabei ist es unerheblich, welche Blechdicke das Werkstück tatsächlich hat.

Das Programm berechnet die Abwicklung so, als ob das Werkstück, ausgehend von der angewählten Abwicklungsebene, überall die eingestellte Blechdicke hat.

Dadurch kann der Zuschnitt für die Außen- oder Innenfläche (je nachdem, welche Maße eingehalten werden müssen) eines Werkstücks für unterschiedliche Blechdicken berechnet werden, ohne dass das komplette Werkstück neu konstruiert werden muss.

Hinweis:

Für die Berechnung der Abwicklung ist immer der Innenradius maßgebend. Dieser wird bei einer Außenfläche (bezogen auf die Abwicklungsebene) als Außenradius minus Blechdicke berechnet ($R_i = R_a - BD$).

Daher muss bei der Option *definiert* darauf geachtet werden, dass der Innenradius an keiner Stelle (Außenfläche) durch Definition einer zu großen Blechdicke kleiner oder gleich Null wird.

Berechnungsart

DIN

Hiermit wird die Berechnungsart für die Ermittlung der gestreckten Länge durch DIN 6935 festgelegt. Informationen hierzu finden Sie im Kapitel *Berechnungsarten, Berechnung nach DIN Norm 6935*.

Maschinendaten

Hiermit wird die Berechnungsart für die Ermittlung der gestreckten Länge durch Maschinendaten festgelegt. **Andere Datei:** Über diese Schaltfläche können Sie die gewünschte Datei für die Maschinendaten auswählen.

Eine Beschreibung des Dateiformats finden Sie im Kapitel *Berechnungsarten, Berechnung mit Maschinendaten*.

Neutrale Faser

Hiermit wird die Berechnungsart für die Ermittlung der gestreckten Länge durch eine definierte neutrale Faserlage festgelegt. Hinweise hierzu finden Sie im Kapitel *Berechnungsarten, Berechnung mit Erfahrungswerten*.

Sonstiges

Protokolldatei

Hier können Sie den Namen der Protokolldatei (ohne Erweiterung) eintragen, in der die Ergebnisse der Abwicklung gespeichert werden.

Beim Speichern wird die Datei mit der Erweiterung DAT versehen.

Abwicklung beidseitig

Falls die aktuelle Blechdicke des Werkstücks als Berechnungsgrundlage der Abwicklung dient (Einstellung *aus Werkstück*), können Sie hier bestimmen, ob beide Seiten der Abwicklung (Innen- und Außenseite des Blechs) gezeichnet werden sollen.

Kontur für Durchzugskörper erzeugen

Bei schrägen Durchbrüchen haben die Durchbruchkonturen auf

den beiden Seiten der Abwicklung (Innen- und Außenseite des Blechs) eine unterschiedliche Position. Wenn dieser Schalter aktiviert ist, wird aus den beiden Durchbruchskonturen ein maximaler Durchzugskörper berechnet und dessen Kontur in beide Abwicklung eingezeichnet.

deltaL für genaue Kontur

Dieser Wert beeinflusst die Berechnungsgenauigkeit von 3-dimensionalen Kurven im Raum (z.B. bei einer Bohrung durch eine Biegezone). Je geringer der Wert, desto genauer wird die Berechnung der Durchbruchskontur.

Methode, um Stützpunkte zu minimieren:

Um eine möglichst genaue Darstellung der Abwicklung zu erhalten, besteht die errechnete Konturpolylinie aus sehr vielen einzelnen Stützpunkten. Falls für die NC-Programmierung eine geringere Anzahl von Stützpunkten von Vorteil ist, kann diese minimiert werden. Dies hat eine Ungenauigkeit in der Zeichnung zur Folge.

Keine

Keine Minimierung. Alle errechneten Stützpunkte werden gezeichnet.

Linear

Die Anzahl der Stützpunkte wird entsprechend der tolerierten Abweichung minimiert. Die neuen Stützpunkte werden durch Linien verbunden.

Kreisbögen

Die Anzahl der Stützpunkte wird entsprechend der tolerierten Abweichung minimiert. Die neuen Stützpunkte werden durch Kreisbögen verbunden.

Kreisbögen tangential

Die Anzahl der Stützpunkte wird entsprechend der tolerierten Abweichung minimiert. Die neuen Stützpunkte werden durch Kreisbögen mit tangentialen Übergängen verbunden.

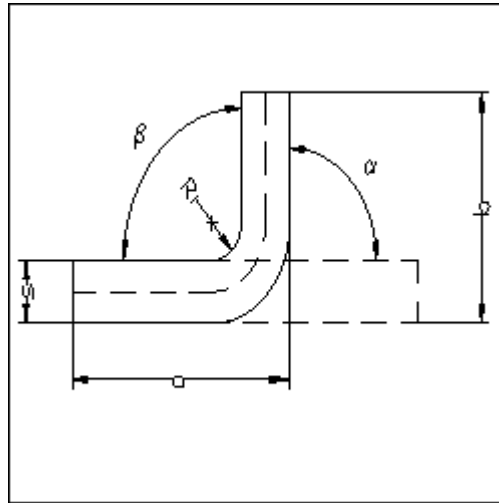
max.Abweichung

Je kleiner die Abweichung dieser „ungenauen“ Polylinie von der berechneten Polylinie ist, umso mehr Stützpunkte werden gezeichnet.

3 Berechnungsarten

3.1 Berechnung nach DIN Norm 6935

Diese Norm für das Kaltbiegen von Flacherzeugnissen aus Stahl ist gültig für Anwendungen im Stahlbau und im allgemeinen Maschinenbau.



Bezeichnungen nach Din 6935

r	Innenradius
α	Biegewinkel
β	Öffnungswinkel
a, b	Schenkellängen
s	Blechdicke

Der Korrekturfaktor k berücksichtigt die Abweichung der neutralen Faser zur mittleren Faser ($s/2$), und damit die durch den Biegevorgang eingetretene Längenänderung.

Dabei kann k nur Werte im Bereich von 0 bis 1 annehmen, und der Biegewinkel kann zwischen 0 und 180 Grad liegen.

Der **Korrekturfaktor k** errechnet sich aus:

$$k = 0,65 + \frac{1}{2} \log (r/s) \quad \text{für } r/s \leq 5$$

$$k = 1 \quad \text{für } r/s > 5$$

Die **gestreckte Länge L** wird durch folgende Gleichung berechnet:

$$L = a + b + v$$

Der **Ausgleichswert v** wird je nach dem Wert des Öffnungswinkels β durch die folgenden Gleichungen berechnet:

$0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$:

$$v = \pi \cdot \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k \right) - 2 \cdot (r + s)$$

$90^\circ \leq \beta \leq 165^\circ$:

$$v = \pi \cdot \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k \right) - 2 \cdot (r + s) \cdot \tan \left(\frac{180^\circ - \beta}{2} \right)$$

$165^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$:

$$v = 0$$

für die Genauigkeit in der Praxis ausreichend, da die Werte für v vernachlässigbar klein sind.

3.2 Berechnung mit Maschinendaten

Bei dieser Berechnungsart werden die Abzugswerte der Biegezone in Abhängigkeit von der Blechdicke, dem Biegeradius und dem Öffnungswinkel aus einer vom Benutzer erstellten Maschinendatentabelle entnommen.

Auftretende Zwischenwerte werden dabei linear interpoliert. Falls nicht interpoliert werden kann, weil einer der beiden benachbarten Werte nicht definiert ist, verlangt *CADdy++ Maschinenbau Blechabwicklung* eine Benutzereingabe.

Die **gestreckte Länge L** wird (analog zur DIN-Norm 6935) durch folgende Gleichung berechnet:

$$L = a + b - x \quad \text{mit } x: = \text{Abzugswert}$$

Beispieldatei MACHINE.TBL

Verwenden Sie diese zur Auslieferung gehörende Datei nur als Musterdatei, da sie bei einem Update überschrieben wird.

Kopieren Sie deshalb die Datei, versehen Sie sie mit einem anderen Namen, z.B. entsprechend dem Werkstoff, und tragen Sie in diese Kopie die gewünschten Werte ein.

```
;-----  
; NO VALID VALUES !!  
; NO VALID VALUES !!  
; NO VALID VALUES !!  
;  
; EXAMPLE  
; EXAMPLE for machine data table  
; EXAMPLE  
;  
; NO VALID VALUES !!  
; NO VALID VALUES !!  
; NO VALID VALUES !!  
;  
; Use an ASCII file editor to customize the values to your specific  
; conditions.  
;-----  
; Notations used in tables:  
; ";" = remark character  
; "*" = start of a new table  
;  
; "/" = special character  
; S = sheet thickness  
; R = bending radii  
; A = opening angle  
; T1 = Tolerance (+/-) for sheet thickness, S (valid for the  
; whole file)  
; T2 = tolerance for equal min and max bending radius, R  
; The T2 tolerance is only utilized at the minimum and  
; maximum bending radii, R, in the tables.  
; For model bend radii that fall between two values existing  
; in the table, the resultant correction value, x, is  
; determined by linear interpolation using the appropriate x  
; values in the table.  
; T3 = tolerance for equal min and max opening angle, A  
; The T3 tolerance is only utilized at the minimum and  
; maximum opening angles, A, in the tables.  
; For model opening angles that fall between two values  
; existing in the table, the resultant correction value, x,  
; is determined by linear interpolation using the  
; appropriate x values in the table.  
;-----  
; The correction value, x, is applied as follows:  
;  $L = A + B - x$ 
```

```

; (L = unfolded length in flat pattern)
; (A = length of side A (outside measurement of bendingzone))
; (B = length of side B (outside measurement of bendingzone))
;-----
; Angle, A, expressed in degrees.
;-----

;TOLERANCES valid for the whole file
/T1 0.0001
/T2 0.01
/T3 0.01
;
*** TABLE 1
;sheet thickness
/S 0.5
;
;bending radii
/R          0.500  1.000  1.500  2.000  2.500  3.000  3.500  4.000
;opening angle: ----- correction value x -----
/A  60.      0.000  0.100  0.200  0.300  0.400  0.500  0.600  0.700
/A  70.      1.000  1.100  1.200  1.300  1.400  1.500  1.600  1.700
/A  80.      2.000  2.100  2.200  2.300  2.400  2.500  2.600  2.700
/A  90.      3.000  3.100  3.200  3.300  3.400  3.500  3.600  3.700
/A 100.      4.000  4.100  4.200  4.300  4.400  4.500  4.600  4.700
/A 110.      5.000  5.100  5.200  5.300  5.400  5.500  5.600  5.700
/A 120.      6.000  6.100  6.200  6.300  6.400  6.500  6.600  6.700
/A 130.      7.000  7.100  7.200  7.300  7.400  7.500  7.600  7.700
/A 140.      8.000  8.100  8.200  8.300  8.400  8.500  8.600  8.700
/A 150.      9.000  9.100  9.200  9.300  9.400  9.500  9.600  9.700
;
*** TABLE 2
;sheet thickness
/S 3.0
;
;bending radii
/R          0.500  1.000  1.500  2.000  2.500  3.000  3.500  4.000
;opening angle: ----- correction value x -----
/A  60.      0.000  0.100  0.200  0.300  0.400  0.500  0.600  0.700
/A  70.      1.000  1.100  1.200  1.300  1.400  1.500  1.600  1.700
/A  80.      2.000  2.100  2.200  2.300  2.400  2.500  2.600  2.700
/A  90.      3.000  3.100  3.200  3.300  3.400  3.500  3.600  3.700
/A 100.      4.000  4.100  4.200  4.300  4.400  4.500  4.600  4.700
/A 110.      5.000  5.100  5.200  5.300  5.400  5.500  5.600  5.700
/A 120.      6.000  6.100  6.200  6.300  6.400  6.500  6.600  6.700

```

```

/A 130.      7.000  7.100  7.200  7.300  7.400  7.500  7.600  7.700
/A 140.      8.000  8.100  8.200  8.300  8.400  8.500  8.600  8.700
/A 150.      9.000  9.100  9.200  9.300  9.400  9.500  9.600  9.700
;
; end of file

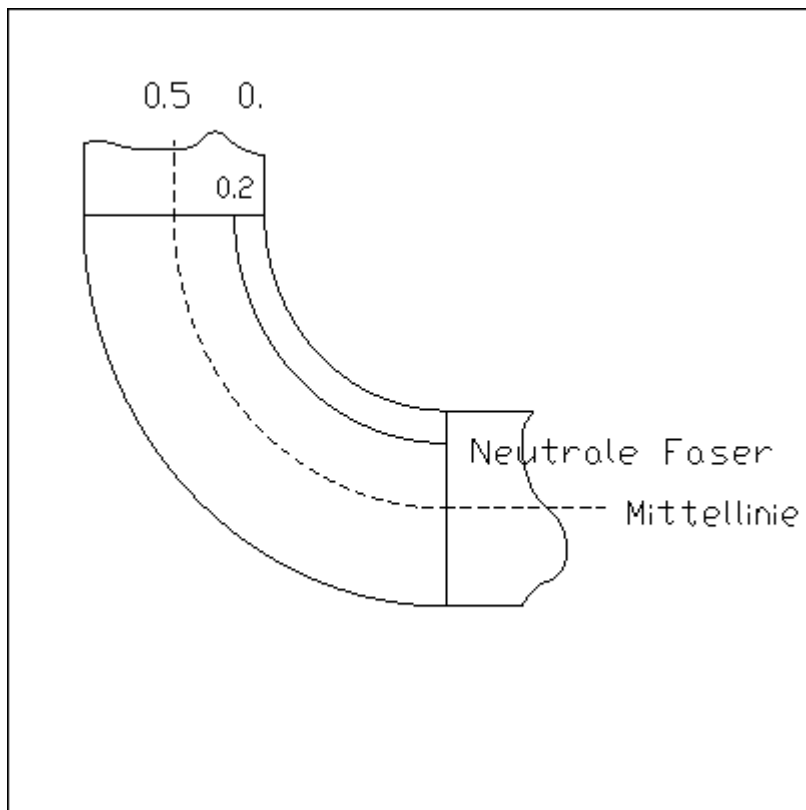
```

3.3 Berechnung mit neutraler Faser

Diese Berechnungsart ermöglicht dem Benutzer Erfahrungswerte zu nutzen:

Die Verkürzung der Biegezone kann manuell durch Angabe der Lage der neutralen Faser festgelegt werden.

Dabei sind Werte zwischen 0 (entspricht dem Innenradius) und 1 (entspricht dem Außenradius) möglich. Die Länge der somit definierten neutralen Faser ergibt die tatsächliche Biegezonenlänge im Zuschnitt.



Berechnung mit Lage der neutralen Faser

Wenn im Dialogfeld "*Einstellungen*" Berechnungsart "*neutrale Faser*" eingestellt ist, wird mit dem dort für die tatsächliche Lage der neutralen Faser eingetragenen Wert jede Biegezone gerechnet.

4 Index

A

Allgemeine Vorgehensweise 4
Allgemeines über das Biegen 2

B

Berechnung mit Maschinendaten 9
Berechnung mit neutraler Faser 12
Berechnung nach DIN Norm 6935 8

E

Einstellungen für Abwicklung definieren
5

U

Überblick 1

V

Voraussetzungen für abwickelbare
Körper 3