

AD 2000-Merkblatt

ICS 23.020.30

Ausgabe März 2009

Berechnung von Druckbehältern	Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln	AD 2000-Merkblatt B 9
-------------------------------------	--	--------------------------

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z. B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der TÜV e.V. (VdTÜV), Berlin

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der TÜV e.V., Friedrichstraße 136, 10117 Berlin.

Inhalt

0 Präambel	4 Verschwächungen
1 Geltungsbereich	5 Schrifttum
2 Allgemeines	Anhang zum AD 2000-Merkblatt B 9
3 Formelzeichen und Einheiten	

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

1.1 Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für runde Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln als Druckbehältermäntel für die Berechnung der erforderlichen Verstärkung innerhalb folgender Grenzen:

$$0,002 \leq \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} \leq 0,1$$

Bei über 0,1 hinausgehenden Werten für das Wanddicken-Durchmesserverhältnis kann die Ausschnittsberechnung nach TRD 301 bzw. TRD 303 unter Beachtung der dort angegebenen Randbedingungen durchgeführt werden.

Die untere Grenze für das Wanddicken-Durchmesserverhältnis kann unterschritten werden, sofern das Durchmesserverhältnis

$$\frac{d_i}{D_a} \leq \frac{1}{3}$$

beträgt.

Für Zylinder und Kegel, bei denen eine Berechnung mit der Zeitstandfestigkeit erfolgt oder eine Anwendung der AD 2000-Merkblätter S 1 oder S 2 erforderlich ist, z. B. bei hochfesten Stählen oder hohen Lastwechselzahlen, bleibt der Anwendungsbereich dieses AD 2000-Merkblattes auf Durchmesserverhältnisse von $d_i/D_a \leq 0,8$ beschränkt.

Zusätzliche äußere Kräfte und Momente sind in den Berechnungsregeln dieses AD 2000-Merkblattes nicht erfasst und müssen daher gegebenenfalls gesondert berücksichtigt werden. Auf die AD 2000-Merkblätter der Reihe S 3 wird verwiesen.

Ersatz für Ausgabe November 2007; | = Änderungen gegenüber der vorangehenden Ausgabe

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf photomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

1.2 Bei Kegeln kann das AD 2000-Merkblatt B 9 nur dann angewendet werden, wenn die Wanddicke nach der Beanspruchung in der Umfangsrichtung dimensioniert wird (siehe AD 2000-Merkblatt B 2 Abschnitt 8.1.2).

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Bei Anwendung der in diesem AD 2000-Merkblatt angegebenen Berechnungsverfahren können sich beim Prüfdruck an den höchstbeanspruchten Stellen plastische Verformungen bis etwa 1 % ergeben. Daher ist auf die beanspruchungsgerechte Gestaltung (Vermeidung scharfer Querschnittsübergänge, Ausführung kerbfreier Schweißverbindungen unter Vermeidung überhöhter Schweißspannungen), insbesondere bei Stählen mit einer Mindeststreckgrenze $> 440 \text{ N/mm}^2$ bei 20°C (Mindestwert entsprechend den Normen), besonderer Wert zu legen.

2.3 Die nachstehenden Berechnungsregeln können sinngemäß auch für solche spröden Werkstoffe angewendet werden, bei denen durch erhöhte Sicherheitsbeiwerte gegen Zugfestigkeit die auftretenden Spannungen klein gehalten werden.

2.4 Formen von Verstärkungen

2.4.1 Verstärkter Grundkörper

Der Ausschnittverschwächung wird durch eine gegenüber der ungeschwächten Zylinderschale vergrößerte Wanddicke des Grundkörpers Rechnung getragen (Bilder 1 und 2).

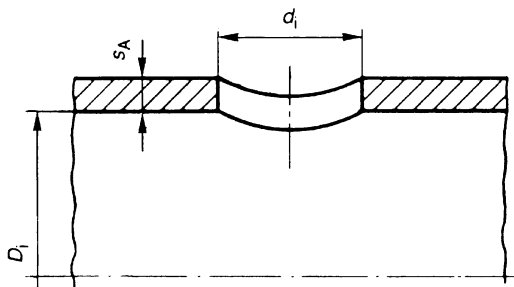


Bild 1. Verstärkter zylindrischer Schuss

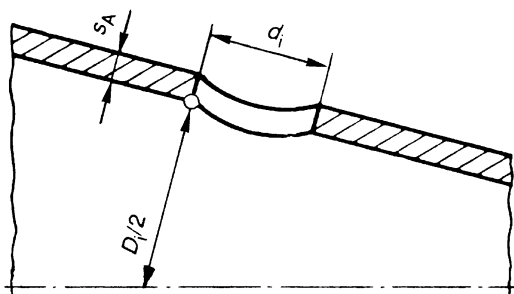


Bild 2. Verstärkter kegelförmiger Schuss

2.4.2 Scheibenförmige Verstärkung

Die Verstärkung erfolgt durch eine aufgesetzte oder eingesetzte Scheibe (Bilder 3 und 4).

Von innen aufgesetzte Scheiben sind möglichst zu vermeiden. Bei aufgesetzten Scheiben und Lastwechselbeanspruchung sollte die Berechnungstemperatur 250°C nicht überschreiten.

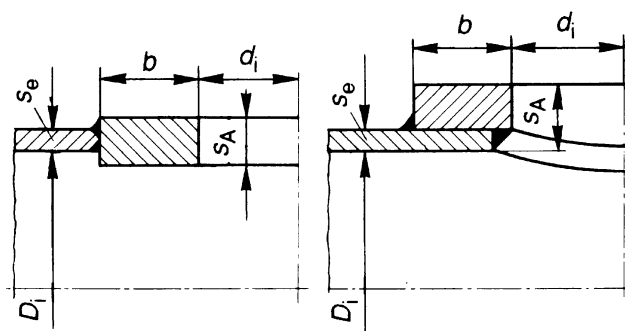


Bild 3 a. eingesetzte Verstärkung oder Blockflansch

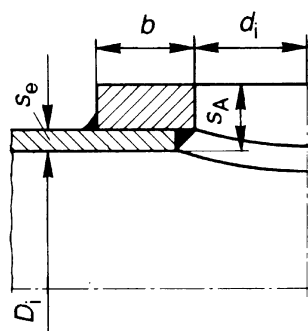
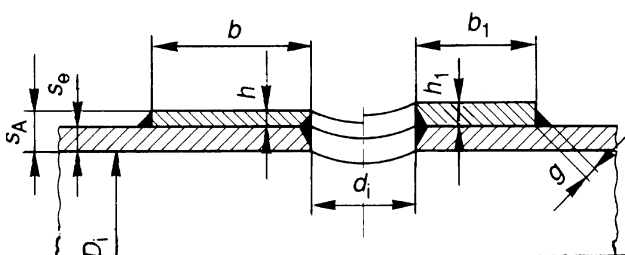


Bild 3 b. Blockflansch



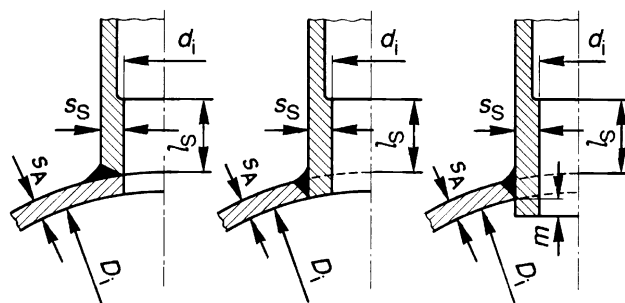
Ausführung nach
Abschnitt 4.3.1 und 4.3.2

Ausführung nach
Abschnitt 4.3.3

Bild 4. Aufgesetzte Verstärkung

2.4.3 Rohrförmige Verstärkung

Die Verstärkung erfolgt durch das Stutzenrohr (Bilder 5 und 6).



Ausführung a)

Ausführung b)

Ausführung c)

Bild 5. Rohrförmig verstärkter Ausschnitt

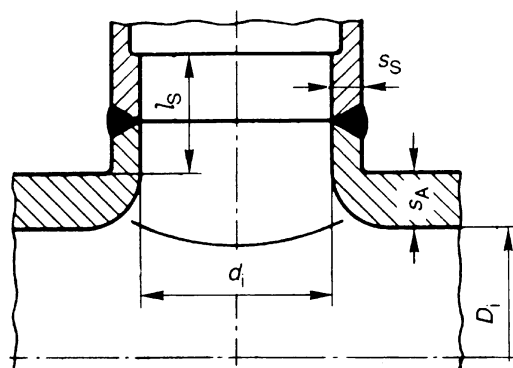


Bild 6. Ausgehälter Ausschnitt

2.4.4 Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen

Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen können gemeinsam zur Ausschnittsverstärkung herangezogen werden (Bild 13).

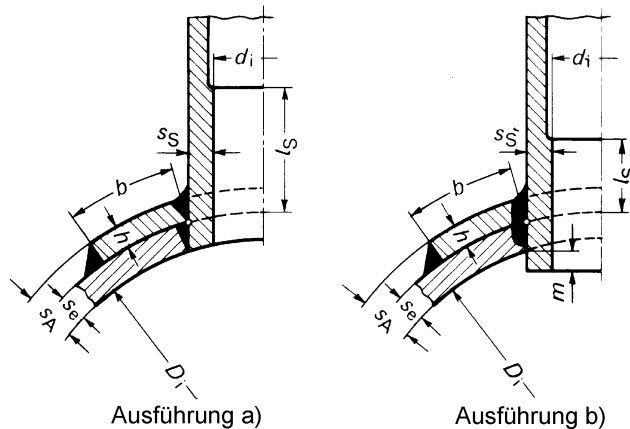


Bild 13. Scheiben- und rohrförmige Verstärkung

2.5 Gestaltung und Bearbeitung der Ausschnitte

2.5.1 Ausschnitte sind nach Möglichkeit – insbesondere bei ungeglühten Teilen – außerhalb des Bereiches $3 s_e$ von der Schweißnaht entfernt anzuordnen. Liegen Ausschnitte in oder dicht neben Schweißnähten, so muss eine zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnaht im Bereich der Ausschnitte möglich sein.

2.5.2 An Rändern von Ausschnitten sind scharfe Kanten zu vermeiden.

2.5.3 Die Dicke der Kehlnaht g an einer scheibenförmigen Verstärkung soll mindestens $0,5 h$ betragen (Bild 4). Bei rohrförmigen Verstärkungen muss die tragende Schweißnahtdicke mindestens gleich der erforderlichen Dicke der dünneren angeschlossenen Wandung sein.

2.6 Die Werkstoffe des zu verstärkenden Mantels und der Verstärkung sollen möglichst gleiches Formänderungsverhalten aufweisen. Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist dies, wie unter Abschnitt 4 angegeben, bei der Berechnung zu berücksichtigen. Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung größer als der Festigkeitskennwert für die zu verstärkende Wand, so kann jener nicht ausgenutzt werden.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b	Breite einer scheibenförmigen Verstärkung oder mittragende Breite des Grundkörpers	mm
h	Höhe einer scheibenförmigen Verstärkung	mm
l	Steglänge zwischen zwei Stützen	mm
l_s	mittragende Stützenlänge	mm
$l_{s, \text{neu}}$	verringerte mittragende Stützenlänge	mm
m	innerer Rohrerstand	mm
s_A	erforderliche Wanddicke am Ausschnitttrand	mm
s_s	Stutzenwanddicke	mm
t	hier: Mittenabstand zweier Stützen	mm
v_A	Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen durch Ausschnitte	–

4 Verschwächungen

4.1 Berechnungsverfahren

Die Verschwächung durch Ausschnitte wird in der Regel durch Verschwächungsbeiwerte v_A berücksichtigt. Diese können für senkrechte Stützen hinreichend genau den Bildern 7 a bis 7 e und 8 a bis 8 c entnommen werden. Die Wanddicke s_A in diesen Bildern ist die erforderliche Wanddicke¹⁾. Zwischenwerte sind zwischen den Kurvenscharen der einzelnen Bilder und zwischen den Bildern 7 a bis 7 e bzw. 8 a bis 8 c linear zu interpolieren.

Bei zylindrischen und kegeligen Grundkörpern mit einem Durchmesser Verhältnis $d_i/D_i \leq 0,85$ darf auf eine Interpolation zwischen den Bildern 7 a bis 7 e verzichtet werden, wenn der v_A -Wert dem Bild entnommen wird, dessen s_A/D_i -Verhältnis kleiner als das vorhandene ist.

Bei kugeligem Grundkörper mit einem bezogenen Aus-

schnittsdurchmesser $d_i/\frac{D_i}{2} \leq 1,42$, darf auf eine Inter-

polation zwischen den Bildern 8 a bis 8 c verzichtet werden, wenn der v_A -Wert dem Bild entnommen wird,

dessen $s_A/\frac{D_i}{2}$ -Verhältnis kleiner als das vorhandene ist.

Ist der Festigkeitskennwert K für die Verstärkung kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist bei der Ermittlung des v_A -Wertes nach den Bildern 7 und 8 bei scheibenförmigen Verstärkungen die Fläche des Verstärkungsquerschnittes und bei rohrförmigen Verstärkungen die Wanddicke des Stutzens im entsprechenden Verhältnis für den Rechnungsgang zu reduzieren.

Der nach den Bildern 7 bzw. 8 für Einzelstützen oder nach Formel (9) für in Reihe angeordnete Stützen ermittelte v_A -Wert ist anstelle des v -Wertes in die Formel (2) bzw. (3) des AD 2000-Merkblattes B 1 bzw. in die Formel (6) bzw. (8) sowie in die Bilder 3.1 bis 3.8 des AD 2000-Merkblattes B 2 zur Ermittlung der am Ausschnitttrand erforderlichen Wanddicke s_A einzusetzen, sofern $v_A < v$ ist. Die Ermittlung der Wanddicke des zylindrischen bzw. kugeligem Grundkörpers außerhalb des Ausschnittsbereiches bleibt hiervon unberührt.

Die Berücksichtigung der Verschwächung geht auf die allgemein gültige Beziehung

$$\frac{p}{10} \left(\frac{A_p}{A_\sigma} + \frac{1}{2} \right) \leq \frac{K}{S} \quad (1)$$

zurück, die auf einer Gleichgewichtsbetrachtung zwischen der druckbelasteten Fläche und der tragenden Querschnittsfläche beruht. Anstelle der Anwendung der Bilder 7 a bis 7 e und 8 a bis 8 c kann auch direkt nach Formel (1) vorgegangen werden. Die hiernach ermittelte Wanddicke darf jedoch nicht kleiner gewählt werden, als für die Behälterwand ohne Ausschnitte erforderlich ist. Die in Formel (1) einzusetzende druckbelastete Fläche A_p sowie die tragende Querschnittsfläche $A_\sigma = A_{\sigma 0} + A_{\sigma 1} + A_{\sigma 2}$ ergeben sich aus den Bildern 9 bis 12.

Als mittragende Längen dürfen höchstens eingesetzt werden für den Grundkörper b nach Formel (3) und für den Stützen l_s nach Abschnitt 4.4.3. Bei einem nach innen überstehenden Stützteile kann nur der Anteil $l'_s \leq 0,5 l_s$ als tragend in die Rechnung einbezogen werden. Die Bedingungen der Abschnitte 4.3.1, 4.3.2 und 4.4.2 sind zu beachten.

¹⁾ Es wird darauf hingewiesen, dass die Wanddicke s_A für die Behälterauslegung iterativ ermittelt werden muss.

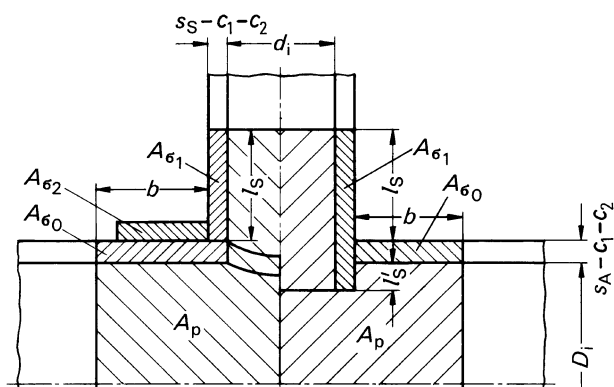


Bild 9. Berechnungsschema für zylindrische Grundkörper

Ist der Festigkeitskennwert für die Verstärkung K_1 bzw. K_2 kleiner als der entsprechende Wert für die zu verstärkende Wand, so ist die Bemessung aufgrund der Festigkeitsbedingung nach Formel

$$\left(\frac{K}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 0} + \left(\frac{K_1}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 1} + \left(\frac{K_2}{S} - \frac{p}{20}\right) \cdot A_{\sigma 2} \geq \frac{p}{10} \cdot A_p \quad (2)$$

durchzuführen.

Das gewählte Berechnungsverfahren ist in den Unterlagen anzugeben.

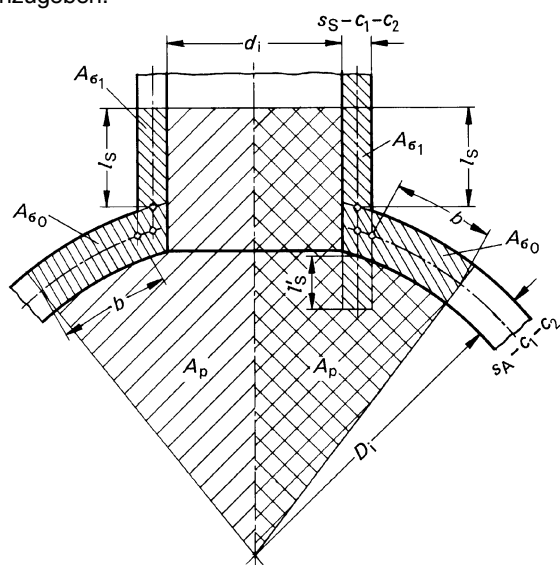


Bild 10. Berechnungsschema für kugelige Grundkörper

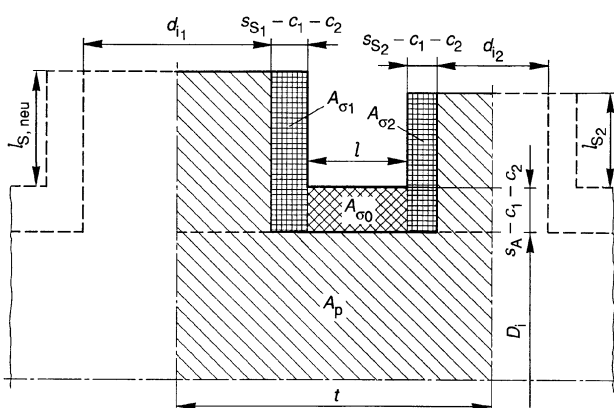


Bild 11. Berechnungsschema für in Zylinderlängsrichtung benachbarte Ausschnitte

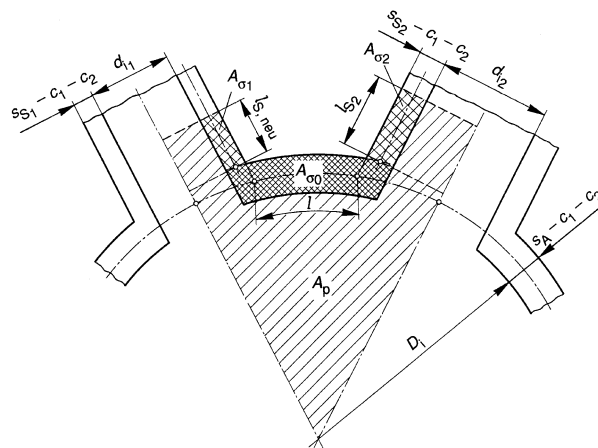


Bild 12. Berechnungsschema für benachbarte Ausschnitte in Umfangsrichtung des Mantels oder bei Kugeln

4.2 Verstärkte Grundkörper

Bei Ausschnitten nach den Bildern 1 und 2 ist der Verschwächungsbeiwert v_A der unteren Kurve aus den Bildern 7 und 8 zu entnehmen.

4.3 Scheibenförmige Verstärkungen

4.3.1 Falls die ausgeführte Wanddicke s_e des Mantels oder der Kugel geringer ist als die erforderliche Wanddicke am Ausschnitt s_A , dann genügt es, wenn die Wanddicke s_A in einer Breite von

$$b = \sqrt{(D_i + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)} \quad (3)$$

mindestens jedoch $3 s_A$, um den Ausschnitt vorhanden ist (Bilder 3 und 4).

4.3.2 Die Dicke s_A darf höchstens mit $2 s_e$ in die Rechnung eingesetzt werden. Von außen aufgesetzte Scheiben sollten möglichst nicht dicker als s_e ausgeführt werden (ausgenommen Blockflansche). Von innen aufgesetzte Scheiben sind möglichst zu vermeiden.

4.3.3 Die Scheibenbreite kann auf das Maß b_1 verringert werden, wenn gleichzeitig die Scheibenhöhe auf h_1 nach folgender Bedingung erhöht wird

$$b_1 \cdot h_1 \geq b \cdot h \quad (4)$$

Hierbei sind die Grenzen der Abschnitte 4.3.1 und 4.3.2 zu beachten.

4.4 Rohrförmige Verstärkungen

4.4.1 Für rohrförmige Verstärkungen nach den Bildern 5 und 6 ist der Verschwächungsbeiwert v_A den Bildern 7 und 8 für das Wanddickenverhältnis

$$\frac{s_S - c_1 - c_2}{s_A - c_1 - c_2}$$

zu entnehmen. Bei durchgesteckten Stützen nach Bild 5 Ausführung c) kann die Stützenwanddicke gegenüber Abschnitt 4.4.1 um 20 % dünner ausgeführt werden, wenn der innere Rohrüberstand $m \geq s_S$ ist.

Die Wanddicke s_A am Ausschnitt muss in einer nach Formel (3) zu berechnenden Breite, mindestens jedoch in einer Breite von $3 s_A$, um den Ausschnitt vorhanden sein.

Werden bei ausgehalsten Abzweigen die druckbelasteten Flächen A_p und die tragenden Querschnittsflächen A_s wie bei aufgeschweißten oder durchgesteckten Abzweigen ermittelt, d. h. ohne Berücksichtigung der Aushalsungsradien,

sind die tragenden Querschnittsflächen A_s mit 0,9 zu multiplizieren, um den Querschnittsverlust bei der üblichen Formgebung zu berücksichtigen. Im Fall der exakten Ermittlung der Flächen A_p und A_s (z. B. durch Planimetrierung) braucht der Faktor 0,9 nicht angewendet zu werden.

4.4.2 Das Wanddickenverhältnis soll sein

$$\frac{s_s - c_1 - c_2}{s_A - c_1 - c_2} \leq 2,0 \quad (5)$$

4.4.3 Als mittragende Länge l_s darf für Stützen in Zylindern und Kegeln

$$l_s = 1,25 \cdot \sqrt{(d_i + s_s - c_1 - c_2) \cdot (s_s - c_1 - c_2)} \quad (6)$$

eingesetzt werden.

Bei Ausschnitten in Kugeln wird der Faktor vor dem Wurzelzeichen in Formel (6) zu 1.

Die Stützenlänge kann auf das Maß $l_{s, \text{neu}}$ verringert werden, wenn die Wanddicke des Stützens s_s gleichzeitig auf s_{s1} unter Beachtung des Abschnitts 4.4.2 nach folgender Bedingung erhöht wird:

$$l_{s, \text{neu}} \cdot s_{s1} \geq l_s \cdot s_s \quad (7)$$

4.5 Scheiben- und rohrförmige Verstärkungen

Die Berechnung erfolgt unter gleichzeitiger Anwendung der Abschnitte 4.3 und 4.4.

4.6 Gegenseitige Beeinflussung von Ausschnitten

4.6.1 Eine gegenseitige Beeinflussung kann vernachlässigt werden, wenn der Abstand

$$l \geq 2 \cdot \sqrt{(D_i + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)} \quad (8)$$

ist (siehe Bilder 11 und 12).

4.6.2 Genügt der Abstand l nicht der Formel (8), so ist zu prüfen, ob der zwischen den Ausschnittsrändern verbleibende Restquerschnitt die auf ihn entfallende Belastung zu tragen vermag. Dies ist der Fall, wenn Formel (1) bzw. (2) erfüllt ist.

4.6.3 Bei in Reihe angeordneten Ausschnitten mit volltragend angeschlossenen Rohren oder Nippeln, deren Wanddicke nur nach der Innendruckformel bemessen ist, kann zur Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Ausschnitte als Verschwächungsbeiwert vereinfachend

$$v_A = \frac{t - d_i}{t} \quad (9)$$

in die Rechnung eingesetzt werden.

Bei nicht volltragend angeschlossenen Rohren oder Nippeln ist d_a statt d_i in die Formel (9) einzusetzen.

4.7 Berechnungsverfahren für schrägen Abzweig im Zylinder

4.7.1 Das nachfolgende Berechnungsverfahren ist zulässig, sofern der Winkel $\Psi_A \geq 45^\circ$ ist, Bild 14. Dabei bezieht sich der Winkel nur auf die Längsrichtung. Eine unmittelbare Berechnung der Wanddicke des Grundkörpers ist im allgemeinen Falle des schrägen Abzweiges ohne und mit zusätzlich aufgebrachtener Verstärkung wegen der verschiedenen Einflussgrößen nicht möglich. Die Wanddicke s_A muss zunächst aufgrund der Erfahrung angenommen und die Richtigkeit der Annahme nachgeprüft werden.

4.7.2 Mit einer druckbelasteten Fläche A_p (einfach schraffiert) sowie mit den tragenden Querschnittsflächen A_o (kreuz-schraffiert) lautet die Festigkeitsbedingung für den Bereich I, Bild 14,

$$\frac{p}{10} \cdot \left(\frac{A_{pl}}{A_{o0l} + A_{o1l} + f_1 \cdot A_{o2l}} + \frac{1}{2} \right) \leq \frac{K}{S} \quad (10)$$

für den Bereich II, Bild 14,

$$\frac{p}{10} \cdot \left(\frac{A_{pll}}{A_{o0ll} + A_{o1ll} + f_1 \cdot A_{o2ll}} + \frac{1}{2} \right) \leq \frac{K}{S} \quad (11)$$

Die mittragenden Längen dürfen höchstens eingesetzt werden für den Grundkörper mit

$$b = \sqrt{(D_i + s_A - c_1 - c_2) \cdot (s_A - c_1 - c_2)} \quad (12)$$

und für den Stützen mit

$$l_s = \left(1 + 0,25 \cdot \frac{\Psi_A}{90^\circ} \right) \cdot \sqrt{(d_i + s_s - c_1 - c_2) \cdot (s_s - c_1 - c_2)} \quad (13)$$

Bei einem nach innen überstehenden Stützteile kann nur der Anteil $l'_s \leq 0,5 l_s$ als tragend in die Rechnung einbezogen werden.

Der Bewertungsfaktor f_1 ist aus Tafel 1 zu entnehmen. Die auf Grund der Gl. (10) bzw. (11) ermittelte Wanddicke s_A darf nicht kleiner sein als die Wanddicke s , die für die Zylinderschale ohne Ausschnitte und ohne Zuschläge erforderlich ist.

4.7.3 Bestehen Grundkörper, Abzweig und Verstärkung aus Werkstoffen unterschiedlicher zulässiger Spannung, so ist, wenn der Werkstoff des Grundkörpers die kleinste zulässige Spannung K/S aufweist, diese für die Berechnung der gesamten Konstruktion maßgebend. Vorausgesetzt wird, dass das Verformungsvermögen von Abzweig und Verstärkung nicht nennenswert kleiner ist als das des Grundkörpers.

4.7.4 Hat der Werkstoff des Abzweiges mit K_1/S oder der zusätzlichen Verstärkung K_2/S eine kleinere zulässige Spannung als der Grundkörper mit K/S , so kann die Bemessung auf Grund der Festigkeitsbedingung für den Bereich I

$$\left(\frac{K}{S} - \frac{p}{20} \right) \cdot A_{o0l} + \left(\frac{K_1}{S} - \frac{p}{20} \right) \cdot A_{o1l} + \left(\frac{K_2}{S} - \frac{p}{20} \right) \cdot f_1 \cdot A_{o2l} \geq \frac{p}{10} \cdot A_{pl} \quad (14)$$

und

für den Bereich II sinngemäß durchgeführt werden.

In jedem Fall muss die Scheibe formschlüssig am Grundkörper angepasst sein. Zur Ausführung der Schweißnaht siehe Abschnitt 2.4 sowie Bild 4 und Bild 13.

5 Schrifttum

- [1] *Schwaigerer, S.*: Festigkeitsberechnung von Abzweigstücken unter Innendruck. Tech. Überwach. **9** (1968) Nr. 11, S. 372/77.
- [2] *Siebel, E. u. S. Schwaigerer*: Das Rechnen mit Formdehnungsgrenzen. VDI-Z **90** (1948) Nr. 11, S. 335/41.

AD 2000-Merkblatt

Seite 6 AD 2000-Merkblatt B 9, Ausg. 03.2009

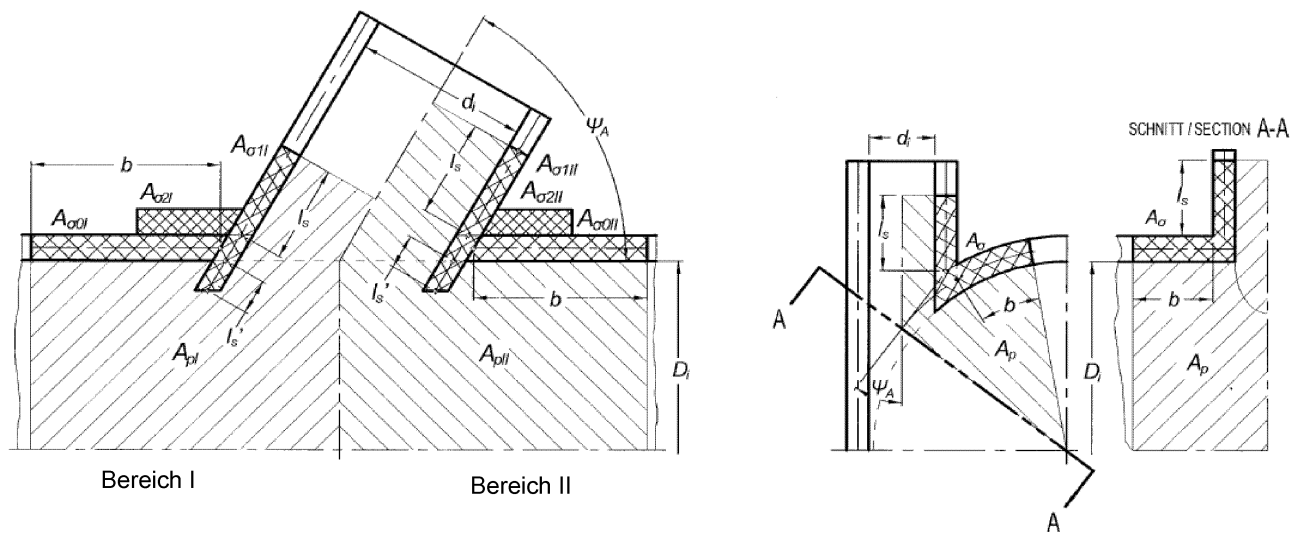


Bild 14. Beanspruchungsschema für eine Zylinderschale mit schrägem Abzweig

Tafel 1 Bewertungsfaktoren f_1 bei Zylinderschalen und Abzweigstücken mit scheibenförmiger Verstärkung

Ausführungsform	Voraussetzung	Bewertungsfaktor f_1
scheibenförmige Verstärkung		0,7
scheibenförmige Verstärkung, Stützen durchgesteckt	$l'_S \geq s_S$	0,8
scheibenförmige Verstärkung, Stützen eingesetzt	$l'_S < s_S$	0,7

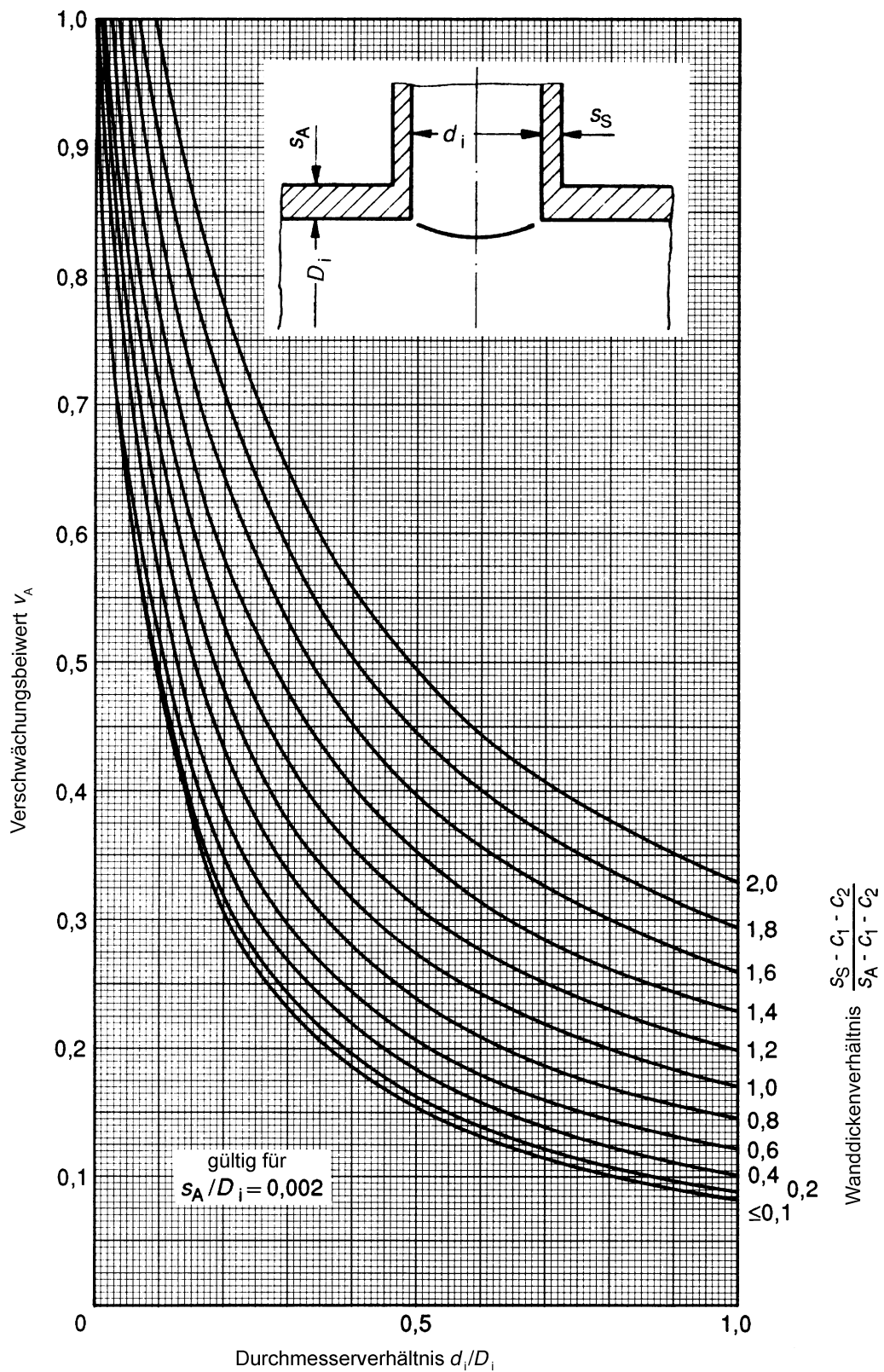


Bild 7 a. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($s_A/D_i = 0,002$)

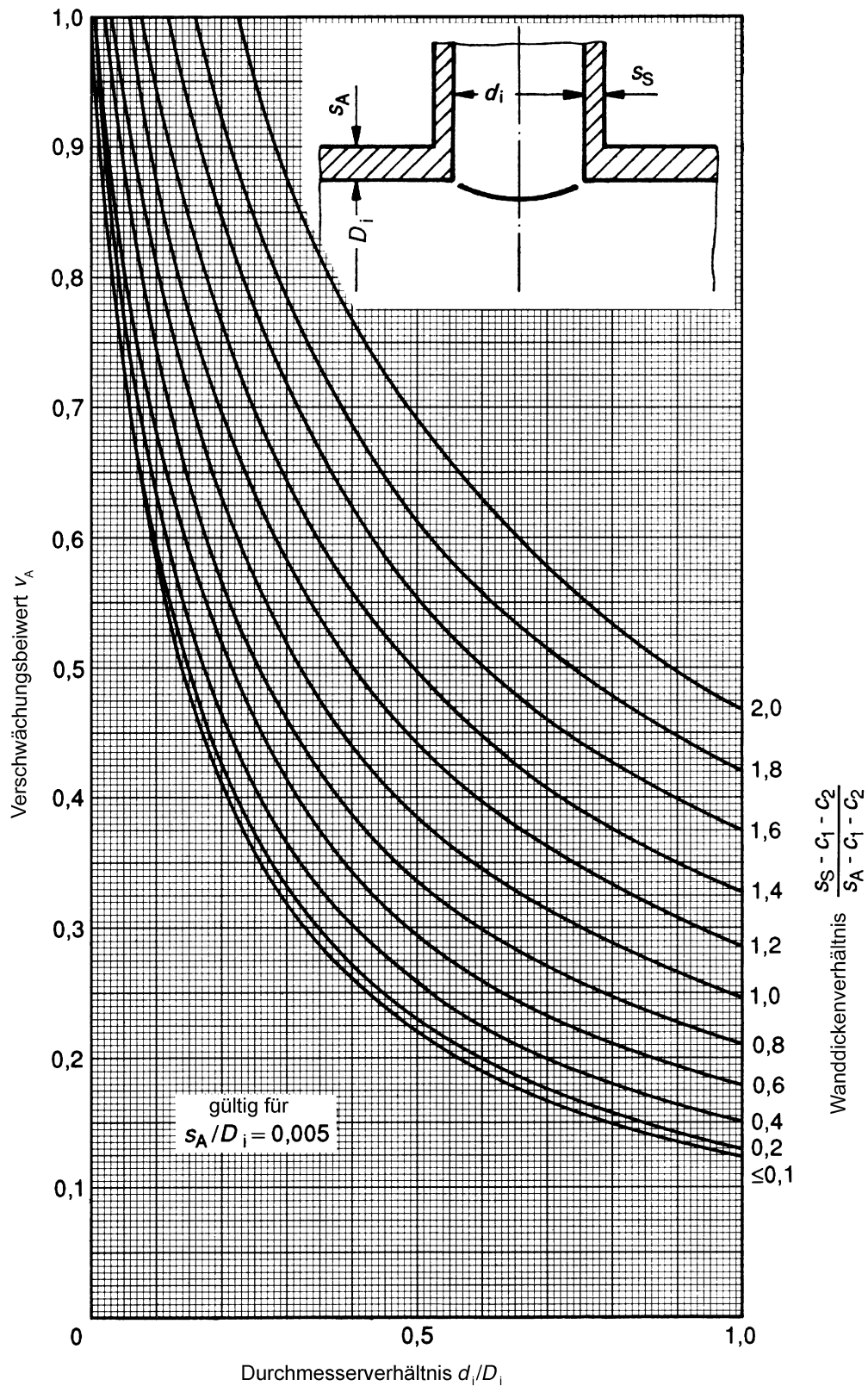


Bild 7 b. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($s_A/D_i = 0,005$)

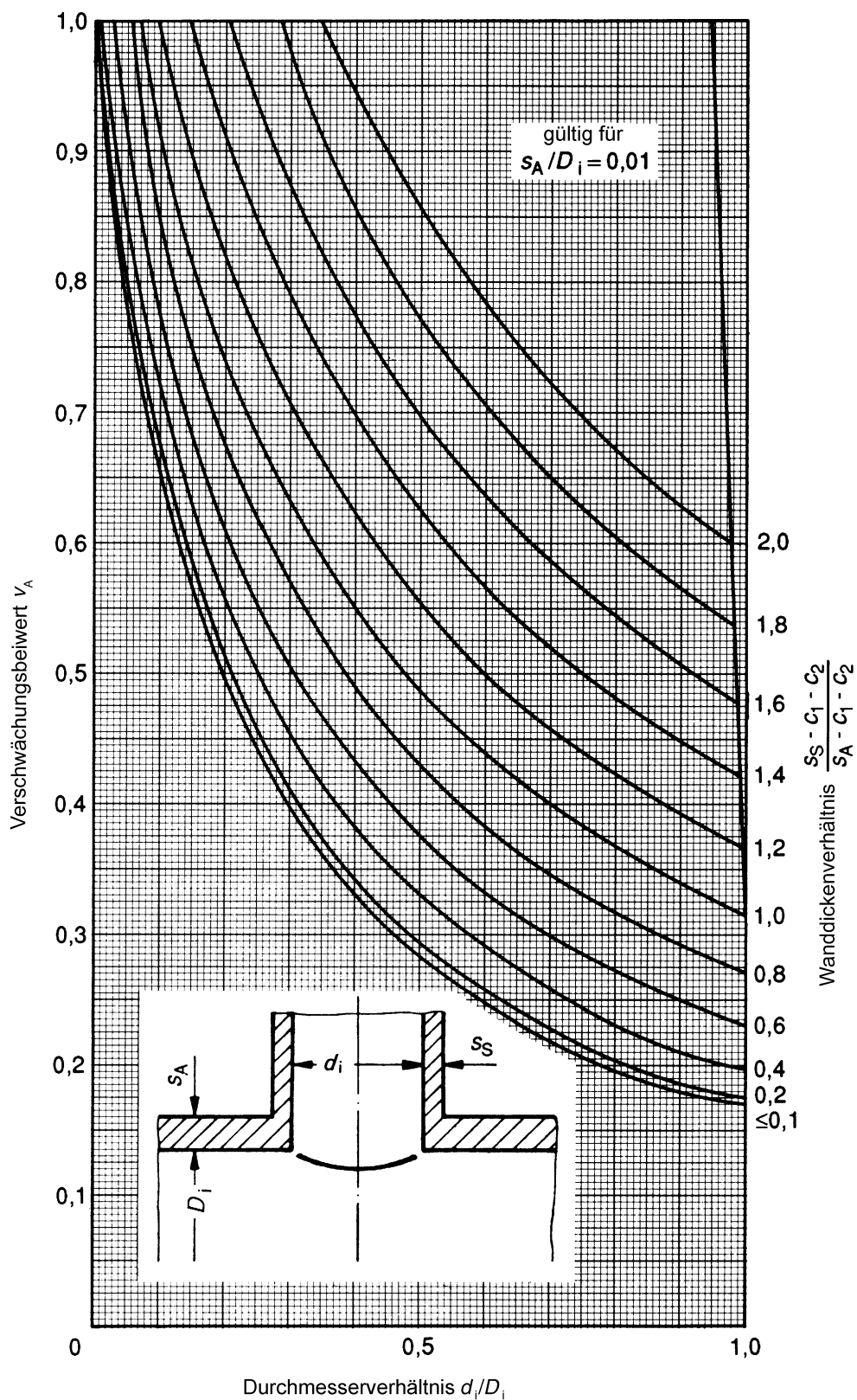


Bild 7 c. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($S_A/D_i = 0,01$)

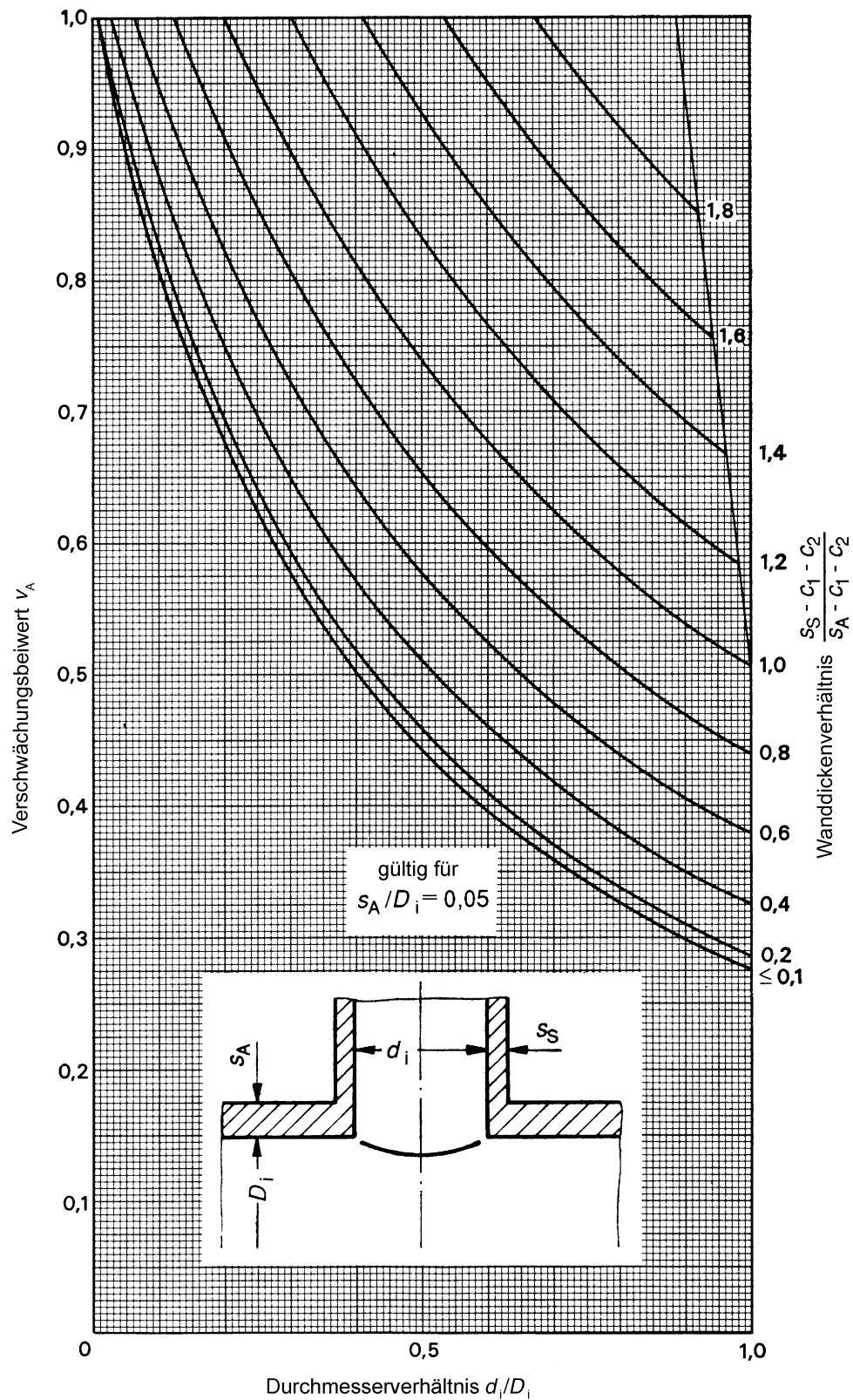


Bild 7 d. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($s_A/D_i = 0,05$)

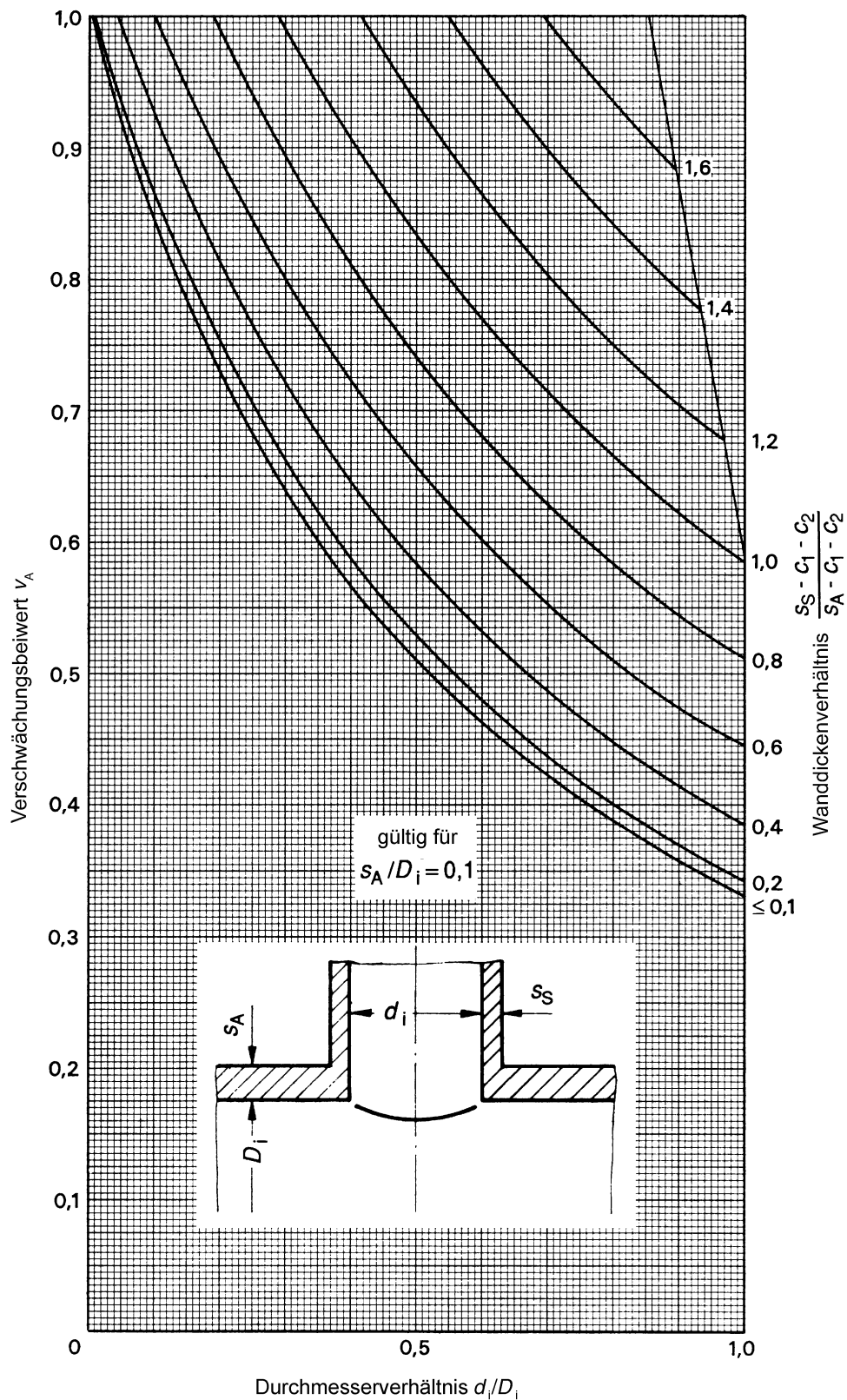


Bild 7 e. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in zylindrischen und kegeligen Grundkörpern ($s_A/D_i = 0,1$)

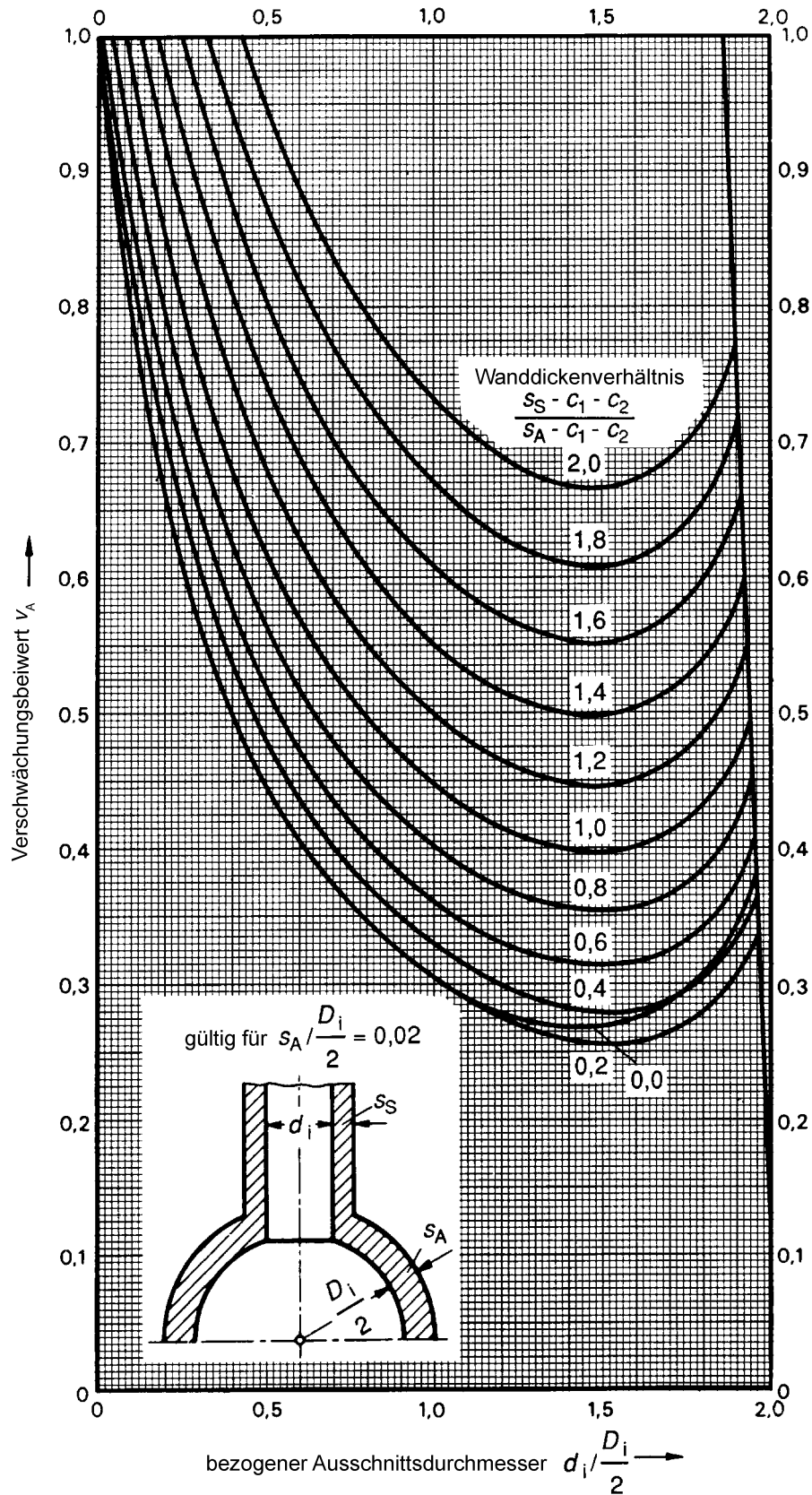


Bild 8 a. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern

$$\left(s_A / \frac{D_i}{2} = 0,02 \right)$$

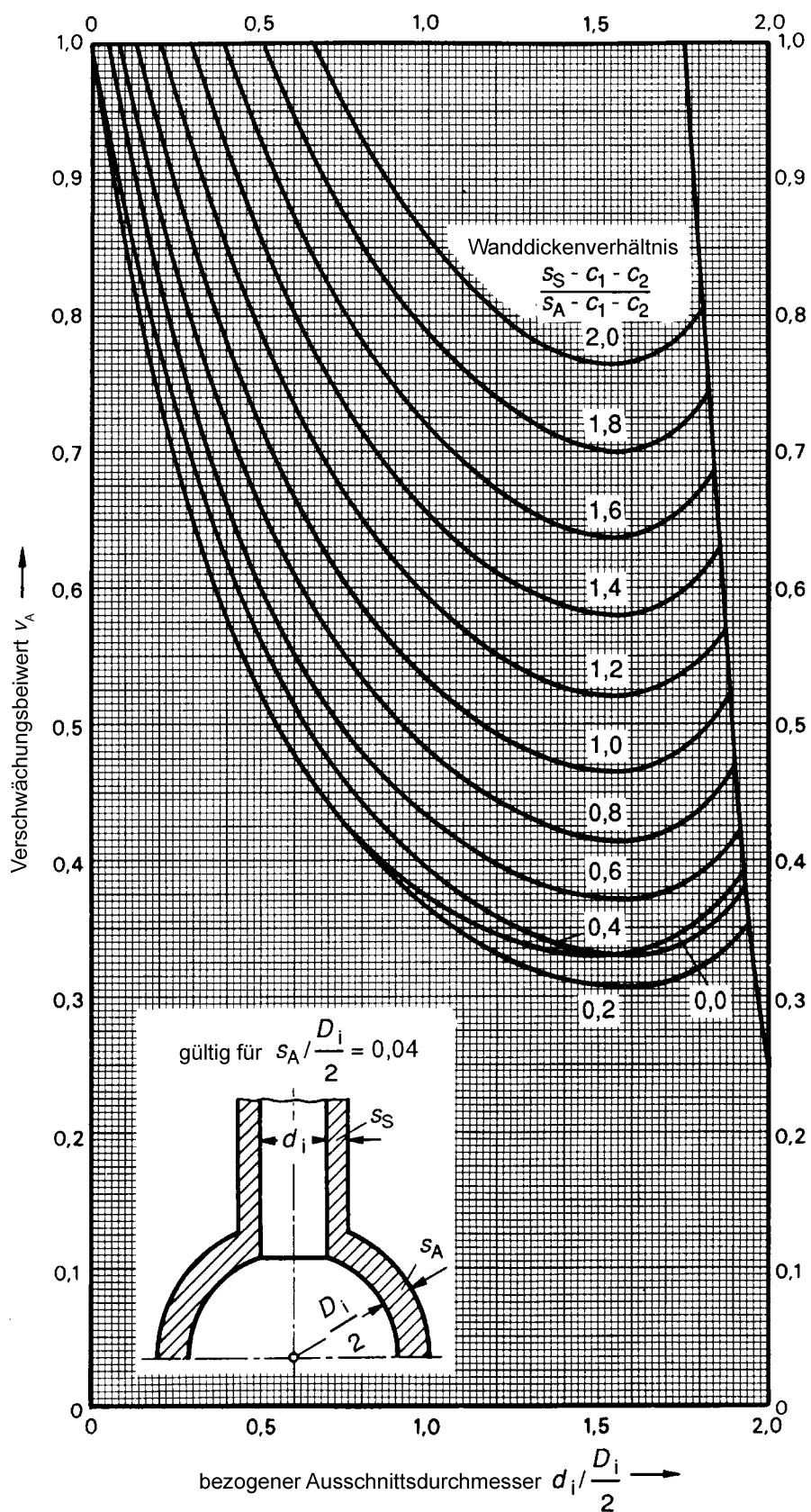


Bild 8 b. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern

$$\left(s_A / \frac{D_i}{2} = 0,04 \right)$$

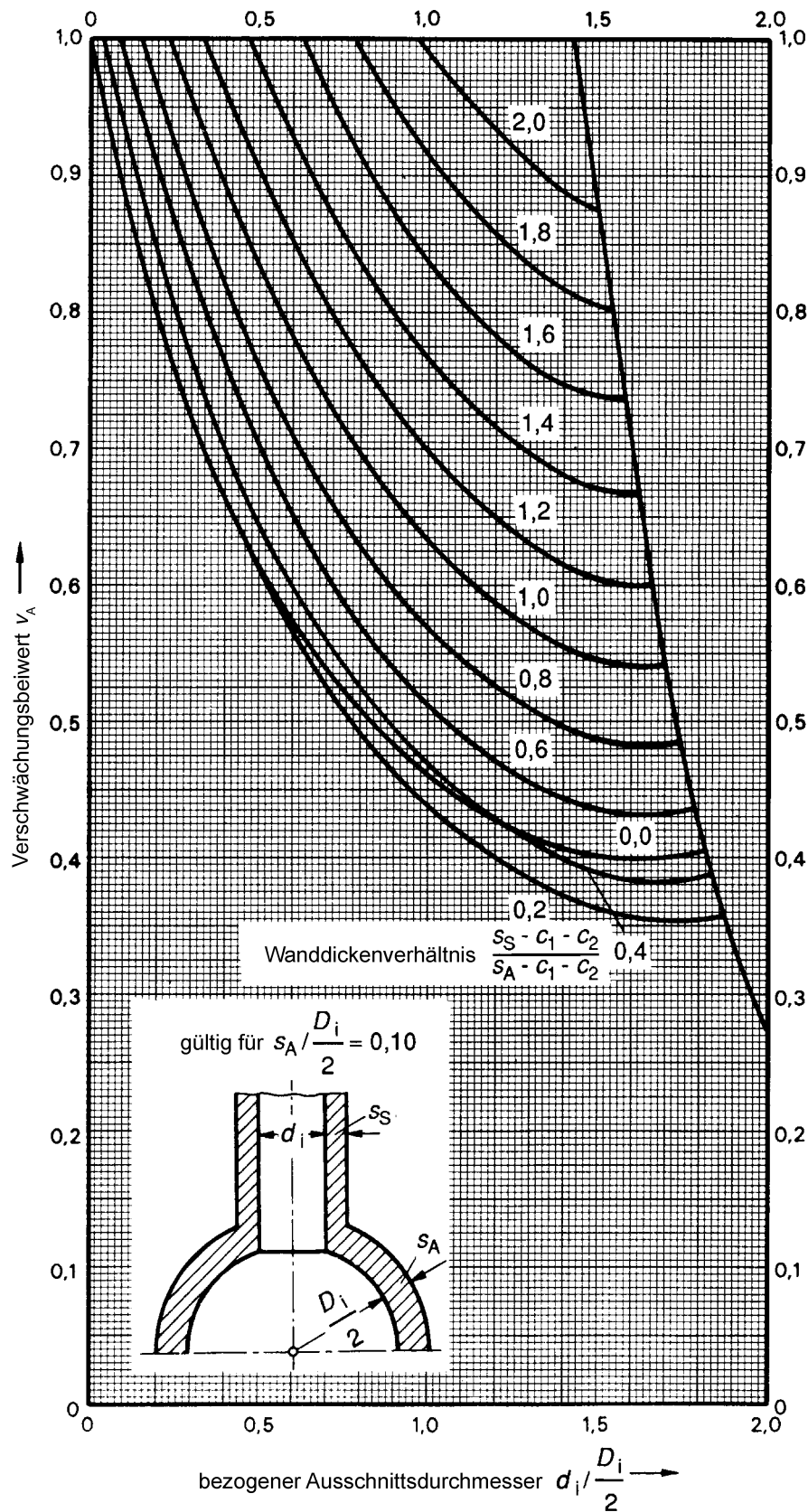


Bild 8 c. Verschwächungsbeiwerte v_A für Ausschnitte und senkrechte Abzweige in kugeligen Grundkörpern

$$\left(s_A / \frac{D_i}{2} = 0,10 \right)$$

Anhang zum AD 2000-Merkblatt B 9

Erläuterungen zu Abschnitt 1.1 des AD 2000-Merkblattes B 9

1. Untere Begrenzung des Wanddickenverhältnisses

Die nach diesem AD 2000-Merkblatt ermittelten Verschwächungsbeiwerte setzen im elastoplastischen Bereich eine Stützwirkung voraus, die bei dünnwandigen Behältern mit großen Ausschnitten wegen des hohen Membranspannungsanteils gegenüber dem Biegeanteil erheblich unterschritten wird.

2. Obere Begrenzung des Durchmesser-Verhältnisses

Wie die praktische Erfahrung bestätigt, treten bei großen Durchmesser-Verhältnissen in der Ebene senkrecht zur Behälterachse (Zwickelbereich) Beanspruchungen auf, die durch die Ausschnittsberechnung nach diesem AD 2000-Merkblatt nicht erfasst sind. Die bisher durchgeführten Untersuchungen reichen noch nicht aus, hierfür eine allgemein verbindliche Bemessungsregel anzugeben. In der Regel führen diese Beanspruchungen jedoch nicht zu Schäden, sofern kein Kriechen auftritt oder im Sinne von AD 2000-Merkblatt S 1 ein schädigender Einfluss durch pulsierende Beanspruchung nicht zu erwarten ist.

Erläuterungen zu Abschnitt 4.1 des AD 2000-Merkblattes B 9

Der Verschwächungsbeiwert kann bei gleicher zulässiger Spannung der Werkstoffe von Grundkörper und Abzweig für zylindrische Grundkörper auch errechnet werden zu

$$v_A = \frac{D_i \cdot A_\sigma}{2 s_A \cdot A_p} = \frac{b + l_S \frac{s_S}{s_A} + s_S}{b + s_S + \frac{d_i}{D_i} (l_S + s_A) + \frac{d_i}{2}} \leq 1,0 \quad (10)$$

Die Kurven der Bilder 7 a bis e entsprechen der Formel (10) für $s_A/D_i = 0,002$ (Bild 7 a) bzw. 0,005 (Bild 7 b) bzw. 0,01 (Bild 7 c) bzw. 0,05 (Bild 7 d) bzw. 0,10 (Bild 7 e).

Es ist auf der sicheren Seite, jeweils eines der Bilder 7 a bis 7 e heranzuziehen, solange der aktuelle Wanddickenparameter s_A/D_i nicht kleiner als der in diesem Bild ausgewiesene ist.

Bestehen Grundkörper und Abzweig aus Werkstoffen mit unterschiedlichen zulässigen Spannungen, so ergibt sich in Übereinstimmung mit Formel (2) der Verschwächungsbeiwert zu

$$v_A = \frac{D_i \left(A_{\sigma 0} + \frac{K_1}{K} \cdot A_{\sigma 1} \right)}{s_A \left(2 A_p + A_{\sigma 1} - \frac{K_1}{K} \cdot A_{\sigma 1} \right)} \quad (10 \text{ a})$$

Bei der Anwendung der Formeln (10) und (10 a) sind noch die Zuschläge c_1 und c_2 zu berücksichtigen.

Herausgeber:



Verband der TÜV e.V.

E-Mail: berlin@vdtuev.de
<http://www.vdtuev.de>

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de