

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Wechselstromschaltgeräte für Spannungen über 1 kV</b><br>Kapselungen aus Schmiedestahl<br>für gasgefüllte Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen<br>Deutsche Fassung EN 50068:1991                                                                                                           | <b>DIN</b><br><b>EN 50068</b>                 |
| <b>VDE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden. | Klassifikation<br><b>VDE 0670</b><br>Teil 804 |
| <p>A.c. switchgear and controlgear for voltages above 1 kV;<br/>Wrought steel enclosures for gas-filled high-voltage<br/>switchgear and controlgear;<br/>German version EN 50068:1991</p> <p>Appareillage de tensions supérieures à 1 kV;<br/>Enveloppes en acier soudées pour l'appareillage à haute<br/>tension sous pression de gaz;<br/>Version allemande EN 50068:1991</p> <p><b>Beginn der Gültigkeit</b><br/>Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. August 1993.<br/>Norm-Inhalt war veröffentlicht als Entwurf DIN VDE 0670 Teil 804/02.91.</p> <p>Fortsetzung Seite 2<br/>und 54 Seiten EN-Norm</p> <p>Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                               |

## Nationales Vorwort

Zuständig für diese Europäische Norm ist in Deutschland das Unterkomitee 432.3 „Kapselung und Druckbehälter in Hochspannungsanlagen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Diese Norm ergänzt und präzisiert verschiedene Abschnitte in **DIN VDE 0670 Teil 8** „Wechselstromschaltgeräte für Spannungen über 1 kV; Gasisolierte metallgekapselte Hochspannungs-Schaltanlagen für Nennspannungen von 72,5 kV und darüber“.

Die inzwischen überarbeitete IEC 517 ist als 3. Ausgabe 1990 erschienen und von CENELEC als HD 358 S2:1992 ratifiziert. Die Übernahme in das deutsche Normenwerk als neue Ausgabe von **DIN VDE 0670 Teil 8** ist für 1992 vorgesehen.

Für die in dieser Norm genannten internationalen und regionalen Normen bestehen folgende Zusammenhänge mit Deutschen Normen:

|                     |                                             |
|---------------------|---------------------------------------------|
| EN 50052            | siehe <b>DIN VDE 0670 Teil 801</b>          |
| EN 50064            | siehe <b>DIN VDE 0670 Teil 803</b>          |
| HD 358 S2 (IEC 517) | siehe <b>DIN VDE 0670 Teil 8</b>            |
| ISO 6213            | ähnlich DIN 8563 Teil 2                     |
| ISO 6520            | siehe DIN 8524 Teil 1 und ähnlich DIN 32502 |
| ISO 9000            | siehe DIN ISO 9000                          |

## Weitere zitierte Normen

ISO 373  
ISO/IEC Guide 2

## Internationale Patentklassifikation

H 01H 033/53  
H 02B 013/045  
B 23K 009/02  
B 23K 031/02  
G 01N 023/00  
G 01N 029/00

DK: 621-316.54-213.34-034.14

Deskriptoren: Kapselung, Hochspannungs-Schaltgeräte, metallgekapselte Hochspannungs-Schaltanlage, druckbeaufschlagte Kapselung, Schmiedestahl

**Deutsche Fassung**

**Kapselungen aus Schmiedestahl für gasgefüllte  
Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen**

Wrought steel enclosures for  
gas-filled high-voltage  
switchgear and controlgear

Enveloppes en acier soudées pour  
l'appareillage à haute tension  
sous pression de gaz

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1990-03-05 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

## CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

## Vorwort

Auf Anfrage des CENELEC Technischen Komitees TC 17C wurde der Text des vom TC 17C ausgearbeiteten Entwurfs der EN 50068 zum Einstufigen Annahmeverfahren (UAP) vorgelegt.

Der Text des Entwurfs wurde von CENELEC am 5. März 1990 als EN 50068 genehmigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1991-06-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1991-06-01

Für Erzeugnisse, die vor 1991-06-01 der einschlägigen nationalen Norm entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 1996-06-01 noch weiter angewendet werden.

Sie bildet eine Ergänzung zur EN 50052:1986 „Kapselungen aus Leichtmetallguß für gasgefüllte Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen“ und EN 50064:1989 „Kapselungen aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen für gasgefüllte Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen“ und befaßt sich mit Kapselungen derselben Art von Schaltgeräten und Schaltanlagen, die jedoch aus Schmiedestahl bestehen. Ihr liegen die Festlegungen der IEC-Publikation HD 358 S2 (= IEC 517:1986, Ausgabe 2) zugrunde, die jedoch nicht den für die Betriebserlaubnis von druckbeaufschlagten Hochspannungs-Schaltgeräten und -Schaltanlagen erforderlichen Bedingungen genügen.

Diese Festlegungen sind speziell für druckbeaufschlagte Kapselungen von Schaltgeräten geeignet und gestatten eine wirtschaftliche Fertigung, ohne Sicherheitsaspekte außer acht zu lassen. Für eine durch die elektrischen Gegebenheiten bedingte ungewöhnliche Gestaltung werden zum Nachweis der ordnungsgemäßen Konstruktion Prüfungen anstelle von Berechnungen zugelassen. Trotzdem benutzt diese Europäische Norm viele international allgemein anerkannte Rechenregeln, und das Technische Komitee wird darüber hinaus die Fortschritte in der Normung bei CEN/TC 121 und ISO/TC 44 auf dem Gebiet des Schweißens und damit verbundener Verfahren weiter verfolgen.

Zur Zeit können jedoch nur bereits veröffentlichte Internationale Normen in Bezug genommen werden, soweit sie sich für die Herstellung von in gasgefüllten Hochspannungs-Schaltgeräten und -Schaltanlagen verwendeten Kapselungen eignen.

Die vorliegende EN wurde verfaßt, um eine Internationale Spezifikation für die Konstruktion, Ausführung, Prüfung, Kontrolle und Bescheinigung von in Hochspannungs-Schaltgeräten und -Schaltanlagen verwendeten druckbeaufschlagten Kapselungen zu erhalten. Diese Norm folgt soweit auch dem Artikel 2 der Richtlinie 76/767/EWG.

Diese Europäische Norm enthält zwei normative und einen informativen technischen Anhang:

**Anhang A:** Schweißverfahrensprüfung und Schweißerfähigkeitsnachweis  
(normativ)

**Anhang B:** Muster eines Formblattes für Prüfberichte  
(normativ)

**Anhang C:** A-Abweichungen  
(informativ)

Liste der in dieser Norm zitierten Normen:

|                                                             |                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>HD 358 S2</b><br><b>(IEC 517:1986</b><br><b>Ausg. 2)</b> | Gasisolierte metallgekapelte Hochspannungs-Schaltanlagen für Nennspannungen von 72,5 kV und darüber                                                         |
| ISO 6213:1983                                               | Schweißen; Zur Qualitätssicherung von Schweißkonstruktionen zu beachtende Einzelheiten                                                                      |
| ISO 9000:1987                                               | Leitfaden zur Auswahl und Anwendung der Normen zu Qualitätsmanagement, Elementen eines Qualitätssicherungssystems und zu Qualitätssicherungs-Nachweisstufen |
| ISO/IEC Guide 2: 1986                                       | Allgemeine Fachausdrücke und deren Definitionen betreffend Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten                                                   |
| ISO 6520:1982                                               | Klassifikation von Mängeln in metallischen Schmelzschweißverbindungen mit Erklärungen                                                                       |
| ISO/R 373:1964                                              | Allgemeine Grundlagen für die Ermüdungsprüfung von Metallen                                                                                                 |

## Inhalt

|                                                                          | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 Einleitung .....                                                       | 3     |
| 2 Anwendungsbereich .....                                                | 3     |
| 3 Definitionen .....                                                     | 4     |
| 4 Werkstoffe .....                                                       | 5     |
| 5 Konstruktion .....                                                     | 5     |
| 6 Herstellung und Bearbeitung .....                                      | 29    |
| 7 Kontrolle und Prüfung .....                                            | 35    |
| 8 Druckentlastungseinrichtungen .....                                    | 41    |
| 9 Bescheinigung und Kennzeichnung .....                                  | 41    |
| Anhang A: Schweißverfahrensprüfung und Schweißerfähigkeitsnachweis ..... | 43    |
| (normativ) .....                                                         | 43    |
| Anhang B: Muster eines Formblattes für Prüfberichte .....                | 51    |
| (normativ) .....                                                         | 53    |
| Anhang C: A-Abweichungen .....                                           | 53    |
| (informativ) .....                                                       | 53    |

## 1 Einleitung

Diese Norm legt die Anforderungen an Konstruktion, Ausführung, Prüfung, Kontrolle und Bescheinigung von gasgefüllten Kapselungen für die ausschließliche Verwendung in Hochspannungs-Schaltgeräten und -Schaltanlagen oder diesen zuzuordnenden, gasgefüllten Betriebsmitteln fest. Aus nachstehenden Gründen treffen für diese Kapselungen besondere Voraussetzungen zu:

- a) Die Kapselungen bilden im allgemeinen die Gehäuse für elektrische Betriebsmittel, weshalb ihre Form mehr nach elektrischen als nach mechanischen Gesichtspunkten festgelegt ist.
- b) Die Kapselungen werden in Bereichen aufgestellt, die nicht allgemein zugänglich sind. Außerdem werden die Betriebsmittel nur von Fachkräften und unterwiesenen Personen bedient.
- c) Da der hohe Grad Trockenheit der inerten, nichtkorrodierend wirkenden Gasfüllung die Grundlage für die einwandfreie Funktion der elektrischen Betriebsmittel bildet, wird sie periodisch überprüft. Deshalb ist kein Korrosionszuschlag bei der Bestimmung der Wanddicke dieser Kapselungen nötig.
- d) Die Kapselungen sind nur kleinen Druckschwankungen ausgesetzt, da die Gasdichte in engen Grenzen aufrechterhalten werden muß, um die Isolationsfestigkeit und das Lichtbogenlöschvermögen sicherzustellen. Daher treten in den Kapselungen keine Ermüdungserscheinungen infolge von Druckschwankungen auf.
- e) Der Betriebsdruck ist verhältnismäßig niedrig.

Aus den genannten Gründen und um Betriebsunterbrechungen klein zu halten, dürfen nach Errichtung und vor Inbetriebnahme der Anlagen keine Druckprüfungen durchgeführt werden. Dies gilt auch für wiederkehrende Prüfungen des Inneren der Kapselungen oder für Druckprüfungen, wenn die Anlage in Betrieb ist.

## 2 Anwendungsbereich

### 2.1 Anlagenart

Diese Norm gilt für Kapselungen aus Schmiedestahl, die durch trockene Luft, inerte Gase, wie Schwefelhexafluorid, oder Stickstoff oder eine Mischung ähnlicher Gase druckbeaufschlagt werden, und zwar für Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen mit Nennspannungen von 72,5 kV und darüber für Innenraum- und Freiluftaufstellung, wobei das Gas hauptsächlich wegen seiner dielektrischen Eigenschaften und/oder seines Lichtbogenlöschvermögens verwendet wird.

Die Kapselungen enthalten Teile elektrischer Betriebsmittel, die nicht notwendigerweise auf die folgenden Beispiele beschränkt sind

- Leistungsschalter
- Lasttrennschalter
- Trennschalter
- Erdungsschalter
- Stromwandler
- Spannungswandler
- Überspannungsableiter
- Sammelschienen und Verbindungen.

Der Anwendungsbereich umfaßt auch druckbeaufschlagte Komponenten, wie die an Spannung liegenden Gehäuse von Schaltgeräten, gasisolierten Stromwandlern usw.

## 2.2 Fertigung

Die Fertigung von Kapselungen ist in Übereinstimmung mit festgelegten Schweißverfahren von erfahrenen und beaufsichtigten Schweißern auszuführen. Soweit internationale Normen (ISO oder CEN) nicht zur Verfügung stehen, dürfen nationale Normen benutzt werden.

ANMERKUNG: Diese Norm wird überarbeitet, sobald ISO- oder CEN-Normen zur Verfügung stehen, die die verschiedenen Gesichtspunkte beinhalten.

## 2.3 Qualitätssicherung

Im Sinne dieser Norm liegt die Verantwortung für die Erlangung und Aufrechterhaltung einer gleichbleibenden, angemessenen Qualität des Produktes beim Schaltgerätehersteller.

Ausreichende Überprüfungen müssen beim Kapselungshersteller durchgeführt werden, damit sichergestellt ist, daß Werkstoffe, Fertigung und Prüfungen in jeder Hinsicht mit den Anforderungen dieser Norm und ISO 6213:1983 übereinstimmen. Prüfungen durch Beauftragte des Betreibers entbinden den Schaltgerätehersteller nicht von seiner Verantwortung, Maßnahmen zur Qualitätssicherung in der Weise durchzuführen, daß Anforderungen und Zweck dieser Norm erfüllt werden.

ANMERKUNG: Die Normen der Reihe ISO 9000 für Qualitätssicherungssysteme sollten herangezogen werden.

## 3 Definitionen

### 3.1 Nationale Norm

Eine technische Spezifikation, die mit der allgemeinen Zustimmung eines wichtigen Anteiles der betroffenen Interessen erstellt und von einer anerkannten nationalen Normungsorganisation angenommen wurde und der Öffentlichkeit zugänglich ist. ISO/IEC-Leitlinie 2:1986.

### 3.2 Kapselung

Teil einer gasisolierten metallgekapselten Schaltanlage, der das Isoliergas unter den für die sichere Aufrechterhaltung des Isolationspegels vorgeschriebenen Bedingungen speichert, der die Einbauten vor äußeren Einwirkungen schützt und dem Personal einen hohen Schutzgrad bietet. **HD 358 S2 = IEC 517:1986, Ausgabe 2.**

### 3.3 Hersteller

Natürliche oder juristische Person, welche für die Konstruktion und Fertigung der Kapselung verantwortlich ist. In dieser Norm ist dies der Schaltgerätehersteller.

### 3.4 Konstrukteur

Natürliche oder juristische Person, welche die Form, Maße und Wanddicke der Kapselung festlegt und die Werkstoffe sowie Herstellart und Prüfabläufe auswählt.

### 3.5 Konstruktionsdruck (einer Kapselung)

Der zur Ermittlung der Wanddicke der Kapselung zugrunde gelegte Druck. Dieser Druckwert ist mindestens gleich dem Höchstwert des Druckes, der innerhalb der Kapselung bei der Konstruktionstemperatur erreicht wird. **HD 358 S2 = IEC 517:1986, Ausgabe 2.**

### 3.6 Konstruktionstemperatur (einer Kapselung)

Höchste Temperatur, die die Kapselung unter Betriebsbedingungen annehmen kann. Das ist im allgemeinen der Höchstwert der Umgebungstemperatur zuzüglich der Übertemperatur bei Belastung mit Nenn-(betriebs-)strom. **HD 358 S2 = IEC 517:1986, Ausgabe 2.**

ANMERKUNG: Sonneneinstrahlung sollte berücksichtigt werden, wenn sie einen maßgebenden Einfluß auf die Gastemperatur und die mechanischen Eigenschaften gewisser Werkstoffe ausübt. Gleichermaßen sollte der Einfluß von niedrigen Temperaturen auf die Eigenschaften einiger Werkstoffe berücksichtigt werden.

### 3.7 Schweißmängel

#### 3.7.1 Bindefehler

Keine Bindung zwischen Schweißgut und Grundwerkstoff oder innerhalb eines Schweißgutes. ISO 6520:1982, Nr 400.

#### 3.7.2 Schweißgutüberlauf

Übergelaufenes, nicht gebundenes Schweißgut auf dem Grundwerkstoff. ISO 6520:1982, Nr 506.

### 3.7.3 Einbrandkerbe

Kerbe am Rande (an den Rändern) (oder an der Wurzel) der Schweißnaht infolge der Schweißung. ISO 6520:1982, Nr 5012.

### 3.8 Wärmebehandlung

Vorgang, bei dem das Metall oder die Legierung in erstarrtem Zustand einem oder mehreren Temperaturwechseln unterzogen wird, um bestimmte beabsichtigte Eigenschaften zu erreichen.

### 3.9 Ermüdung

Veränderung der Werkstoffeigenschaften infolge von wiederholt auftretenden Beanspruchungen oder Dehnungen, die im besonderen zu Rissen und zum Bruch führen. ISO/R 373:1964.

### 3.10 Zugfestigkeit

Auf den Anfangsquerschnitt des Probestabes bezogene maximale Beanspruchung, bei der der Werkstoff reißt.

### 3.11 Probestück

Zwei oder mehr Werkstücke, die nach einem festgelegten Schweißverfahren zur Entnahme eines oder mehrerer Probestäbe verschweißt wurden.

### 3.12 Probestab

Teil eines Probestückes mit festgelegten Maßen, fertigbearbeitet, so wie es für die Prüfungen erforderlich ist.

## 4 Werkstoffe

Jeder geeignete Stahl ist zulässig; eine Aufstellung von Werkstoffbeispielen findet sich in [Tabelle 1](#) (auf Seite 6). Die Werkstoffeigenschaften sollten einschlägigen Normen entnommen werden.

## 5 Konstruktion

### 5.1 Allgemeines

Die Regeln für die Konstruktion von Kapselungen für gasisolierte Schaltgeräte und Schaltanlagen, die in diesem Abschnitt festgelegt werden, dienen allein der Bestimmung der Maße und der Mindestwanddicke, die die Sicherheit der Kapselung gegen unzulässige plastische Verformung, gegen plötzliches Einknicken und Einbeulen mit den in Abschnitt 4 angegebenen Werkstoffen sicherstellen.

Die Regeln berücksichtigen, daß diese Kapselungen besonderen Betriebsbedingungen unterliegen (siehe [Abschnitt 1](#)), durch die sie sich von Druckluftbehältern und ähnlichen Speichern unterscheiden.

Die durch die verschiedenen Gleichungen bestimmten Wanddicken sind untere Grenzwerte. Die jeweilige Nennwanddicke muß deshalb um den Wert aller negativen Abmaße, die in der Werkstoffnorm zugelassen sind, vergrößert werden.

ANMERKUNG: Es gibt Ausführungen von Kapselungen, die sich in ihrer Form von denen unterscheiden, für die die in [5.7](#) und [5.8](#) angegebenen Gleichungen gelten. Diese Ausführungen sind zulässig, wenn ihre Berechnung anerkannt ist oder die in [7.5.3](#) beschriebenen Nachweise der Berechnung erbracht werden.

### 5.2 Korrosionszuschlag

Die Kapselungen sind im Betrieb mit einem nicht korrodierend wirkenden, sorgfältig getrockneten Gas gefüllt. Deswegen ist kein Zuschlag für innere Korrosion erforderlich.

### 5.3 Konstruktionsbetrachtungen

Die Gestaltung einer Kapselung kann mehr von elektrischen als von mechanischen Gegebenheiten bestimmt sein. Diese Einschränkung kann zu einer Gestaltung der Kapselung führen, die einen nicht vertretbaren Rechenaufwand erfordert oder deren Berechnung unmöglich ist.

Für eine solche Kapselung oder für eine Kapselung, die nicht berechnet wurde, ist ein Nachweis der Bemessung jedes einzelnen Gehäuses vor Einbau der inneren Teile erforderlich.

Bei der Konstruktion einer Kapselung muß folgendes, soweit zutreffend, beachtet werden:

- a) die mögliche Evakuierung der Kapselung als Teil des Füllvorganges;

Für Kapselungen dieser Art ist es üblicherweise notwendig, die Luft vor dem Einfüllen des Gases zu evakuieren, um die Reinheit des Gases sicherzustellen. Der evakuierte Zustand zählt deshalb nicht zu den üblichen Betriebsbedingungen. In den meisten Fällen werden die für Innendruck ausgelegten Kapselungen jedoch für diese Vakuumbedingung, ohne sich zu beulen, geeignet sein.

Bei gewissen großen Längen und Durchmessern von Sammelschienenabschnitten ist es jedoch möglich, daß sich die Kapselung bei äußerem Druck einbeult. In solchen Fällen sollte die Konstruktion auf äußeren Druck überprüft und die Kapselung, wenn notwendig, verstärkt werden. Da dies keine übliche Betriebsbedingung ist, ergibt sich daraus kein Sicherheitsproblem.

**Tabelle 1**

| Beispiele für Werkstoffe (nicht vollständig, andere Stähle können nationalen Vorschriften entnommen werden) |          |                   |                 |                   |                   |               |             |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------|----------------|
| EURO                                                                                                        | STANDARD | Deutschland       | Österreich      | Schweiz           | Frankreich        | Schweden      | Italien     | Großbritannien |
| <b>25</b>                                                                                                   | Fe360B   | <b>DIN 17 100</b> | wie Deutschland | <b>DIN 17 440</b> | <b>NFA 36-205</b> | SS14 13 30-01 | UNI 5869-75 | <b>BS 1501</b> |
|                                                                                                             | Fe360C   | ST 52-3           |                 | × 6 CrNi 1810     | A37-CP            | SS14 14 30-01 | UNI 7382-75 | 151 400        |
|                                                                                                             | Fe360D   | UST 37-2          |                 | × 2 CrNi 1911     | A37-AP            | SS14 14 32-01 | UNI 7070-82 | 151 430A       |
|                                                                                                             | Fe510D   | RST 37-2          |                 | × 6 CrNiTi 1810   | A37-FP            | SS14 21 06-01 | UNI 8317-81 | 321 S12        |
| <b>28</b>                                                                                                   |          | ST 37-3           |                 |                   | A42-CP            | SS14 21 17-01 | UNI 7660-77 |                |
|                                                                                                             | Fe42-1KP |                   |                 | <b>DIN 17 155</b> | A42-AP            |               | (FORGINGS)  | <b>BS 1449</b> |
|                                                                                                             | Fe42-1KW |                   |                 | KBL HII           | A42-FP            |               | UNI 7660-77 | 321 S12        |
|                                                                                                             | Fe42-2KW |                   |                 |                   | A48-CP            |               |             |                |
| <b>11</b>                                                                                                   |          | <b>DIN 17 440</b> |                 |                   | A48-AP            |               |             | <b>BS 970</b>  |
|                                                                                                             | T1-3     | × 6 CrNiTi 1810   |                 |                   | A48-FP            |               |             | 316 S16        |
|                                                                                                             | FeE355KG | × 6 CrNiNb 1810   |                 |                   | A52-CP            |               |             | BS 4360        |
|                                                                                                             | FeE355KT |                   |                 |                   | A52-AP            |               |             | GRADE 43A      |
| <b>30</b>                                                                                                   |          |                   |                 |                   | A52-FP            |               |             |                |
|                                                                                                             | Fe42B1   |                   |                 |                   | <b>NFA 36-601</b> |               |             |                |
|                                                                                                             | Fe42B3   |                   |                 |                   | (FORGINGS)        |               |             |                |
|                                                                                                             | Fe42-3   |                   |                 |                   | A37-CP            |               |             |                |
| ANMERKUNG: In gleicher Zeile aufgeführte Werkstoffe brauchen nicht identisch zu sein.                       |          |                   |                 |                   |                   |               |             |                |

- b) der mögliche, volle Differenzdruck auf die Wandung der Kapselung;
- c) die überlagerten Belastungen und Erschütterungen durch äußere Einwirkungen;
- d) die durch die Temperaturdifferenzen einschließlich transientser Zustände und durch Differenzen der thermischen Ausdehnungskoeffizienten verursachten Beanspruchungen;
- e) die Auswirkungen von Sonneneinstrahlung.

ANMERKUNG: Durch einen inneren elektrischen Fehler verursachte Druckbeanspruchungen sind bei der Konstruktion der Kapselung nicht zu berücksichtigen, da nach einem solchen Vorfall die Kapselung sorgfältig überprüft und, falls notwendig, ausgetauscht wird.

Für den Fall eines durch einen inneren Fehler verursachten Lichtbogens wird auf **HD 358 S2 (= IEC 517:1986, Ausgabe 2)** verwiesen.

#### 5.4 Konstruktionsdruck

Die Konstruktion basiert auf dem Konstruktionsdruck wie in [Abschnitt 3.5](#) definiert.

#### 5.5 Konstruktionstemperatur

Die Werkstoffauswahl und die Bestimmung der Konstruktionsbeanspruchung hängt von der höchsten Wandtemperatur ab, die während des Betriebes beim Konstruktionsdruck  $p$  erwartet werden kann.

#### 5.6 Festigkeitskennwerte

Der Nennfestigkeitswert  $K$  ist der Werkstoffnorm zu entnehmen, wobei

$K$  Streckgrenze oder 0,2-%-Dehngrenze bei Konstruktionstemperatur ist  
(Für austenitische Stähle kann die 1-%-Dehngrenze angesetzt werden).

Der Sicherheitsbeiwert gegen die Streckgrenze, die 0,2-%-Dehngrenze oder die 1-%-Dehngrenze beträgt  $S = 1,5$ . Daraus folgt die zulässige Konstruktionsbeanspruchung  $\sigma = K/1,5$ .

#### 5.7 Berechnung von Behältermänteln, gewölbten Böden, Ausschnitten, Schrauben und Bolzen

Für die Berechnung von Mänteln, gewölbten Böden, Bolzen, Schrauben und Ausschnitten sind die folgenden festgelegten Formelzeichen zu benutzen:

|         |                                                         |                 |
|---------|---------------------------------------------------------|-----------------|
| $D_a$   | Außendurchmesser des Mantels                            | mm              |
| $D_i$   | Innendurchmesser des Mantels                            | mm              |
| $D_k$   | Berechnungsdurchmesser                                  | mm              |
| $D_m$   | Mittlerer Dichtungsdurchmesser                          | mm              |
| $d_i$   | Innendurchmesser von Ausschnitten und Rohrstutzen       | mm              |
| $t$     | Erforderliche Wanddicke                                 | mm              |
| $l'_s$  | Überstehende Rohrstutzenlänge                           | mm              |
| $t_A$   | Erforderliche Wanddicke am Ausschnitt                   | mm              |
| $t_s$   | Rohrstutzenwanddicke                                    | mm              |
| $x$     | Abstand, über den eine bestimmte Beanspruchung auftritt | mm              |
| $R$     | Kugelradius von gewölbten Böden                         | mm              |
| $r$     | Krempenradius                                           | mm              |
| $h_1$   | Höhe des zylindrischen Bordes von gewölbten Böden       | mm              |
| $h_2$   | Tiefe von gewölbten Böden                               | mm              |
| $v$     | Schweißfaktor                                           | —               |
| $v_A$   | Verschwächungsbeiwert                                   | —               |
| $p$     | Konstruktionsdruck                                      | bar             |
| $p_B$   | Beuldruck                                               | bar             |
| $P_s$   | Gesamtschraubenspannkraft                               | N               |
| $P_i$   | Belastung einer Fläche (A) unter Innendruck             | N               |
| $A_b$   | Berechnungsquerschnitt des Schraubengewindes            | mm <sup>2</sup> |
| $L$     | Mittenabstand von Rohrstutzen                           | mm              |
| $\beta$ | Berechnungsbeiwert                                      |                 |
| $n$     | Schraubenanzahl je Flansch                              |                 |
|         | $P_s/P_i = P'_s/P'_i$                                   |                 |
| $P'_i$  | Belastung je Schraube = $P_i/n$                         | N               |
| $P'_s$  | Spannkraft je Schraube = $P_s/n$                        | N               |

### 5.7.1 Zylindermäntel

Die erforderliche Wanddicke ist:

$$t = \frac{D_a \cdot p}{20 (K/1,5) \cdot v + p} \quad (1)$$

Die zulässige Mindestwanddicke für Zylindermäntel beträgt 3 mm.

### 5.7.2 Kugelmäntel

Die erforderliche Wanddicke ist:

$$t = \frac{D_a \cdot p}{40 (K/1,5) \cdot v + p} \quad (2)$$

Die zulässige Mindestwanddicke für Kugelmäntel beträgt 3 mm.

### 5.7.3 Kegelmäntel

Für die Bemessung der Wanddicke von Kegelmänteln ist die in der Krempe oder der Rundnaht am weiten Ende auftretende Beanspruchung in Richtung der Mantellinie (Biegebeanspruchung) und die außerhalb der Krempe auftretende Beanspruchung in Umfangsrichtung (Zugbeanspruchung) maßgebend (siehe Bilder 1 bis 4). Die größere der nach 5.7.3.1 oder 5.7.3.2 berechneten Wanddicke ist für die Bemessung ausschlaggebend. Bei sehr flachen Kegelmänteln, deren Neigungswinkel zur Behälterachse  $\varphi_1 > 70^\circ$  beträgt, muß die Wanddicke nach 5.7.3.3 bestimmt werden, auch wenn sich geringere Wanddicken als nach 5.7.3.1 und 5.7.3.2 ergeben.

In den Gleichungen (3) und (7) bezieht sich der Schweißfaktor  $v$  auf die Rundnaht und in Gleichung (6) auf die Längsnaht.

Beträgt der Abstand der Rundnaht von der Krempe mindestens  $0,5 x$ , dann ist in den Gleichungen (3) und (7) der Schweißfaktor  $v = 1,0$  einzusetzen.

Die zulässige Mindestwanddicke für Kegelmäntel beträgt 3 mm.

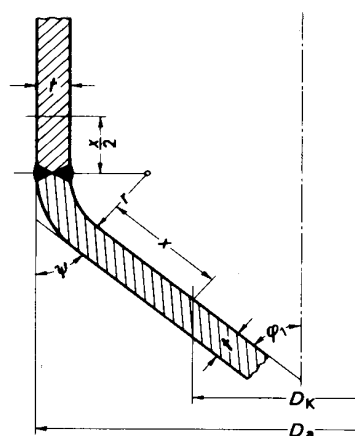


Bild 1

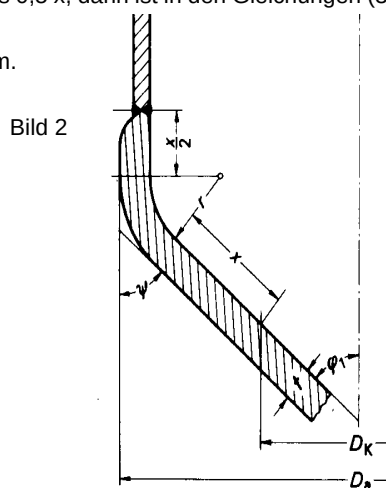


Bild 2

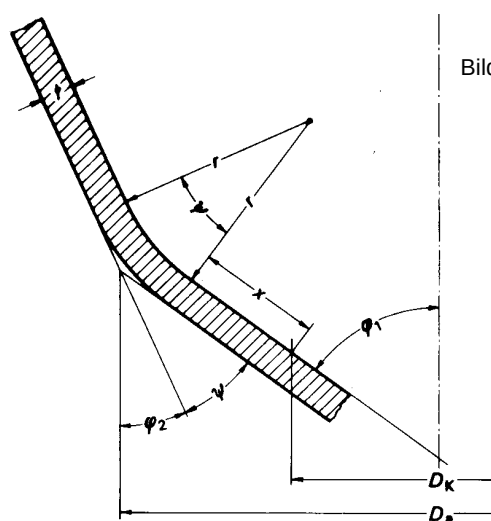


Bild 3

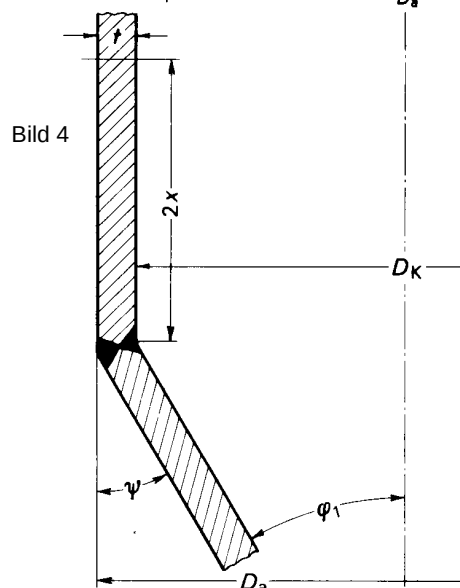


Bild 4

Bilder 1 bis 4: Typische Verbindungen zwischen Zylindermantel und Kegelmantel

### 5.7.3.1 Berechnung aus der Beanspruchung in Richtung der Mantellinie

Die erforderliche Wanddicke ist:

$$t = \frac{D_a \cdot p \cdot \beta}{40 (K/1,5) \cdot v} \quad (3)$$

Der Berechnungsbeiwert  $\beta$  ist unter Zugrundelegung der Differenz  $\psi$  der Neigungswinkel der beiden benachbarten Behältermäntel

$$\psi = \psi_1 - \psi_2 \quad (4)$$

und des Verhältnisses von Krempe radius zu Außendurchmesser des Mantels  $r/D_a$  der Tabelle 2 oder Bild 5 zu entnehmen.

#### A) Mäntel mit Krempe (Bilder 1 und 2)

Ist das weite Ende eines Kegelmantels als Krempe ausgebildet, dann ist die Wanddicke in der Krempe nach Gleichung (3) zu bestimmen und muß von der Krempe im konischen Abschnitt über einen Abstand von

$$x = \sqrt{D_a \cdot t} \quad (5)$$

und im zylindrischen Abschnitt über einen Abstand von  $0,5 x$  erhalten bleiben.

#### B) Mäntel ohne Krempe (Bild 4)

Kegelmäntel dürfen miteinander oder mit Zylindermänteln durch Stumpfschweißung verbunden werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- $\psi \leq 30^\circ$
- beidseitig geschweißte Stumpfnähte
- die Länge der beiden Mäntel muß mindestens  $2 x$  nach Gleichung (5) betragen.

Werden abweichend von b) die Stumpfnähte nur einseitig geschweißt, so muß durch eine Schweißverfahrensprüfung der Nachweis der Gleichwertigkeit mit beidseitig geschweißten Stumpfnähten erbracht werden.

Unter Berücksichtigung der in der Rundnaht auftretenden Biegebeanspruchung ist die Wanddicke für beide Mäntel an der Stumpfnäht nach Gleichung (3) zu bestimmen.

### 5.7.3.2 Berechnung aus der Beanspruchung in Umfangsrichtung

Die erforderliche Wanddicke ist:

$$t = \frac{D_k \cdot p}{20K/1,5 \cdot v - p} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \quad (6)$$

Hierbei gilt der Schweißfaktor  $v$  für die Längsnaht, und der Zahlenwert  $1/\cos \varphi_1$  kann aus der Tabelle 2 oder Bild 5 entnommen werden.

Der Berechnungsdurchmesser  $D_k$  ist nach den Bildern 1 bis 4 und der Abstand  $x$  nach der Gleichung (5) zu bestimmen.

Für den Fall der Verbindung von zwei Kegelmänteln miteinander ist die Wanddicke für jeden Mantel mit seinem jeweiligen Neigungswinkel zur Achse der Kapselung ( $\varphi_1$  oder  $\varphi_2$ ) zu berechnen.

### 5.7.3.3 Berechnung flacher Kegelmäntel ( $\varphi_1 > 70^\circ$ )

Die erforderliche Wanddicke ist:

$$t = 0,3 (D_a - r) \frac{\varphi_1}{90} \sqrt{\frac{p}{10 (K/1,5) \cdot v}} \quad (7)$$

**Tabelle 2: Berechnungsbeiwert  $\beta$  für Kegelmäntel und Zahlenwerte  $\cos \varphi$  und  $\frac{1}{\cos \varphi}$**

| Winkel<br>$\varphi$<br>bzw. $\psi$ | $\beta$ bei Verhältnis $r/D_a$ |      |      |      |      |      |     |      |     |     |     |     | $\cos \varphi$ | $\frac{1}{\cos \varphi}$ |
|------------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----------------|--------------------------|
|                                    | 0,01                           | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |                |                          |
| 10                                 | 1,4                            | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1 | 1,1  | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,985          | 1,015                    |
| 20                                 | 2,0                            | 1,8  | 1,7  | 1,6  | 1,4  | 1,3  | 1,2 | 1,1  | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,940          | 1,064                    |
| 30                                 | 2,7                            | 2,4  | 2,2  | 2,0  | 1,8  | 1,7  | 1,6 | 1,4  | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0,866          | 1,155                    |
| 45                                 | 4,1                            | 3,7  | 3,3  | 3,0  | 2,6  | 2,4  | 2,2 | 1,9  | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 0,707          | 1,414                    |
| 60                                 | 6,4                            | 5,7  | 5,1  | 4,7  | 4,0  | 3,5  | 3,2 | 2,8  | 2,5 | 2,0 | 1,4 | 1,1 | 0,500          | 2,000                    |
| 70                                 | 10,0                           | 9,0  | 8,0  | 7,2  | 6,0  | 5,3  | 4,9 | 4,2  | 3,7 | 2,7 | 1,7 | 1,1 | 0,342          | 2,920                    |
| 75                                 | 13,6                           | 11,7 | 10,7 | 9,5  | 7,7  | 7,0  | 6,3 | 5,4  | 4,8 | 3,1 | 2,0 | 1,1 | 0,259          | 3,861                    |

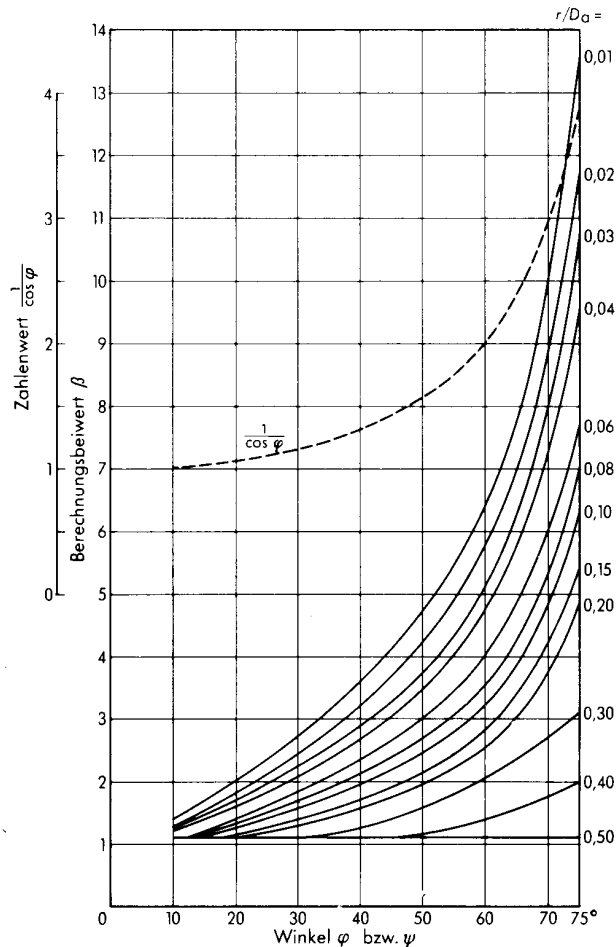


**Bild 5: Berechnungsbeiwert  $\beta$  und Zahlenwert  $\frac{1}{\cos \varphi}$**

Ist der Abstand zwischen Krempe und Rundnaht mindestens

$$x = 0,5 \sqrt{\frac{D_a \cdot t}{\cos \varphi_1}} \quad (8)$$

so ist der Schweißfaktor  $v = 1,0$ .

Unter der Voraussetzung, daß die Anforderungen für Behältermäntel ohne Krempe erfüllt sind (siehe 5.7.3.1), dürfen Kegelmäntel mit unterschiedlichen Neigungswinkeln in Stumpfschweißung verbunden werden. Der Krempenradius ist dann in Gleichung (7) mit  $r = 0$  einzusetzen.

#### 5.7.4 Gewölbte Böden unter Innendruck

##### 5.7.4.1 Allgemeines

Diese Regeln gelten für gewölbte Böden (siehe Bild 6) der Korbbogen- und Klöpperform sowie für Kugelschalen unter Innendruck in folgenden Grenzen:

a) Klöpperform

$$R = D_a$$

$$r = 0,1 D_a$$

$$h_1 \geq 3,5 t$$

$$h_2 = 0,1935 D_a - 0,455 t$$

$$0,001 \leq \frac{t}{D_a} \leq 0,1 \quad (9)$$

b) Korbbogenform

$$R = 0,8 D_a$$

$$r = 0,154 D_a$$

$$h_1 \geq 3,0 t$$

$$h_2 = 0,255 D_a - 0,635 t$$

$$0,001 \leq \frac{t}{D_a} \leq 0,1 \quad (10)$$

c) Kugelschale

$$\frac{D_a}{D_i} \leq 1,2 \quad (11)$$

Andere Formen von gewölbten Böden dürfen mit einer entsprechenden Berechnung oder nach einem Nachweis der Berechnung durch Prüfung verwendet werden.

Bis zu einer Wanddicke von 50 mm braucht die Höhe des zylindrischen Bordes  $h_1$  150 mm nicht zu überschreiten. Bei Kugelschalen ist kein zylindrischer Bord erforderlich.

Kürzere zylindrische Borde  $h_1$  sind zulässig, wenn die Rundnaht zwischen Boden und Zylindermantel wie eine voll beanspruchte Stumpfnahse zerstörungsfrei mit einer Beanspruchung gleich der zulässigen Konstruktionsbeanspruchung geprüft wird.

Wird ein gewölbter Boden aus Kreppe- und Kalottenteilen zusammengeschweißt, so muß die Verbindungsnaht einen ausreichenden Abstand von der Krempe haben. Als ausreichender Abstand gilt, wenn

a) bei unterschiedlicher Wanddicke von Krempe und Kalotte (siehe Bild 8)

$$x = 0,5 \sqrt{R \cdot t} \quad (12)$$

b) bei gleicher Wanddicke von Krempe und Kalotte (siehe Bild 6)

$x = 3,5 t$  bei Klöpperböden

$x = 3,0 t$  bei Korbbogenböden

mindestens jedoch 100 mm beträgt.

ANMERKUNG: Bei der Bestimmung des Übergangs von der Krempe zur Kalotte eines gewölbten Bodens ist vom Innendurchmesser auszugehen. Bei dünnwandigen Klöpperböden liegt der Übergang bei etwa  $0,89 D_i$  und bei dünnwandigen Korbbogenböden bei etwa  $0,86 D_i$ . Mit zunehmender Wanddicke verringern sich diese Faktoren.

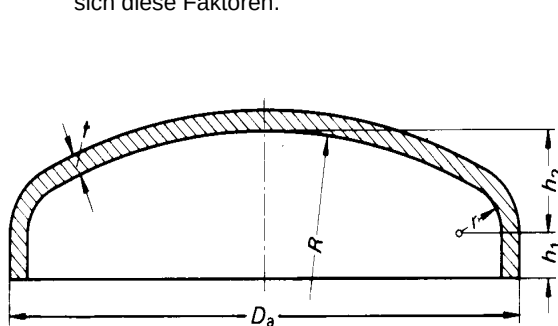


Bild 6: Gewölbter Vollboden

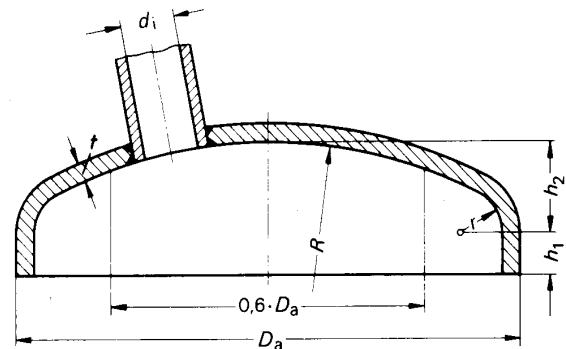


Bild 7: Gewölbter Boden mit Rohrstutzen

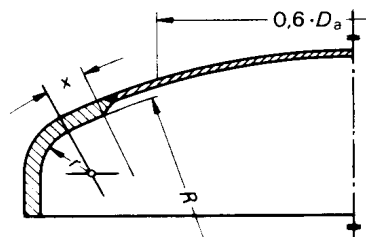


Bild 8: Boden mit unterschiedlicher Wanddicke von Krempe und Kalotte

#### 5.7.4.2 Ausnutzung der zulässigen Konstruktionsbeanspruchung in Schweißnähten

Bei einem Prüfumfang entsprechend dem, der für die Beanspruchung gleich der zulässigen Konstruktionsbeanspruchung festgelegt ist, oder bei einteiligen Böden ist ein Schweißfaktor  $v = 1,0$  anwendbar.

Darüber hinaus darf bei geschweißten gewölbten Böden (außer bei Kugelschalen) unabhängig vom Prüfumfang ein Schweißfaktor von  $v = 1,0$  angewendet werden, sofern die Schweißnaht den Scheitelpunkt von  $0,6 D_a$  schneidet (siehe Bilder 10 und 11). Wenn die Schweißnaht den Scheitelpunkt von  $0,6 D_a$  nicht schneidet, ist der Schweißfaktor je nach Prüfumfang  $v = 0,75$  oder  $v = 1,0$  (siehe Bilder 9 und 12).

#### 5.7.4.3 Verschwächungen durch Ausschnitte und Rohrstutzen (Bild 7)

Ausschnitte im Scheitelpunkt von  $0,6 D_a$  in Klöpper- und Korbbogenböden und im gesamten Bereich von Kugelschalen sind nach 5.7.5 auf ausreichende Verstärkung ohne Berücksichtigung des Berechnungsbeiwertes  $\beta$  zu überprüfen. Bei Verwendung scheibenförmiger Verstärkungen darf der Scheibenrand den Bereich von  $0,8 D_a$  bei Klöpperböden und  $0,7 D_a$  bei Korbbogenböden nicht überschreiten.

Ausschnitte außerhalb des Scheitelpunkts von  $0,6 D_a$  werden durch Erhöhung des Berechnungsbeiwertes  $\beta$  nach den Bildern 13 und 14 berücksichtigt. Wenn der Steg zwischen zwei benachbarten Ausschnitten nicht voll-

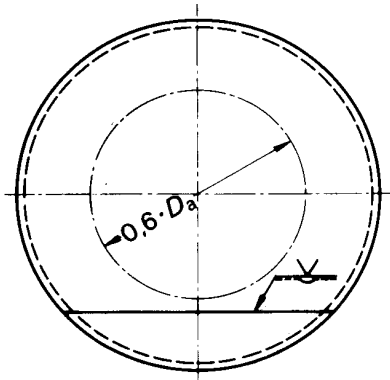


**Bild 9: Schweißnaht außerhalb**  
 $0,6 D_a : v = 0,75 \text{ bzw. } 1,0$

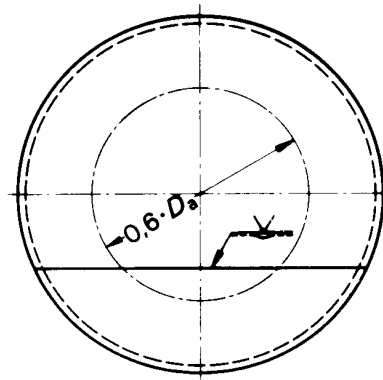


**Bild 10: Schweißnaht innerhalb**  
 $0,6 D_a : v = 1,0$

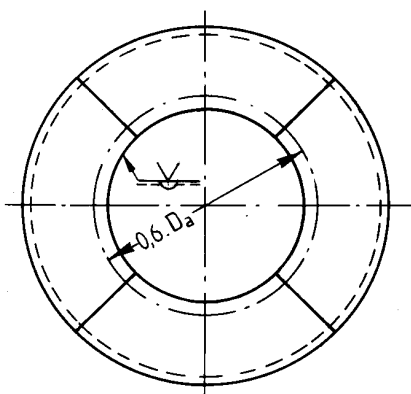


**Bild 11: Geschweißter Boden aus Kreppe- und Kalottenteilen innerhalb  $0,6 D_a : v = 1,0$**

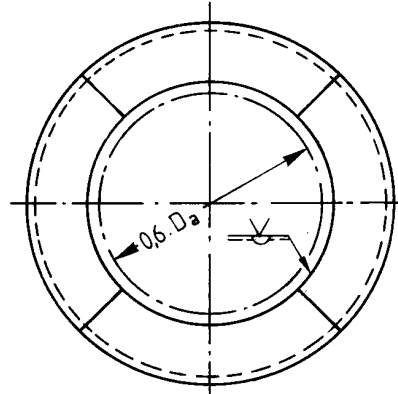


**Bild 12: Geschweißter Boden aus Kreppe- und Kalottenteilen außerhalb  $0,6 D_a : v = 0,75 \text{ bzw. } 1,0$**

ständig innerhalb von  $0,6 D_a$  liegt, muß die Stegbreite mindestens gleich der auf der Verbindungslinie zwischen den Ausschnittsmittelpunkten gemessenen Summe der halben Ausschnittsdurchmesser sein.

#### 5.7.4.4 Berechnungsregeln

Die erforderliche Wanddicke der Kalotte ist:

$$t = \frac{D_a \cdot p}{40 (K/1,5) \cdot v + p} \quad (13)$$

Die erforderliche Wanddicke der Kreppe ist:

$$t = \frac{D_a \cdot p \cdot \beta}{40 (K/1,5) \cdot v} \quad (14)$$

Die Berechnungsbeiwerte  $\beta$  für gewölbte Böden (mit oder ohne Ausschnitte und Rohrstützen) sind zu entnehmen aus:

- a) Bild 13 für Klöpperböden
- b) Bild 14 für Korbbogenböden

als Funktion von  $t/D_a$  und  $d_i/D_a$ .

Die Kurven mit  $d_i/D_a > 0$  gelten für verstärkte Ausschnitte im gesamten Bereich von Kalotte und Kreppe. Für Kugelschalen gilt unabhängig von der Wanddicke im Abstand von

$$x = 0,5 \sqrt{R \cdot t} \quad (15)$$

von der Schweißnaht der Berechnungsbeiwert  $\beta = 1,1$ .

Bei Klöpper- und Korbbogenböden unter Innendruck ist zusätzlich nachzuprüfen, ob die Kreppe gegen elastisches Einbeulen (Faltenbildung in der Kreppe) ausreichend bemessen ist. Dies ist der Fall, wenn der nach Bild 15 ermittelte Beuldruck  $p_B$  gleich oder größer als der 1,5fache Konstruktionsdruck  $p$  ist.

Die zulässige Mindestwanddicke für gewölbte Böden beträgt 3 mm.

Der Spannungsverlauf in Klöpper- und Korbbogenböden unter Innendruck wird mittels der Elastizitätsanalyse bestimmt (siehe Anhang A).

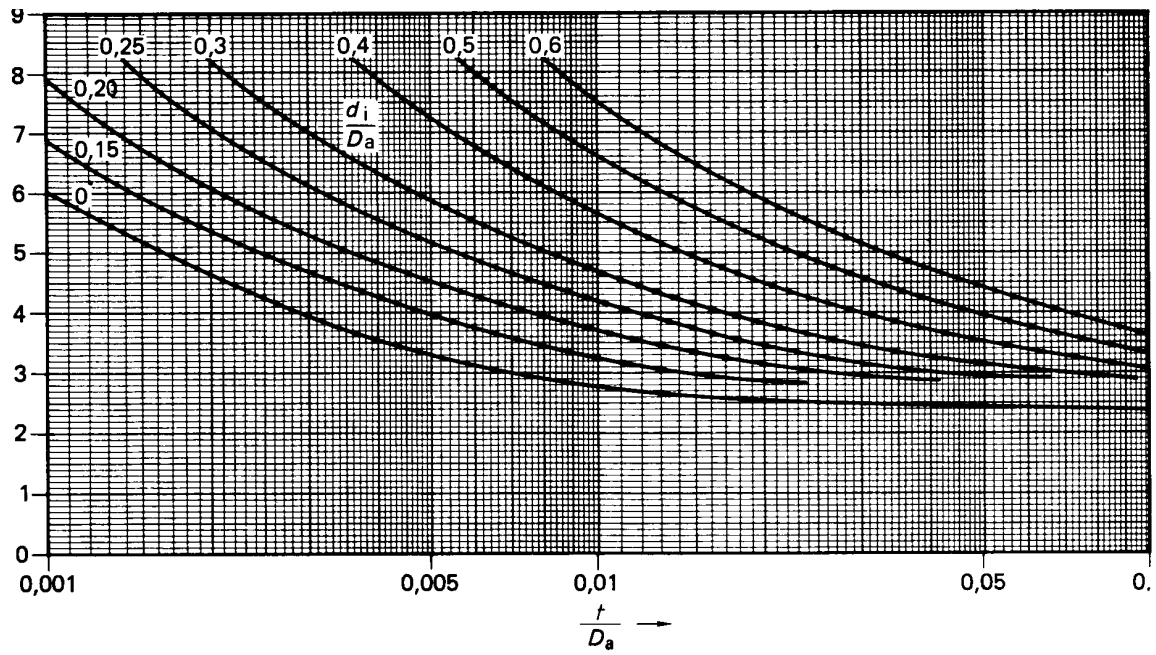


Bild 13: Berechnungsbeiwert für Klörperböden

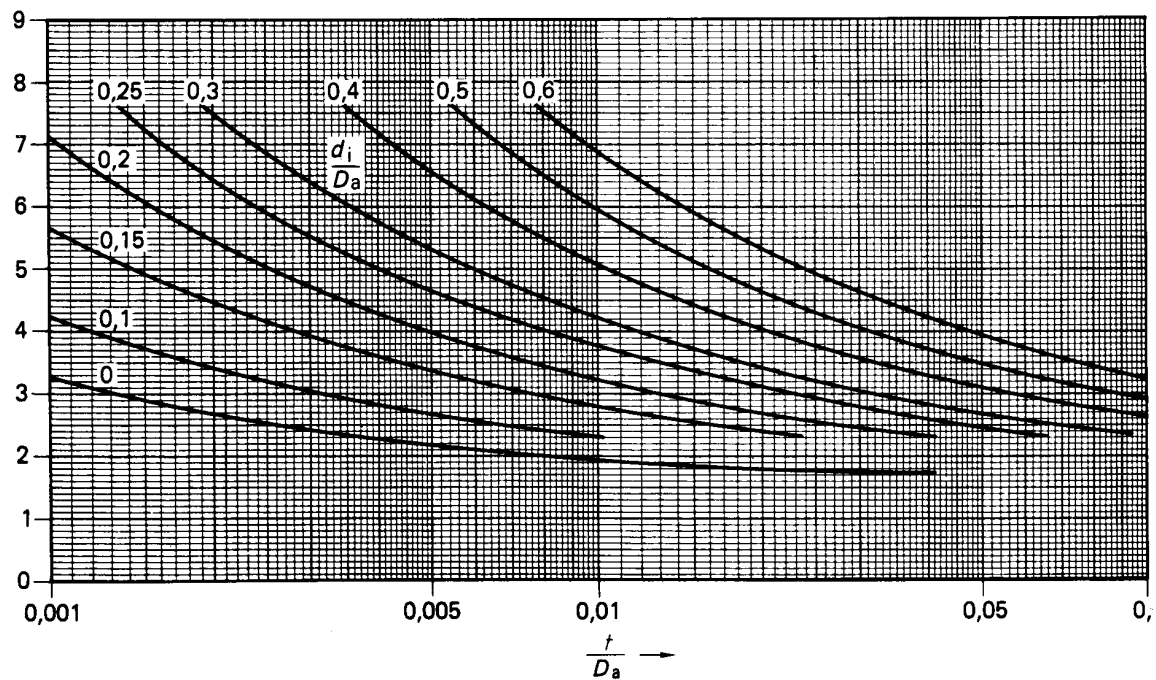


Bild 14: Berechnungsbeiwert für Korbbogenböden

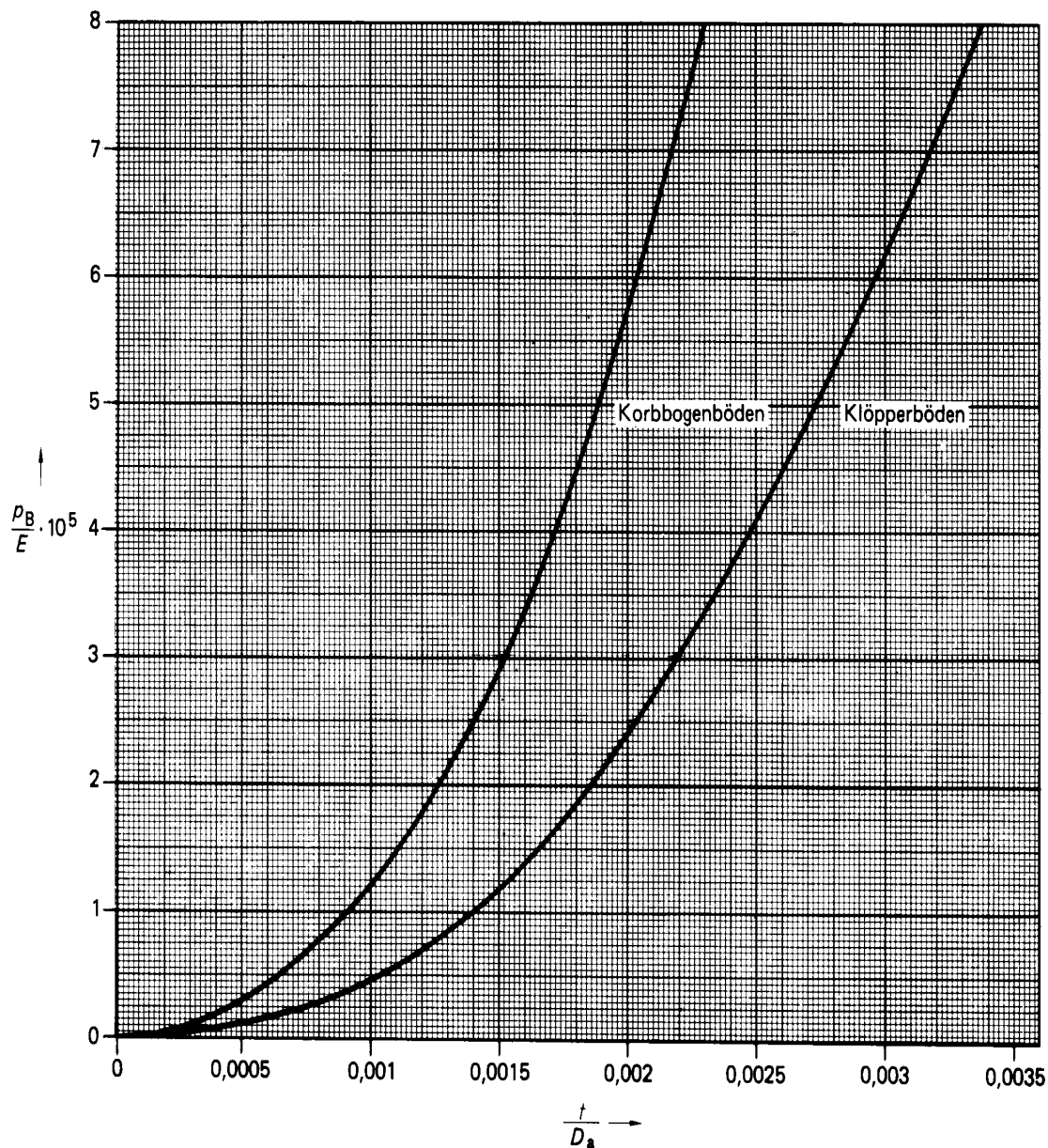


Bild 15: Bestimmung des Beuldruckes

### 5.7.5 Ausschnitte in Zylinder-, Kegel- und Kugelmänteln unter Innendruck

#### 5.7.5.1 Allgemeines

Die Regeln gelten für runde Ausschnitte in Zylinder-, Kegel- und Kugelmänteln unter Innendruck und für ihre Verstärkungen.

Diese Regeln erfassen den Bereich von  $d_i/D_a \leq 1,0$ .

ANMERKUNG: Wie die Erfahrung zeigt, treten bei großen Durchmesserhältnissen Beanspruchungen in der Ebene senkrecht zur Achse der Kapselung (Zwickelbereich) auf.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen auf diesem Gebiet reichen jedoch nicht aus, hierfür allgemeingültige Berechnungsregeln anzugeben. In der Regel führen diese Beanspruchungen jedoch zu keinen Ausfällen, sofern keine Dehnung auftritt und kein Schaden durch Lastwechsel zu erwarten ist.

Zusätzliche äußere Kräfte und Momente werden durch diese Regeln nicht erfaßt und sind deshalb getrennt zu berücksichtigen.

Für Kegelmäntel gelten diese Regeln nur, wenn die Wanddicke aus der Beanspruchung am Umfang berechnet ist.

Diese Regeln lassen plastische Verformungen bis zu 1% an den am höchsten beanspruchten Stellen während der Druckprüfung zu. Deshalb müssen Ausschnitte sorgfältig gestaltet werden. Schroffe Formänderungen sollten vermieden werden.

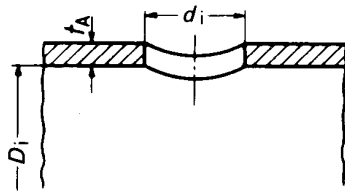


Bild 16: Verstärkung des Zylindermantels

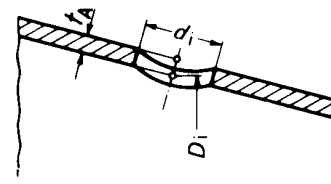
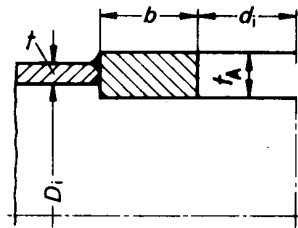
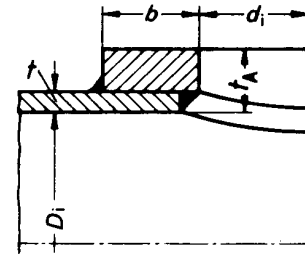


Bild 17: Verstärkung des Kegelmantels



a) Eingesetzter Verstärkungsring



b) Aufgesetzter Verstärkungsring

Bild 18: Örtliche Verstärkung durch Verstärkungsringe

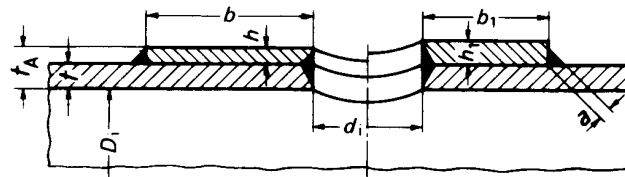
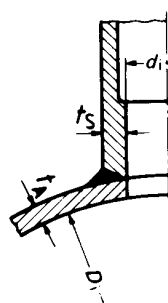
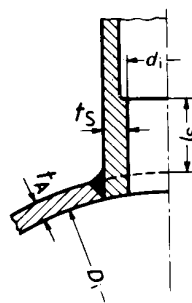


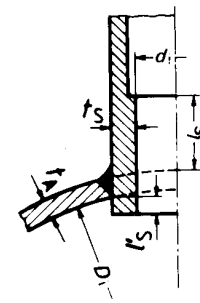
Bild 19: Scheibenverstärkung



Ausführung a)



Ausführung b)



Ausführung c)

Bild 20: Rohrstützenverstärkung

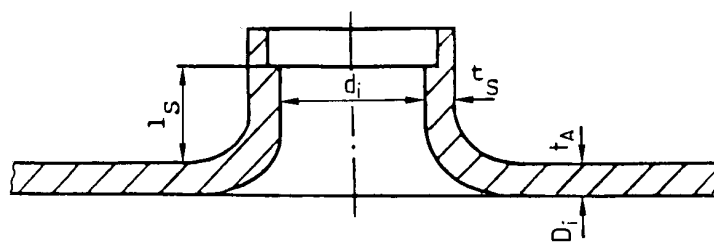


Bild 21: Ausgehalster Ausschnitt