

MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

17. Jahrgang	Ausgegeben zu Düsseldorf am 8. Juli 1964	Nummer 78
--------------	--	-----------

Inhalt

I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
23234	8. 6. 1964	RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten DIN 4240 — Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge	893
23236	8. 6. 1964	RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten DIN 4119 — Oberirdische zylindrische Tankbauwerke aus Stahl	899
23237	8. 6. 1964	RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten DIN 52612 — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät	916

23234

DIN 4 240 — Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge

RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 8. 6. 1964 — II B 1 — 2.75 Nr. 1021-64

Die Arbeitsgruppe Beton- und Stahlbetonbau (Deutscher Ausschuß für Stahlbeton) des Fachnormenausschusses Bauwesen hat die Richtlinien für die Anwendung der Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge überarbeitet und hinsichtlich des Zeitfaktors ergänzt. Außerdem wurden Angaben für den Prellhammer (Rückprallhammer) in das Normblatt aufgenommen. Das neu bearbeitete Normblatt

DIN 4 240 (Ausgabe April 1962) —

Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge; Richtlinien für die Anwendung —
Anlage

wird nach § 3 Abs. 3 der Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW) v. 25. Juni 1962 (GV. NW. S. 373 / SGV. NW. 232) als Hinweis für die Bauaufsichtsbehörden eingeführt.

Durch die Kugelschlagprüfung wird der in DIN 1045, § 6 geforderte Nachweis der Betondruckfestigkeit an Probewürfeln nicht entbehrlich. Die Kugelschlagprüfung kann daher nur als Ergänzung zu den Prüfungen mit Probewürfeln angewandt werden. Sie ist außerdem dann anwendbar, wenn die Druckfestigkeit der Probewürfel nicht ausreichend sein sollte, so daß auf das Ausstemmen von Probekörpern zur Feststellung der im Bauwerk tatsächlich vorhandenen Festigkeit des Betons gegebenenfalls verzichtet werden kann.

Meinen RdErl. v. 13. 7. 1955 (MBl. NW. S. 1417 / SMBL. NW. 23234) hebe ich auf.

Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten Technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 7. 6. 1963 (MBl. NW. S. 1119 / SMBL. NW. 2323), ist in Abschn. 5.3 entsprechend zu berichtigen.

	Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge Richtlinien für die Anwendung	DIN 4240
--	---	-----------------

1. Allgemeines

Die übliche Prüfung mit Beton-Probewürfeln, die gleichzeitig mit dem Bauwerksbeton hergestellt werden, hat den Nachteil, daß im allgemeinen die Probenanzahl nicht ausreicht zu einer gesicherten Aussage über die Betongüte, daß die Druckfestigkeit von der Größe der Probewürfel abhängt, die Prismendruckfestigkeit von der Würfeldruckfestigkeit, im allgemeinen wird nur diese ermittelt, mehr oder weniger stark abweicht und daß schließlich die Übereinstimmung der Betongüte im Bauwerk und im Probewürfel nicht ausreichend gesichert ist ¹⁾.

Man hat deshalb auf verschiedenen Wegen versucht, Verfahren zu entwickeln, die eine unmittelbare Prüfung des Betons im Bauwerk ermöglichen. Umfangreiche Versuche, die vor allem von dem Deutschen Ausschuss für Stahlbeton veranlaßt worden sind ^{2) 3)}, haben die Brauchbarkeit von Kugelschlagprüfungen nachgewiesen.

2. Zweck der Prüfung

2.1. Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Betongüte im Bauwerk.

2.2. Abschätzung der Betonfestigkeit.

3. Prüfverfahren

Bei Kugelschlagprüfungen treffen Schlaggewichte (Bärgewichte), die durch Federn oder unter der Wirkung der Erdschwere beschleunigt worden sind, mit der kugelförmigen Schlagfläche auf die Oberfläche des zu prüfenden Betons. Die Schlagenergie wird z. T. durch einen bleibenden Eindruck in der Betonoberfläche verbraucht, z. T. vorübergehend federnd gespeichert und bewirkt am Ende des Schlags einen Rücksprung des Schlaggewichts. Je größer die Festigkeit des Betons, um so kleiner ist der in bleibende Verformung der Betonoberfläche umgewandelte Anteil der Schlagenergie, um so größer ist dagegen der Rücksprung. Man erhält deshalb bei hoher Betonfestigkeit einen kleinen Durchmesser d des Kugeleindrucks und eine große Rücksprunghöhe R . Umgekehrt ist das Ergebnis bei Beton mit geringer Festigkeit. Die Rücksprunggeräte unterscheiden sich von den Kugeleindruckgeräten grundsätzlich nur durch den Einbau einer Einrichtung zum Ablesen der Rücksprunghöhe.

4. Prüfgeräte

4.1. Geräte mit Ausmessung des Kugeleindrucks:

4.1.1. Federhammer (Baumann-Steinrück) ⁴⁾

4.1.2. Pendelhammer (Einbeck) ⁵⁾

4.2. Geräte mit Anzeige der Rücksprunghöhe:

Prellhammer (E. Schmidt) ⁶⁾

Kugelschlaghammer nach Abschnitt 4.1.

Übersicht

	Federhammer		Pendelhammer	
	voller Schlag	halber Schlag	voller Schlag	halber Schlag
Schlagarbeit (kgcm)	50	12,5	137	68,5
Veränderung der Schlagarbeit durch	Spannweg der Feder 5 cm 2,5 cm		Fallwinkel 180° 90° Fallhöhe 70 cm 35 cm	
Durchmesser der Prüfkugel (mm)	10		25	
Zulässiger Durchmesser des Kugeleindrucks (mm)	3 bis 7	3 bis 7	7 bis 14	7 bis 14
Anwendbar für Würfel- druckfestigkeit W (kg/cm ²)	100 bis 600	50 bis 200	100 bis 600	50 bis 200

¹⁾ Gaede, K.: „Über die Bestimmung der Festigkeit des Betons“. B. u. St. 46 (1951), Heft 7, S. 155—159.

²⁾ Gaede, K.: „Die Kugelschlagprüfung von Beton“. Heft 107 u. 128 der Schriftenreihe des DAfStb, Berlin 1952 bzw. 1957, Wilh. Ernst & Sohn.

³⁾ Gaede, K., Schmidt, E.: „Rückprallprüfung von Beton mit dichtem Gefüge“. Heft 158 der Schriftenreihe des DAfStb, Berlin 1964, Wilh. Ernst & Sohn.

⁴⁾ Lieferung durch: Firma Karl Frank G.m.b.H., Meßwerkzeug- und Prüfmaschinenbau, Weinheim-Birkenau (Bergstraße).

⁵⁾ Lieferung durch: Herrn Karl August Einbeck, Berat. Ingenieur für das Bauwesen, Coburg, Bergstraße 7 d.

⁶⁾ Lieferung durch: Süddeutsche Spannbeton Gesellschaft m.b.H., Augsburg, Bergmühlstraße 20.

*) Frühere Ausgaben: 9.54, 11.60

Änderung April 1962:

Anwendung des Prellhammers (Abschnitt 8.) aufgenommen.
Alter Abschnitt 1.3.3. (sonstige Geräte) gestrichen.
Abschnitte neu numeriert; redaktionell überarbeitet.

5. Meßgeräte

Die erzeugten Kugeleindrücke werden bei dem Federhammer mit Meßgeräten ausgemessen, die eine Ablesung des Eindruckdurchmessers mit 0,1 mm Genauigkeit erlauben. Als zweckmäßig erwiesen haben sich handelsübliche Ableselupen mit etwa 6facher Vergrößerung, die einen Anlegemaßstab mit eingezähter Strichteilung (Teilung 0,1 mm) tragen. Der erforderliche Meßbereich ist für den Federhammer ≈ 8 mm, für den Pendelhammer ≈ 15 mm.

Bei den etwa doppelt so großen Eindrücken des Pendelhammers genügt eine geringere Ablesegenauigkeit (etwa 0,3 mm). Deshalb können hier neben Lupen auch Anlegemaßstäbe, Meßkeile u. a. benutzt werden.

Für den Prellhammer nach Schmidt sind besondere Meßgeräte nicht erforderlich.

6. Durchführung der Kugelschlagprüfung mit dem Federhammer

6.1. Geeignete Flächen

Zweckmäßig werden für die Prüfungen entschaltete, lufttrockene, möglichst ebene Flächen benutzt. Der Federhammer kann an beliebig gerichteten Flächen angesetzt werden. Die Prüffläche ist von lose anhaftenden Teilen zu reinigen und bei erheblicher Unebenheit (z. B. infolge rauher Schalung) mit einem Schmirgelstein zu glätten.

Bei sehr dünnen Betonteilen (z. B. weniger als 10 cm dicken Platten) kann die Prüfung nur mit Vorsicht angewandt werden. U. a. wird eine Nachprüfung der Auswertetafeln notwendig sein. An vorspringende Kanten sollte man mit dem Prüfhammer nicht näher als etwa 5 cm herangehen.

Die beim Betonieren offenen Oberflächen sind nicht ohne weiteres für die Prüfung mit dem Kugelschlaggerät benutzbar, weil sie vielfach mit Zementschlempen überzogen sind und bei der Erhärtung störenden Einflüssen ausgesetzt gewesen sein können. Wenn man trotzdem eine solche Fläche prüfen will, muß die oberste Schicht bis zu einer Tiefe von 5 bis 10 mm abgeschliffen werden. Hierzu sind elektrisch angetriebene Schleifgeräte geeignet. Die Schläge des Prüfgeräts sind zwischen den etwa beim Schleifen freigelegten größeren Zuschlagstoff-Körnern anzubringen. Zur Sicherung des Ergebnisses ist es in diesen Fällen geboten, Kontrollbeobachtungen z. B. durch Kugelschläge an benachbarten eingeschalteten Flächen zu machen.

Zur Verbesserung der Meßbarkeit des Kugeleindrucks kann man ein Kohlepapier auf die zu untersuchende Betonfläche legen oder diese vorher mit Kreide weißen. Ausreichend helle, möglichst seitliche Beleuchtung erleichtert das Ablesen. Ausgemessene Eindrücke werden zweckmäßig sofort mit einem Ölkreidestift gekennzeichnet.

6.2. Feststellen der Gleichmäßigkeit der Betongüte

Zum Feststellen der Betongüte eines Bauwerks sollten alle wesentlichen Bauteile an mehreren Stellen untersucht und dabei an jeder Prüffläche mindestens 20 zusammenliegende Kugeleindrücke ausgemessen werden. Damit ergibt sich zunächst ein Bild von der Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit des Betons, wobei man im letzteren Fall noch weitere Prüfflächen untersuchen wird, um einen genügend zuverlässigen Überblick zu erhalten.

6.3. Herstellen der Kugeleindrücke mit dem Federhammer

6.3.1. Einstellen der Arbeit des Hammers

Die Schlagenergie des Federhammers ist in angemessenen Zeitabständen nachzuprüfen. Der Hammer ist nötigenfalls zu justieren⁷⁾.

6.3.2. Prüfbereiche des Hammers

In der Regel sind die Prüfungen mit der Kugel von $D = 10$ mm und mit der Schlagenergie von 50 kgcm auszuführen. Die Kugeleindrücke sollen innerhalb der Grenzen von 0,30 bis 0,70 D bleiben. Schon wenn die Eindruckdurchmesser 0,65 D überschreiten, sind zusätzliche Versuche mit dem sogenannten „halben Schlag“ zu machen (halbe Federzusammendrückung, entsprechend einer Schlagenergie von 12,5 kgcm). Bei Unterschreitung von 0,35 D empfiehlt es sich, Kugeln mit kleinerem Durchmesser ($D = 7,5$ mm) zu verwenden.

6.3.3. Handhabung des Hammers

Zum Anbringen der Eindrücke ist der Kugelschlaghammer möglichst genau senkrecht auf die Betonfläche zu setzen. Durch langsam, stetig gesteigerten Druck auf das halbkugelförmige Ende ist der Hammer so weit herunterzudrücken, bis die Feder ausgelöst wird und den Schlag ausübt. Die Eindrücke sind möglichst gleichmäßig über die Fläche zu verteilen. Erkennbare Fehlstellen, Grobporen, Nester, gröbere Steine sind zu vermeiden. Die Eindrücke sollen mindestens 3 bis 4 cm von den Kanten und 2 cm — von Mitte zu Mitte gemessen — von den nächsten Eindrücken entfernt sein.

6.4. Ablesen der Eindruckdurchmesser

Die Durchmesser der Kugeleindrücke sind mit einer Genauigkeit von 0,1 mm abzulesen, und zwar in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Wenn die beiden Durchmesser eines Eindrucks mehr als 20 % voneinander abweichen, soll der Eindruck nicht berücksichtigt werden. Das Mittel der gemessenen Werte ist in den Prüfbericht aufzunehmen. Auffallend kleine Eindrücke — kleiner als etwa $\frac{2}{3}$ des Mittels —, die z. B. durch das Auftreffen auf einen größeren Stein des Zuschlagstoffes bedingt sind, werden nicht berücksichtigt, ebenso ausgebrochene unscharfe Kugeleindrücke.

6.5. Abschätzen der Würfeldruckfestigkeit W nach dem Durchmesser d des Kugeleindrucks

Die in der Tabelle 1 angegebenen W - d -Werte für den Kugelschlagfederhammer gelten für Beton mit dichtem Gefüge und für waagrecht geführten Schlag. Wegen des Einflusses der Schwere ist, wenn der Schlag von oben nach unten geführt wird, bei den W -Werten ein Zuschlag von 5 % zu machen, wenn der Schlag von unten nach oben geführt wird, ein Abzug von 5 %. Bei Anwendung des halben Schlages sind die Zuschläge und Abzüge zu verdoppeln.

Für den bei Untersuchung einer Betonfläche festgestellten Eindruckdurchmesser d (als Mittel aus etwa 20 Eindrücken) gibt die Tabelle 1 den Mittelwert der zu erwartenden Würfeldruckfestigkeit W_M an, der dem Mittelwert der nach DIN 1048, Ausgabe 1943 X, § 8, Abschnitt 6, ermittelten Würfeldruckfestigkeit entspricht. Diese Festigkeit wird mit 50 % Wahrscheinlichkeit erreicht, d. h. ebenso oft überschritten wie unterschritten.

Im Hinblick auf die Streuung der Einzelbeobachtungen ist in Tabelle 1 noch ein Festigkeitswert $W_{90/10}$ angegeben, der mit hoher Wahrscheinlichkeit (90 %) erreicht oder überschritten wird. Nur in 10 % aller Fälle würde man damit rechnen müssen, daß die tatsächliche Würfeldruckfestigkeit noch (um einen im allgemeinen nur geringen Betrag) niedriger ausfällt.

⁷⁾ Eine Anweisung hierzu ist in Heft 107 der Schriftenreihe des DAfStb S. 17 bis 23 enthalten oder kann von der Herstellerfirma bezogen werden. Wegen der Schwierigkeit des Justierens empfiehlt es sich, hiermit die Herstellerfirma oder eine Materialprüfanstalt zu beauftragen.

Ist zum Beispiel an einer etwa 28 Tage alten Betonprobe mit dem Federhammer (voller Schlag) der mittlere Durchmesser der Kugeleindrücke mit 5,1 mm ermittelt worden, so liest man aus der Tabelle 1 ab: wahrscheinlichster Wert der Würfeldruckfestigkeit (W_{Mittel}): 300 kg/cm²; mit ausreichender Wahrscheinlichkeit (90 %) ist die Festigkeit mindestens 230 kg/cm² ($W_{90\%/0}$). Es handelt sich somit wahrscheinlich um Beton B 300, mindestens wird aber die Güte B 225 erreicht sein. Eine solche Angabe wird für die meisten in der Ausführung vorkommenden Fälle genügen.

Im übrigen sollte man bei der Beurteilung des Betons stets auch die durch Augenschein festzustellende äußere Beschaffenheit heranziehen. Bei schlecht verarbeitetem Beton mit erkennbaren Mängeln, wie ungleichmäßiger Zusammensetzung und Verdichtung, Nesterbildung, schlechter Kornform usw. wird man von den aus den Tabellen entnommenen Festigkeiten Abzüge machen müssen. Umgekehrt kann die Druckfestigkeit bei besonders gut zusammengesetztem und verarbeitetem Beton über den Tabellenwerten liegen. Da ferner die Oberflächenhärte mit der Zeit stärker zunimmt als die Druckfestigkeit⁸⁾, bedürfen die Werte der Tabelle 1 auch einer Korrektur, wenn das Prüfalder eines an der Luft erhärteten Betons weniger als 28 Tage oder mehr als etwa 2 Monate beträgt; dazu sind die Werte nach Tabelle 1 mit dem vom Alter „t“ des Betons abhängigen Zeitfaktor α_t gemäß Tabelle 2 zu vervielfachen.

Man kann die Berichtszahl α_t dadurch überprüfen, daß man an einer mit dem Hammer geprüften Stelle den Beton rd. 5 bis 10 mm tief abschleift und die Probe an der so gewonnenen Fläche wiederholt. α_t ist das Verhältnis der Würfeldruckfestigkeiten W_{Mn} und W_{Mv} nach Tabelle 1 für die Kugeleindrücke nach und vor dem Abschleifen. Diese Überprüfung sollte mindestens noch einmal an einer anderen Stelle des Bauwerks wiederholt werden.

Tabelle 1. Prüfung mit dem Federhammer

Würfeldruckfestigkeit W von etwa 28 bis 60 Tage altem Beton in Abhängigkeit von dem Durchmesser d des Kugeleindrucks

Eindruck- durch- messer d mm	Voller Schlag		Halber Schlag	
	Mittel- festigkeit W_M kg/cm ²	Mindest- festigkeit $W_{90\%/0}$ kg/cm ²	Mittel- festigkeit W_M kg/cm ²	Mindest- festigkeit $W_{90\%/0}$ kg/cm ²
4,0	840	700	210	180
4,1	760	630	190	160
4,2	690	560	170	140
4,3	620	500	150	130
4,4	560	450	130	120
4,5	510	410	120	100
4,6	470	370	100	90
4,7	430	340	90	80
4,8	390	310	80	70
4,9	360	280	70	60
5,0	330	250	65	55
5,1	300	230	60	50
5,2	280	210	55	40
5,3	260	190	50	35
5,4	240	170	45	—
5,5	220	160	40	
5,6	200	140		
5,8	180	120		
6,0	160	100		
6,2	140	80		
6,4	120	60		
6,6	105	50		
6,8	95	—		
7,0	80			

Angegeben ist der zu erwartende Mittelwert „ W_M “ und die mit 90 % Wahrscheinlichkeit mindestens vorhandene Druckfestigkeit „ $W_{90\%/0}$ “. Die Werte gelten für waagerechten Schlag, wegen der Korrekturwerte für abweichende Schlagrichtung siehe Abschnitt 6.5., 1. Absatz.

Tabelle 2. Zeitfaktor α_t

Alter t in Tagen	α_t	Alter t in Tagen	α_t
10	1,20	200	0,86
20	1,04	300	0,78
30	1,00	500	0,70
50	0,98	1000	0,63
100	0,95	> 1000	0,60
150	0,91		

6.6. Beton einer durch die Tabelle 1 nicht erfaßten Art

Die Werte der Tabelle 1 sind gewonnen an Probewürfeln eines dichten Schwerbetons im Alter von rund 28 Tagen. Sie können deshalb nur auf gleichartige Betonarten in etwa demselben Alter übertragen werden. Deshalb muß man bei Beton besonderer Art (z. B. mit Dampfhärtung, mit porenbildenden Zusätzen usw.) oder auch bei der Prüfung des Betons in einem von 28 Tagen erheblich abweichenden Alter von Fall zu Fall selber durch Herstellen und Prüfen von Probewürfeln Wertepaare für Kugeleindruckdurchmesser und Würfeldruckfestigkeiten gewinnen und danach Zahlen- oder zeichnerische Tabellen entwickeln. Dabei wird es sich meist um enge Grenzen der Betongüten handeln. Für die Auswertung kann die vereinfachte Gleichung

$$W = C \cdot (d_i D)^{-4}$$

benutzt werden, deren Festwert C als arithmetisches Mittel der aus den Einzelversuchen (d_i und W_i) errechneten Werte:

$$C_i = W_i \cdot (d_i D)^4$$

ermittelt wird.

7. Durchführung der Kugelschlagversuche mit dem Pendelhammer

7.1. Geeignete Flächen

Es gelten dieselben Bedingungen wie für den Federhammer (Abschnitt 6.1.) mit der Einschränkung, daß für den Pendelhammer nur senkrechte Flächen verwendbar sind, wobei oberhalb der Prüffläche genügend Platz zum Anheben des Hammers vorhanden sein muß.

7.2. Feststellen der Gleichmäßigkeit der Betongüte wie Abschnitt 6.2.

7.3. Herstellen der Kugeleindrücke mit dem Pendelhammer

7.3.1. Überwachung der Arbeit des Hammers

Dem Gerät muß eine Bescheinigung darüber beigegeben sein, daß durch Wägung und Bestimmung der Schwerpunkt-lage des Pendels dessen Schlagarbeit beim vollen Schlag (180°) dem Soll von 137 kgcm entspricht. Weil eine Änderung dieser Arbeit bei ordnungsgemäßer Benutzung nicht zu erwarten ist, ist nur auf eine leichte, zwangungsfreie Beweglichkeit des Pendels zu achten.

7.3.2. Prüfbereiche des Hammers

In der Regel sind die Versuche mit einer Kugel von $D = 25$ mm und mit der Schlagenergie von 137 kgcm (Fallwinkel 180°) auszuführen. Die Kugeleindrücke sollen innerhalb der Grenzen von 0,30 bis 0,70 D bleiben.

⁸⁾ Gaede, K.: „Kugelschlagprüfung von Beton mit dichtem Gefüge, Einfluß des Prüfalters“. Heft 128 der Schriftenreihe des DAfStb, Berlin 1957, Wilh. Ernst & Sohn.

Schon wenn die Eindruckdurchmesser größer als $0,65 D$ werden, sind zusätzliche Versuche mit dem sogenannten „halben Schlag“ (Fallwinkel 90° entsprechend einer Schlagenergie von $68,5 \text{ kgcm}$) zu machen. Bei Unterschreitung von $0,35 D$ empfiehlt es sich, Kugeln mit einem kleineren Durchmesser ($D = 15 \text{ mm}$) zu verwenden.

7.3.3. Handhabung des Hammers

Der Pendelhammer besteht aus einer Haltegabel, in der ein Pendel mit einem etwa 2 kg schweren Gewicht gelagert ist. An diesem Gewicht ist eine gehärtete Stahlkugel durch eine Überwurfmutter befestigt.

Zur Herstellung von Kugeleindrücken wird die Gabel fest an die zu prüfende senkrechte Betonfläche gedrückt und das Pendel aus der höchsten oder aus der waagerechten Stellung losgelassen. Die Schlagarbeit ist dann 137 kgcm bzw. $68,5 \text{ kgcm}$. Der Hammer soll nach Aufschlag mit der Hand vor nochmaligem Auftreffen aufgefangen werden.

Der halbe Schlag kann auch auf waagerechte Flächen ausgeübt werden. Dabei wird das Pendel aus der senkrechten Stellung betätigt.

7.4. Ablesen der Eindruckdurchmesser

Wie beim Federhammer sollen in der Regel die Durchmesser des Kugeleindrucks in der Waagerechten und der Senkrechten abgelesen und gemittelt werden (Abschnitt 6.4.).

Tabelle 3. Prüfung mit dem Pendelhammer

Würfeldruckfestigkeit W von etwa 28 bis 90 Tage altem Beton in Abhängigkeit von dem Durchmesser d des Kugeleindrucks.

d mm	Voller Schlag		Halber Schlag	
	W_{Mittel} kg/cm ²	$W_{90\%}$ kg/cm ²	W_{Mittel} kg/cm ²	$W_{90\%}$ kg/cm ²
7,0	790	700	Angegeben ist der zu erwartende Mittelwert „ W_{Mittel} “ und die mit 90 % Wahrscheinlichkeit mindestens vorhandene Druckfestigkeit „ $W_{90\%}$ “.	
7,2	710	610		
7,4	640	550		
7,6	580	500		
7,8	520	450		
8,0	480	410	150	130
8,2	430	370	140	120
8,4	390	330	130	110
8,6	360	300	120	100
8,8	330	270	115	95
9,0	300	240	110	90
9,2	280	220	100	85
9,4	260	200	95	80
9,6	240	180	90	70
9,8	220	160	80	65
10,0	200	140	75	60
10,2	190	130	70	55
10,4	175	120	70	50
10,6	160	110	65	50
10,8	150	100	60	45
11,0	140	90	60	45
11,2	130	80	55	40
11,4	120	70	50	35
11,6	115	60	50	35
11,8	105	55	45	30
12,0	100	50	40	30

Bei nicht ganz einwandfreier Handhabung kommt es vor, daß die angedrückten Spitzen der Haltegabel im Augenblick des Auftreffens der Kugel etwas rutschen. Dadurch entsteht in der senkrechten Richtung ein größerer Durchmesser des Eindrucks als in der Waagerechten. In diesem Fall ist nur der Durchmesser in der Waagerechten zu verwenden. Wenn der Durchmesser in der Waagerechten erheblich von dem senkrechten Durchmesser abweicht (mehr als $20 - 30 \%$), sollte der Eindruck nicht berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Meßgeräte gilt Abschnitt 5.

7.5. Abschätzen der Würfeldruckfestigkeit W nach dem Durchmesser d des Kugeleindrucks

Für den bei Untersuchung eines etwa 28 Tage alten Betons mit dichtem Gefüge festgestellten Eindruckdurchmesser d (als Mittel aus etwa 20 Eindrücken) gibt die Tabelle 3 den wahrscheinlichen Mittelwert der zu erwartenden Würfeldruckfestigkeit W_M und den $W_{90\%}$ -Wert an. $W_{90\%}$ ist die Festigkeit, die mit hoher (90%iger) Wahrscheinlichkeit mindestens erreicht wird. Wegen der weiteren Erläuterungen, des Einflusses des Prüfalters (für den ebenfalls Tabelle 2 gilt) und wegen des Vorgehens bei Betonarten, die durch die Tabelle 3 nicht erfaßt werden, u. a. m. wird auf Abschnitt 6.5. bis 6.6. verwiesen, die sinngemäß auch hier gelten.

8. Anwendung des Prellhammers (Rückprallhammers) nach Schmidt

8.1. Geeignete Flächen

Für die Auswahl der Prüfflächen gelten die in Abschnitt 6.1. gemachten Hinweise.

8.2. Feststellen der Gleichmäßigkeit der Betongüte

Auch den Rückprallhammer sollte man zunächst zur Gewinnung eines Überblicks über die Gleichmäßigkeit des Betons im Bauwerk benutzen (vgl. Abschnitt 6.2.).

8.3. Durchführung der Rückprallprobe

8.3.1. Überprüfung des Geräts

Der Prellhammer ist in angemessenen Zeitabständen, die von der Häufigkeit der Benutzung und den Lagerungsbedingungen des Geräts abhängen, nachzuprüfen und nötigenfalls zu justieren. Wegen der Schwierigkeit des Justierens empfiehlt es sich, damit die Lieferfirma oder eine Materialprüfanstalt zu beauftragen.

8.3.2. Prüfbereiche des Hammers

Wegen der erheblichen Streuungen der Ergebnisse kann der Prellhammer bei Rückprallwegen von weniger als etwa 20% , also bei Beton mit einer Druckfestigkeit von weniger als $\approx 100 \text{ kg/cm}^2$, nicht mit Nutzen angewandt werden.

8.3.3. Handhabung des Prellhammers

Der Prellhammer ist mit dem weit herausragenden Schlagbolzen möglichst genau senkrecht auf die Betonfläche aufzusetzen und durch stetig gesteigerten Druck auf den hinteren Deckel auszulösen. In der so erreichten Stellung kann der durch den Zeiger angezeigte Rückprallweg R an der Skale abgelesen werden. Meist ist es zweckmäßiger, die Zeigerstellung durch Eindrücken des Druckknopfes zu fixieren, den Hammer von der Prüffläche wegzunehmen und den Weg R in beliebiger Lage des Hammers abzulesen.

8.3.4. Verteilung der Prüfschläge

An jeder Prüffläche sollten etwa 10 bis 20 Prüfschläge ausgeführt werden. Die Schläge sind möglichst gleichmäßig auf die Prüffläche zu verteilen mit gegenseitigen Abständen von mindestens etwa 3 bis 4 cm. Die einzelne Prüfstelle erfordert also eine Fläche von mindestens etwa $1 \text{ bis } 2 \text{ dm}^2$.

8.4. Abschätzen der Würfeldruckfestigkeit W nach dem Rückprall R des Prellhammers

Aus den Einzelwerten der Prellhammeranzeigen sind das arithmetische Mittel und die mittlere quadratische Abweichung zu bestimmen.

In der Tabelle 4 sind die Mittelwerte W_M der Betonwürfel-druckfestigkeit angegeben, die bei den zugehörigen Rückprallwerten R_M erwartet werden dürfen. Dabei ist R_M der Mittelwert von 10 bis 20 an einer Prüffläche erhaltenen Rückprallwerten. Außerdem ist für dieselben R_M -Werte eine $W_{90/0}$ -Festigkeit angegeben, die auf Grund der Versuche mit großer Wahrscheinlichkeit (90 %) mindestens erreicht oder überschritten wird. Nur in 10 % aller Fälle würde man damit rechnen müssen, daß die tatsächliche Druckfestigkeit noch niedriger ausfällt.

8.5. Berücksichtigung der Schlagrichtung

Die Tabelle 4 gilt für Schlag aus der Waagerechten auf eine senkrechte Prüffläche ($\varphi = 0^\circ$). Abweichende Schlagrichtungen φ sind durch einen Zuschlag ΔR_φ zu dem

Tabelle 4. Prüfung mit dem Prellhammer

Würfeldruckfestigkeit W von etwa 28 Tage altem Beton in Abhängigkeit von dem mittleren Rückprallwege R_M bei waagerechtem Schlag

W_M = zu erwartender Mittelwert

$W_{90/0}$ = mit etwa 90 % Wahrscheinlichkeit mindestens zu erwartende Festigkeit

R_M %	W_M kg/cm ²	$W_{90/0}$ kg/cm ²
20	110	60
21	120	60
22	130	70
23	140	80
24	150	90
25	160	90
26	170	100
27	190	120
28	200	130
29	220	140
30	230	150
31	250	170
32	270	190
33	290	210
34	310	230
35	330	250
36	350	270
37	370	280
38	390	300
39	410	320
40	430	340
41	450	360
42	470	380
43	490	400
44	510	420
45	530	440
46	550	460
47	570	470
48	590	490
49	610	510
50	630	530

abgelesenen Rückprall R_φ zu berücksichtigen. Bei der Benutzung der Tabelle 4 ist der korrigierte R -Wert:

$$R_{(\varphi = 0)} = R_\varphi + \Delta R_\varphi$$

einzusetzen. Die ΔR_φ -Werte können aus der Tabelle 5 entnommen werden. φ ist der Winkel zwischen der Waagerechten und der Schlagrichtung, positiv beim Schlag nach oben.

Tabelle 5. Zuschläge ΔR_φ zur Berücksichtigung der Schlagrichtung

φ°	+90	+60	+30	-30 bis -90
R	-7	-5	-3	+2
30	-6	-4	-2	+2
40	-5	-3	-2	+2
50	-4	-3	-2	+2
60	-3	-2	-1	+1

8.6. Berücksichtigung des Prüfalters

Es gelten die Hinweise des Abschnitts 6.5.

8.7. Beton einer durch die Tabellen 4 und 5 nicht erfaßten Art

Der Abschnitt 6.6. gilt sinngemäß auch für den Rückprallhammer. Abweichend davon kann für die Beziehung zwischen dem Rückprall R und der Würfeldruckfestigkeit W die Gleichung:

$$W = a + b \cdot R$$

benutzt werden. Die Festwerte a und b werden aus n Versuchswertepaaren W_i und R_i nach den Regeln der vermittelnden Ausgleichung berechnet.

$$a = \frac{[R_i] [R_i \cdot W_i] - [W_i] [R_i \cdot R_i]}{D}$$

$$b = \frac{[R_i] [W_i] - n [R_i \cdot W_i]}{D}$$

$$D = [R_i]^2 - n [R_i \cdot R_i]$$

Hierin ist $[\]$ das Summenzeichen, D die für beide Unbekannten geltende Nennerdeterminante.

9. Nachprüfung der Ergebnisse

In wichtigen Fällen und überall dort, wo aus irgendwelchen Gründen Zweifel an der Zuverlässigkeit des Ergebnisses bestehen, sollte man sich nicht ausschließlich auf das Ergebnis der Kugelschlagprüfung verlassen, sondern möglichst noch andere Vergleichsprüfungen einschalten, insbesondere

1. Die übliche Güteprüfung mit gleichzeitig mit dem Bau hergestellten Probewürfeln oder sonstigen Probekörpern,
2. Bestimmung des Raumgewichtes (trocken) und der Zusammensetzung des Betons an herausgestemmtten — kleinen — Stücken und Berechnung der wahrscheinlichen Betonfestigkeit aus diesen Bestimmungsgrößen^{*)},
3. Entnahme von Probewürfeln oder -zylindern aus dem Bauwerk und Prüfung der Festigkeit. Für das Gewinnen von Probezylindern unmittelbar aus dem Bauwerk stehen seit einiger Zeit elektrische Bohrmaschinen mit Diamant-Bohrkronen zur Verfügung,
4. Die Proben zu 2. und 3. werden zweckmäßig an Stellen des Bauwerks entnommen, an denen nach den Kugeleindrücken besonders guter, mittlerer und besonders schlechter Beton zu erwarten ist.

Mit den Ergebnissen dieser Versuche wird man die in Tabelle 1, 3 oder 4 angegebenen Werte vergleichen und nötigenfalls für den vorliegenden Fall berichtigen.

Durch derartige Vergleichsprüfungen wird es selbst unter schwierigen Verhältnissen möglich sein, den Aussagen über die Betonfestigkeit eine ausreichende Sicherheit zu geben.

^{*)} Gaede, K. und Kirtschig, K.: „Zur nachträglichen Bestimmung der Zusammensetzung von Mörtel oder Beton“. Tonindustriezeitung 84 (1960) H. 17, S. 417/21 und H. 20, S. 492/98.

23236

DIN 4 119 — Oberirdische zylindrische Tankbauwerke aus Stahl

RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 8. 6. 1964 —
II B 1 — 2.780 Nr. 982/64

1. Die von der Arbeitsgruppe Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB) des Fachnormenausschusses Bauwesen aufgestellten Normblätter

Anlage 1 **DIN 4 119 Blatt 1** (Ausgabe Oktober 1961 x) —
Oberirdische zylindrische Tankbauwerke
aus Stahl; Berechnungsgrundlagen — Anlage 1
und

Anlage 2 **DIN 4 119 Blatt 2** (Ausgabe Oktober 1961 x) —
Oberirdische zylindrische Tankbauwerke
aus Stahl; Erklärungen und Hinweise zu
den Berechnungsgrundlagen — Anlage 2

werden nach § 3 Abs. 3 der Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW) vom 25. Juni 1962 (GV. NW. S. 373 / SGV. NW. 232) bauaufsichtlich eingeführt, und zwar DIN 4 119 Blatt 1 als Richtlinie und DIN 4 119 Blatt 2 als Hinweis für die Bauaufsichtsbehörden.

2. Zu Abschn. 1.2 des Normblattes DIN 4 119 Blatt 1 wird bestimmt, daß für außergewöhnliche Tankbauwerke Abweichungen von den Richtlinien in DIN 4 119 Blatt 1 nur zulässig sind, wenn ein Prüfamts für Baustatik die statische Berechnung geprüft hat und die Abweichungen für vertretbar hält.
3. Die Normblätter DIN 4 119 Blatt 1 und 2 sind mit diesem RdErl. in das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen Anlage zum RdErl. v. 7. 6. 1963 (MBl. NW. S. 1119 / SMBl. NW. 2323), in Abschn. 7 aufzunehmen.
4. Die Regierungspräsidenten werden gebeten, auf diesen RdErl. in den Regierungsamtsblättern hinzuweisen.

Oberirdische zylindrische Tankbauwerke aus Stahl

Berechnungsgrundlagen

DIN 4119

Blatt 1

Inhalt

Vorbemerkung

Geltungsbereich, mitgeltende Bestimmungen, einheitliche Bezeichnungen

1. Geltungsbereich

- 1.1. Allgemeines
- 1.2. Mögliche Ausnahmen

2. Mitgeltende Bestimmungen

3. Einheitliche Bezeichnungen und Formelzeichen

Werkstoffe und Herstellung

4. Werkstoffe für Böden, Tankmäntel und Dächer

- 4.1. Allgemeines
- 4.2. Baustähle und Kesselbleche
- 4.3. Sonstige Stähle

5. Herstellung

- 5.1. Allgemeines
- 5.2. Geschweißte Tanke
- 5.3. Genietete Tanke

Allgemeine Berechnungsgrundsätze

6. Lastannahmen

- 6.1. Hauptlasten
- 6.2. Zusatzlasten

7. Festigkeits- und Stabilitätsnachweis

Besondere Bemessungsregeln

8. Gründung

9. Boden und Bodenecke

- 9.1. Mindestdicke des Bodenbleches
- 9.2. Statischer Nachweis

9.3. Verankerung der Bodenecke

9.4. Zulässiger Durchhang

10. Mantelbleche

- 10.1. Mindestdicke der Mantelschüsse
- 10.2. Spannungsnachweis
- 10.3. Beulnachweis des Tankmantels

11. Obere Randaussteifung des Mantels

- 11.1. Dach-Eckring bei festem Dach
- 11.2. Oberer Versteifungsring bei Tanken mit Schwimmdach

12. Feste Dächer

- 12.1. Übersicht über die Dachkonstruktionen
- 12.2. Dachhaut
- 12.3. Unversteifte Schalen
- 12.4. Konstruktionen mit Gespärre in der Dachfläche
- 12.5. Konstruktionen mit Binderespärren oder mit Innenstützen

13. Schwimmdächer

- 13.1. Ausführungen
- 13.2. Schwimmfähigkeit
- 13.3. Dach im Schwimmzustand
- 13.4. Dach im abgesetzten Zustand
- 13.5. Blechdicke

14. Zulässige Spannungen und Sicherheitsgrade

- 14.1. Zulässige Spannungen
 - 14.1.1. Für den Mantel
 - 14.1.2. Für die übrigen Bauteile
- 14.2. Erforderliche Sicherheitsgrade bei Stabilitätsuntersuchungen

15. Korrosionsschutz

Vorbemerkung

Entwurf, Berechnung und Ausführung der Stahlbauteile von Tankbauwerken erfordern eine gründliche Kenntnis des Stahl- und Behälterbaues und seiner anerkannten Regeln. Deshalb darf der Bauherr nur solche Fachleute und Unternehmer damit beauftragen, die diese Kenntnis besitzen und eine sorgfältige Ausführung gewährleisten (vgl. RStGB §§ 222, 230, 330 und 367 Ziff. 14 und 15, und BGB § 831).

Geltungsbereich, mitgeltende Bestimmungen, einheitliche Bezeichnungen

1. Geltungsbereich

1.1. Allgemeines

Die nachfolgenden Richtlinien sowie die Hinweise und Erläuterungen in DIN 4119 Blatt 2 beziehen sich nur auf den statischen Nachweis und die bauliche Durchbildung von senkrecht stehenden, oberirdischen, kreiszylindrischen Behältern mit voll aufliegendem Boden und feststehendem Dach oder Schwimmdach.

1.2. Mögliche Ausnahmen *)

Für außergewöhnliche Tankbauwerke können besondere von diesen Richtlinien abweichende Regelungen getroffen werden. Sie bedürfen aber in jedem Einzelfalle der Genehmigung der zuständigen Bauaufsichtsbehörde.

2. Mitgeltende Bestimmungen

a) Bei Anwendung dieser Richtlinien sind außerdem noch folgende Normen und Vorschriften mit den zugehörigen Einführungserlassen zu beachten:

- | | |
|----------|--|
| DIN 1000 | Stahlhochbauten; Ausführung |
| DIN 1050 | Stahl im Hochbau; Berechnung und bauliche Durchbildung |
| DIN 1054 | Gründungen; zulässige Belastung des Baugrundes |
| DIN 1055 | Lastannahmen für Bauten |
| DIN 1080 | Zeichen für statische Berechnungen im Bauingenieurwesen |
| DIN 4100 | Geschweißte Stahlhochbauten; Berechnung und bauliche Durchbildung |
| DIN 4114 | Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung); Berechnungsgrundlagen |

*) vgl. Nr. 2 des vorstehenden RdErl.

x Januar 1964:

Auf Seite 2, Spalte 2 hinter den zusammenfassenden Klammern „in kg/m² Grundfläche“ in „bezogen auf die Grundfläche“ und „in kg/m²“ in „bezogen auf die Schalenfläche“ berichtigt.

- DIN 8560 Prüfung von Handschweißern für das Schweißen von Stahl
 DIN 17 100 Allgemeine Baustähle; Gütevorschriften
 DIN 17 155 Kesselbleche
 DIN 50 049 Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen
 DIN 55 928 Schutzanstrich von Stahlbauwerken; Richtlinien

Vorläufige Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten.

b) Ferner sind erforderlichenfalls zu beachten:

- DIN 1045 Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton
 DIN 1047 Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton
 DIN 1053 Mauerwerk; Berechnung und Ausführung
 DIN 1605 Mechanische Prüfung der Metalle
 „Unfallverhütungsvorschriften Druckbehälter“ der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie
 Sammlung der AD-Merkblätter der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD)

c) Technische Vorschriften über brennbare Flüssigkeiten (TVbF): Diese Vorschriften gelten besonders für die erforderliche Ausrüstung der Tanke, z. B. Explosionssicherungen, Be- und Entlüftungs- sowie Feuerlöscheinrichtungen, Flüssigkeitsstandanzeiger, Absperrorgane, Blitzschutzanlagen und dgl.

3. Einheitliche Bezeichnungen und Formelzeichen

Außer den im Stahlbau allgemein üblichen Bezeichnungen nach DIN 1080 und den in DIN 4100 und DIN 4114 enthaltenen besonderen Bezeichnungen und Formelzeichen für geschweißte Bauteile und Stabilitätsfälle sind bei Tanken zu verwenden:

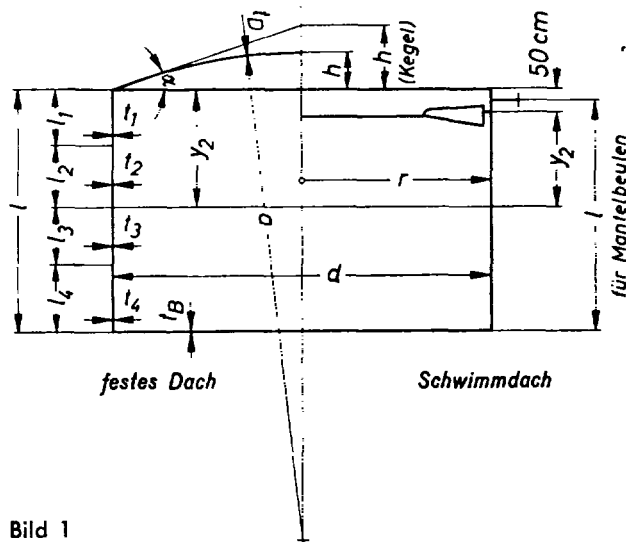


Bild 1

- r = Mantelhalbmesser ¹⁾
 d = Manteldurchmesser ¹⁾
 l = Länge (Höhe des Mantels)
 l_1, l_2, l_3 usw. = Schußlängen des Mantels (Zählung oben beginnend)
 t_1, t_2, t_3 usw. = zugehörige Wanddicken der Mantelschüsse

¹⁾ Da die Wanddicke $t \ll r$ ist, wird kein Unterschied zwischen Innen- und Außenhalbmesser (Durchmesser) gemacht.

t_B = Dicke des Bodenrandbleches

t_D = statisch wirksame Dicke der Dachhaut nach Abschnitt 12.2.2.

a = Krümmungshalbmesser eines Kugelsegmentdaches bzw. örtlicher Krümmungshalbmesser eines Kegeldaches am Dachrand

ϱ = Halbmesser des Kronenringes (System)

h = Dachhöhe (Pfeilhöhe)

f = Bodendurchhang

α = Neigungswinkel eines Kugelsegment- oder Kegeldaches am Rand

γ = Wichte der Gebrauchsfüllung in Mp/m^3

l_B = erzwungene Beulenlänge im Dachblech

l_M, l_D = Breite eines am Dach-Eckring dicker gewählten Mantelblech- bzw. Dachblechstreifens

b_M, b_D = mittragende Breiten von Mantel und Dachhaut bei Berechnung des Eckringes

b'_D = mittragende Breite der Dachhaut bei Berechnung der Profilwerte der Gespärrestäbe bei verbundenen Gespärren

g_H = Gewicht der Dachhaut

g_R = Gewicht der Rippen (einschließlich der Anteile der übrigen Teile des Gespärres)

p = Verkehrslasten nach Abschnitt 6.1.2. bzw. 6.2.2.

$q = g_H + g_R + p$ = Gesamtlast des Daches

p_R = Belastung des Gespärres (Rippen)

p_{BM} = praktischer Beuldruck des Mantels

p_B = Beuldruck der unterstützten Dachhaut

p_D = Druck beim Durchschlagen unverteilter Schalen

p_{Di} = Druck beim idealen Durchschlagen von Dachkonstruktionen mit Gespärre in der Dachfläche

ν = Sicherheitsgrad

R = Ringkraft im Dach-Eckring oder Kronenring

n = Anzahl der Rippen (am Umfang).

bezogen auf die Grundfläche

bezogen auf die Schalenfläche

Werkstoffe und Herstellung

4. Werkstoffe für Böden, Tankmäntel und Dächer

4.1. Allgemeines

Die Stähle müssen bei der Verarbeitung und im Betrieb den sicherheitstechnischen Anforderungen, insbesondere an die Schweißbarkeit genügen.

4.2. Baustähle und Kesselbleche

4.2.1. Geschweißte Tanke

Bei geschweißten Tanken ist der Forderung in Abschnitt 4.1. genügt, wenn Stähle nach

- DIN 17 100 Allgemeine Baustähle:
 RSt 34, RSt 37
 St 34-2, St 37-2, RSt 42-2
 St 34-3, St 37-3, St 42-3 und St 52-3
 oder

- DIN 17 155 Kesselblech:
 HI und HII

verwendet werden, wobei folgende obere Begrenzungen der Wanddicken (Tabelle 1) beachtet sein sollen:

Tabelle 1. Begrenzung der Wanddicken

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Stahlsorte und Gütegruppe	unberuhigt warmgewalzt unbehandelt mm	normal- geglüht mm	beruhigt warmgewalzt unbehandelt mm	normal- geglüht mm
1	DIN 17 100: RSt 34, RSt 37	—	—	10	12,5
2	St 34-2, St 37-2	12,5	15	20	25
3	RSt 42-2	—	—	20	25
4	St 34-3, St 37-3 St 42-3, St 52-3	—	—	—	30
5	DIN 17 155: H I, H II	—	—	—	30

Diese Begrenzungen der Wanddicken sind im Hinblick auf nichtwarmbehandelte Schweißverbindungen erforderlich.

4.2.2. Genietete Tanke

Bei genieteten Tanks ist der Forderung in Abschnitt 4.1. genügt, wenn Stähle nach DIN 17 100 mit Ausnahme von St 33, St 60 und St 70 oder Kesselbleche nach DIN 17 155 verwendet werden.

4.3. Sonstige Stähle

Sonstige genormte oder in gleichwertigen Lieferbedingungen festgelegte Stähle können verwendet werden, wenn bei ihrer erstmaligen Verwendung für zylindrische Tankbauwerke von einem Sachverständigen (z. B. Materialprüfungsamt) nachgewiesen wird, daß sie in ihren Güteeigenschaften den nach Abschnitt 4.2. verwendbaren Stahlsorten gleichwertig sind.

Bei einer weiteren Verwendung genügt zum Nachweis der Güteeigenschaften ein Werksabnahmezeugnis (nach DIN 50 049, Ausgabe April 1960, Abschnitt 3 B). Dieses muß neben der Werkstoffkennzeichnung den Probenumfang und die Werte der durchgeführten Festigkeitsprüfungen (Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung) sowie die Angabe der Schmelznummer und die für jede Schmelze ermittelten Analysenwerte enthalten. Der Probenumfang soll dem nach DIN 17 100 entsprechen.

5. Herstellung

5.1. Allgemeines

5.1.1. Vorbereitung

- Die Einzelteile der Tanke müssen sorgfältig vorbereitet sein und einwandfrei zusammenpassen. Richtarbeiten durch Kaltverformung oder örtliche Erwärmung, vor allem in der Nähe der Blechkanten oder Nähte, müssen so ausgeführt sein, daß die örtliche Verformung möglichst gering bleibt.
- Beim Herstellen der Tanke ist auf ein möglichst genaues Einhalten der angestrebten Form zu achten. Der Tank darf keine nennenswerten Einbeulungen aufweisen.

5.1.2. Sicherung gegen erhöhten inneren Überdruck

Bauart und Wanddicke der Tanke müssen konstruktiv so gewählt sein, daß die schwächste Stelle gegen inneren Überdruck im Tankdach liegt.

5.2. Geschweißte Tanke

5.2.1. Voraussetzungen für das Schweißen

Bei geschweißten Tanks muß nachgewiesen werden können, daß sie unter Verwendung geeigneter Arbeitsmittel,

unter Einsatz geprüfter Schweißer²⁾ sowie unter ordnungsgemäßer Überwachung der Schweißarbeiten hergestellt sind. Die Zusatzwerkstoffe müssen eine auf den Grundwerkstoff und auf die Herstellungs- und Betriebsbedingungen abgestimmte Schweißverbindung ermöglichen.

5.2.2. Schweißnähte

Längs- und Rundnähte des Tankmantels müssen als Stumpfnähte ausgebildet sein. Bei Blechdicken bis 15 mm darf die Rundnaht auch als beiderseitige Überlappungsnaht ausgeführt sein. Längs- und Rundnähte müssen ohne Risse und ohne wesentliche Bindungsfehler und Schlackeneinschlüsse über den ganzen Querschnitt durchgeschweißt sein. Den Längsnähten ist besonders große Sorgfalt zuzuwenden.

5.3. Genietete Tanke

Gestanzte Nietlöcher sind aufzureiben. Blechkanten sowie Nietköpfe sind sachgemäß zu verstemmen.

Allgemeine Berechnungsgrundsätze

6. Lastannahmen

6.1. Hauptlasten

6.1.1. Ständige Last

Das Eigengewicht der Tankkonstruktion und Ausrüstung ist an allen erforderlichen Stellen zu berücksichtigen.

6.1.2. Verkehrslast

6.1.2.1. Behälterfüllung

- Der größte Wert der Wichte der Gebrauchsfüllung ist vom Bauherrn verbindlich anzugeben.
- Für die Behälterfüllung ist dieser Wert, mindestens jedoch $\gamma = 1,0 \text{ Mp/m}^3$ einzusetzen.

6.1.2.2. Innerer Unter- bzw. Überdruck

- Die Größe des Einstelldruckes in kp/m^2 ($\pm \text{mm WS}$) der Unter- bzw. Überdruckventile ist vom Bauherrn verbindlich anzugeben.
- Als Belastung darf in die statischen Nachweise der Einstelldruck der Ventile eingeführt werden, wenn Anzahl und Größe der Ventile der Tankgröße und Pumpen-

²⁾ Siehe DIN 8560 — Prüfung von Handschweißern für das Schweißen von Stahl, welche für die besonderen Zwecke des Tankbaues durch die Prüfung einer Quernaht (q) zu erweitern ist (vgl. DIN 1912 Blatt 1).

leistung angepaßt sind (vgl. DIN 4119 Blatt 2, zu Abschnitt 6.1.2.2.).

- c) Zur Berechnung der Manteldicken kann der innere Überdruck vernachlässigt werden, wenn er 500 kp/m^2 nicht übersteigt; bei Berechnung der Dachhaut und des Dach-Eckringes ist jedoch der vorhandene Überdruck zu berücksichtigen (und ebenso für eine ggf. nötige Verankerung der Bodenecke).
- d) Tanke, in denen ein Überdruck von mehr als $0,5 \text{ atü}$ betriebsmäßig entsteht oder entstehen kann, müssen den Anforderungen an Druckbehälter³⁾ genügen.

6.1.2.3. Schneelast

Vollast⁴⁾ mit 75 kp/m^2 waagerechter Grundfläche.

6.1.2.4. Wandernde Einzellast

- a) Bei der Berechnung der Dachhaut braucht eine wandernde Einzellast in der Regel nicht berücksichtigt zu werden.
- b) Bei Stäben, welche die Dachhaut stützen, ist alternativ eine Einzellast von 100 kp anzusetzen, wenn die auf den einzelnen Stab entfallende Schneelast kleiner als 200 kp ist.
- c) Für Laufstege und Treppen ist an ungünstigster Stelle eine Einzellast von 300 kp anzusetzen, jedoch nicht gleichzeitig mit Schneelast.
- d) Für Geländerholme und -stützen ist eine waagerechte Last von 30 kp/m am Holm anzusetzen.

6.2. Zusatzlasten

6.2.1. Wind

6.2.1.1. Die Windlasten auf Tankbauwerke einschließlich Zubehör sind im allgemeinen nach DIN 1055 Blatt 4 anzusetzen, jedoch mit den folgenden Sonderregelungen:

- a) Für Tankmäntel (ohne Zubehör) mit $l < 1,5d$ darf die waagerechte Windlast mit $c = 0,45$ berechnet werden. (Die zugehörige Druckverteilungskurve ist etwa der Mittelwert der Kurven a und b in DIN 1055 Blatt 4.)
- b) Für Dachkonstruktionen mit Randneigung $\alpha \leq 25^\circ$ braucht eine waagerechte Windlast für alle im Bereich der Dachhöhe h liegenden Bauteile (mit Ausnahme größerer Aufbauten) nicht angesetzt zu werden.
- c) Die lotrechte Komponente des Windsoges an der Dachfläche ist mit $c = 0,60$ zu errechnen und um $1/20$ des Tankdurchmessers nach der Luvseite verschoben anzusetzen. Diese Werte gelten für $15^\circ < \alpha \leq 25^\circ$.

6.2.1.2. Ersatz-Unterdruck für Mantelbeulung

Bei Berechnung der Beulsicherheit des Tankmantels ist die über die Mantelhöhe und den Umfang veränderliche Windlast durch einen über Höhe und Umfang konstanten (inneren) Ersatz-Unterdruck p_E zu ersetzen, welcher dem über die Tankhöhe genommenen Mittelwert aus den Werten $\frac{1}{2} c q$ im Staupunkt (mit $q = \text{Staudruck nach DIN 1055}$) entspricht.

Für Tanke mit festen Dächern gilt hierbei $c = 1$. Für Tanke mit Schwimmdächern ist dem Druckbeiwert $c_D = 1$ noch der Sogbeiwert $c_S = 0,6$ zuzuschlagen.

³⁾ Siehe „Unfallverhütungsvorschriften Druckbehälter“ der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie und Sammlung der AD-Merkblätter der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD).

⁴⁾ Halbseitige Schneelast vgl. Abschnitt 6.2.2.

6.2.2. Halbseitige Schneelast

Als halbseitige Schneelast können 40 kp/m^2 waagerechter Grundfläche angenommen werden.

6.2.3. Temperatureinfluß

Für Tanke, die in der gemäßigten Zone aufgestellt und für eine Schneelast nach Abschnitt 6.1.2.3. bemessen sind, braucht ein Temperatureinfluß nicht berücksichtigt zu werden.

7. Festigkeits- und Stabilitätsnachweis

Für alle Bauteile der Tanke einschließlich Ausrüstung ist der Festigkeits- und Stabilitätsnachweis nach DIN 1050, DIN 4100 und DIN 4114 — jedoch mit den zulässigen Spannungen bzw. Sicherheiten nach Abschnitt 1.4. — zu erbringen, soweit in den nachfolgenden Richtlinien nicht darauf verzichtet oder ein anderer Nachweis gefordert wird.

Ferner ist für ungünstige Bauzustände nachzuweisen, daß die Festigkeit und Stabilität (z. B. des Tankmantels gegen Einbeulen infolge Wind), gegebenenfalls durch geeignete Abstützung oder Aussteifung, gewährleistet ist.

Besondere Bemessungsregeln

8. Gründung

8.1. Je nach Tragfähigkeit des Baugrundes ist rechtzeitig zu entscheiden, ob die Auflage der Bodenplatten auf einem Sand- oder Kiesbett oder einer ähnlichen Zwischenlage genügt oder ob besondere Gründungsmaßnahmen (z. B. Ringbalken, Platten- oder Pfahlgründung) erforderlich sind.

8.2. Ringbalken sind so zu bemessen, daß ihre Setzung möglichst mit der des benachbarten Baugrundes unter dem Tankboden übereinstimmt.

8.3. Die Gründung des Tankbodens ist sorgfältig durchzuführen. Bei der Wahl der Gestaltung des Tankbodens bei der Montage (überhöht mit Pfeil ${}_o f_o$, eben oder mit Durchhang von Pfeil ${}_u f_o$) soll der Bauherr auch der Setzungsempfindlichkeit des Baugrundes Rechnung tragen.

9. Boden und Bodenecke

9.1. Das Bodenblech muß mindestens 5 mm dick sein.

9.2. a) Ein statischer Nachweis der inneren Bodenbleche ist nicht erforderlich; für die Bodenecke erübrigt sich ein Nachweis, wenn ihre Bauteile den Abschnitten 9.2.1. bis 9.2.3. genügen und der innere Überdruck 200 kp/m^2 , der innere Unterdruck 100 kp/m^2 nicht übersteigen.

b) Voraussetzung hierfür ist, daß die Gründung nach DIN 1054 ausgeführt wurde und der größte zulässige Durchhang f der Bodenmitte gegenüber dem Bodenrand nach Abschnitt 9.4. während des Betriebes eingehalten wird.

9.2.1. Dicke t_B des Bodenrandbleches

a) Ist die Dicke t_u des unteren Mantelschusses $\leq 6,5 \text{ mm}$, so gilt

$$t_B \geq t_u$$

b) Ist die Dicke t_u des unteren Mantelschusses $> 6,5 \text{ mm}$, so gilt:

b1) bei Auflagerung des Tankbodens auf einer durchgehenden Betonplatte (Flach- oder Pfahlgründung):

$$t_B \geq 6,5 \text{ mm}$$

- b2) bei Auflagerung auf einem Ringfundament oder auf einer Aufschüttung ohne Fundament:

$$t_B \geq 0,4 t_u \sqrt{\sigma_{Fu} \sigma_{FB}} \geq 6,5 \text{ mm.}$$

wobei σ_{Fu} bzw. σ_{FB} die

Fließgrenzen des Werkstoffes für den unteren Mantelschuß bzw. das Bodenrandblech bedeuten.

- c) Die Bodenrandbleche können mit kleinerer Blechdicke als nach Absatz b2) erforderlich, jedoch mit mindestens $t_B = 6,5 \text{ mm}$ ausgeführt werden, wenn Unterlegplatten von 300 mm Breite und mindestens 10 mm Dicke unter den Bodenrandblechen angeordnet werden.

9.2.2. Schweißverbindung von Mantel und Boden

Das Widerstandsmoment W_s der in die Bodenebene umgeklappten Schweißnahtfläche je cm Mantelumfang muß der Bedingung genügen

$$W_s \geq 0,25 t_B^2.$$

9.2.3. Eckwinkel bei Nietverbindungen

Die Dicke der Eckwinkel muß mindestens so groß sein wie die Dicke des Bodenrandbleches.

9.3. Verankerung der Bodenecke

- a) Ergibt sich bei leerem Tank aus innerem Überdruck und Eigengewicht von Dach und Mantel ein Mantelzug, der größer ist als die Gegenlast auf einem 0,5 m breiten Randstreifen des Bodenbleches (aus Eigengewicht und innerem Überdruck), so ist die Bodenecke in geeigneter Weise gegen Abheben zu verankern.
- b) Ist die Mantelhöhe des Tanks größer als 15 m oder größer als der Durchmesser, so ist außerdem die Sicherheit gegen Abheben unter folgenden Lastannahmen nachzuweisen:
- b 1) Windlast (aus Sog am Dach und Windmoment)
- b 2) $\frac{2}{3}$ Überdruck + $\frac{2}{3}$ Windlast.
- c) Bei dem Nachweis der Verankerung darf keine Gegenlast (Bodenblech-Randstreifen) angesetzt werden.

9.4. Zulässiger Durchhang

Der größte zulässige Durchhang f der Bodenmitte gegenüber dem Bodenrand ist nach Gleichung (1) zu errechnen und in den Bauunterlagen einzutragen. Der bei der Montage des Bodens vorzusehende Anfangsdurchhang f_0 (positiv, Null oder negativ) ist vom Bauherrn verbindlich anzugeben.

$$\max \left(\frac{100 f}{d} \right) = \sqrt{\left(\frac{100 f_0}{d} \right)^2 - 3,75} \quad (1)$$

10. Mantelbleche

Falls bei erhöhter Korrosionsgefahr ein Korrosionszuschlag (vgl. Abschnitt 15.) festgelegt ist, müssen die ausgeführten Blechdicken um diesen Zuschlag größer sein als die nach den Abschnitten 10.1. bis 10.3. sich ergebenden Dicken.

10.1. Mindestdicke der Mantelschüsse

Die Mindestdicke der Mantelschüsse muß der nachstehenden Tabelle 2 genügen:

Tabelle 2

Spalte	1	2
Zeile	Tankdurchmesser in m	Mindestdicke in mm
1	≤ 30	5,0
2	$30,01 \leq 40$	6,0
3	$40,01 \leq 50$	7,0
4	$50,01 \leq 60$	8,0
5	> 60	9,0

10.2. Spannungsnachweis

- a) Mantelblech und Nahtverbindung sind jeweils für den auftretenden Innendruck $\gamma \cdot \gamma_n$ aus der Behälterfüllung nach Abschnitt 6.1.2.1. und für inneren Überdruck, sofern dieser größer ist als 500 kp/m^2 , nachzuweisen.
- b) Als Höhe der Flüssigkeitssäule γ_n ist das Maß vom höchsten Flüssigkeitsspiegel bis zur Schuß-Unterkante einzuführen. Bei Tanks mit festem Dach ist der höchste Flüssigkeitsspiegel an der Oberkante des Dacheckrings (Schnittpunkt der Winkelrücken) anzunehmen, bei Tanks mit Schwimmdach 500 mm unter der Oberkante des Randwinkels an Manteloberkante.
- c) Bei Nietverbindungen ist für den Spannungsnachweis der Bleche der Nettoquerschnitt einzusetzen. Zusätzliche Spannungen aus Überlappungsvernetzung sind bei Blechdicken $> 12 \text{ mm}$ zu berücksichtigen.
- d) Ferner ist der durch die einzelnen Öffnungen und Rohrstutzen ausfallende Querschnitt F_a des Mantelbleches unter Beachtung der Werkstoffgüte durch eine örtliche Verstärkung F zu ersetzen. Die Verstärkung kann bestehen aus:

Fläche aus Wanddickenüberschuß im Mantelblech F_M ,
zusätzlicher Ringverstärkung F_V ,
Stützenrohr F_R .

Bei gleichen Werkstoffen in diesen Teilen gilt:

$$F_a \leq F = F_M + F_V + F_R. \quad (2)$$

Dabei ist:

F_M = Unterschied zwischen rechnerischer und vorhandener Manteldicke $\times \frac{1}{2}$ Ausschnittsdurchmesser

F_V = Breite $\times$ Dicke des Verstärkungsbleches

$$F_R = F_1 + \frac{F_2}{4} \text{ bzw. } F_1 + 0,55 \sqrt{d_{st} \cdot t_{st} \cdot t_{st}} \quad (3)$$

F_1 = symmetrisch zur Mittelebene des Mantels gelegene Stützenfläche

F_2 = restliche Stützenfläche

d_{st} = mittlerer Stützendurchmesser

t_{st} = Wanddicke des Stützens.

Für F_R ist der kleinere Wert maßgebend.

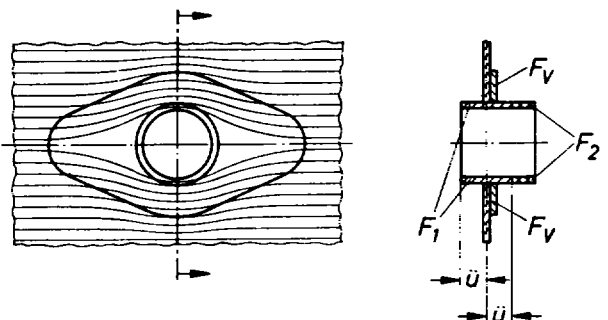


Bild 2. Verlauf der Zugspannungen

- e) Die nach Absatz d) wirksamen Flächen der Verstärkungen mit Ausnahme von F_M sind durch Schweißnähte voll anzuschließen. Die Rundnaht der Dicke a_s um den Stutzen mit dem Durchmesser d_{st} kann dafür eine Kraft

$$P = a_s \cdot d_{st} \cdot \tau_{Schw}$$

übertragen.

10.3. Beulnachweis des Tankmantels

- a) Es ist nachzuweisen, daß bei Annahme eines praktischen Beuldruckes von 0,7 des theoretischen die in Abschnitt 14.2. geforderten Sicherheiten für Lastfall H und Lastfall HZ vorhanden sind.
- b) Als Belastungen sind anzunehmen
- Lastfall H: Innerer Unterdruck p nach Abschnitt 6.1.2.2. bzw. Ersatz-Unterdruck p_E nach Abschnitt 6.2.1.2. bei belüfteten Tanken.
- Lastfall HZ: Summe von p und p_E .

11. Obere Randaussteifung des Mantels

11.1. Dach-Eckring bei festem Dach

- 11.1.1. a) Bei Dachkonstruktionen mit unversteiften Kugelschalen ist der Dach-Eckring für die Ringkraft R (Zug oder Druck) infolge der gesamten Dachlast q (bzw. $-q$ aus innerem Überdruck und Windsog, falls letzteres überwiegt) zu bemessen.
- b) Dachkonstruktionen, bei denen die Gespärre in der Dachfläche liegen, dürfen für die Berechnung des Dach-Eckringes wie unversteifte Kugelschalen betrachtet werden, wenn der Abstand der Rippenschübe am Dach-Eckring $\leq 3,25$ m ist. Das Gespärregewicht ist hierbei in q einzubeziehen.
- c) Ist der Abstand der Rippenschübe am Dach-Eckring $> 3,25$ m, so sind die aus den Schüben im Dach-Eckring entstehenden Normalkräfte und Biegemomente (um die lotrechte Schwerachse des Dach-Eckringes) zu berücksichtigen.
- d) Die Ringkraft ist:
- $$R = q \frac{r^2}{2 \tan \alpha} \quad (4)$$
- e) Falls kein genauer Nachweis nach der Biegetheorie der Schalen erbracht wird, dürfen für die Gesamtfläche F des Dach-Eckringes die in DIN 4119 Blatt 2 zu Abschnitt 11.1. gegebenen Einzelflächen angesetzt werden.
- f) Bei auf Druck beanspruchten Dach-Eckringen erübrigt sich ein Knicknachweis für das Gesamtprofil. Sind aber die in die Fläche F_R einbezogenen Teile des Mantels und der Dachhaut sehr breit, so kann ein besonderer Schutz gegen örtliches Ausbeulen erforderlich werden (vgl. DIN 4119 Blatt 2, Abschnitt 11.1., Absatz g).
- g) Bei verbundenen Gespärren, bei denen die Rippen nur mit der Dachhaut verbunden sind, ist die Übertragung der Rippenschübe über die Dachhaut auf den Dach-Eckring nachzuweisen.

11.1.2. Bei Dachkonstruktionen, bei denen das Gespärre oder die Dachhaut keinen Schub nach außen (oder innen) ausübt, darf der Dach-Eckring nach baulichen Gesichtspunkten bemessen werden; andernfalls Bemessung nach Abschnitt 11.1.1.

11.2. Oberer Versteifungsring bei Tanken mit Schwimmdach

- a) Bei Tanken mit Schwimmdach ist die obere Mantelkante durch ein baulich zu bestimmendes Profil auszusteifen. Außerdem ist bis 1 m unterhalb der Manteloberkante ein Verstärkungsring vorzusehen, dessen Widerstandsmoment mindestens dem nach Gleichung (5) errechneten Wert gleichkommt.

- b) Beim Berechnen des Widerstandsmomentes darf ober- und unterhalb des Steges des Verstärkungsringes ein Streifen des Mantels von der Breite

$$b_m = 16 t$$

mitgerechnet werden. (Für den oberen Streifen gilt das nur, wenn er $\geq 16 t$ breit ausgeführt wird; andernfalls ist die vorhandene Breite einzusetzen.)

$$W_{\text{erf}} = \frac{d^2 \cdot l}{17.3} \quad (5)$$

mit d und l in m, W_{erf} in cm^3 .

- c) Ringe, die durch Verkehrslasten nicht belastet werden, bedürfen keiner Unterstützung, solange die Höhe des Steges die 16fache Stegdicke nicht überschreitet. Der äußere Flansch von der Breite b ist jedoch in jedem Falle so gegen seitliches Ausweichen zu halten, daß die freie Länge zwischen zwei Aussteifungen $\leq 24 b$ ist.

12. Feste Dächer

12.1. Übersicht über die Dachkonstruktionen

Die Dachkonstruktionen sind nach drei Gesichtspunkten unterteilt:

- a) nach der äußeren Form (Kugelsegmentdach und Kegeldach)
- b) nach dem Zusammenhang zwischen Dachhaut und Gespärre (Unverbundene Gespärre mit lose aufliegender Dachhaut bzw. verbundene Gespärre mit fest verbundener Dachhaut)
- c) nach dem statischen System der Dachkonstruktion.
- Die statischen Systeme der Dachkonstruktion sind zu unterteilen in:

12.1.1. Freitragende Dachkonstruktionen

- a) Unversteifte Schalen
- b) Konstruktionen mit Gespärren in der Dachfläche
- b 1) mit Rippengesparren
- b 2) mit Rippenrostgesparren
- b 3) mit anders gearteten Gespärren.
- c) Konstruktionen mit Bindergespärren.
- Begriffsbestimmungen und Erläuterungen vgl. DIN 4119 Blatt 2, Abschnitt 12.1.1., Absatz a) bis c).

12.1.2. Dachkonstruktionen mit Innenstützen

12.2. Dachhaut

12.2.1. Ein Festigkeitsnachweis der Dachhaut ist in der Regel nicht erforderlich; die Abstände der Hautstützungen durch Rippen und ggf. Ringe sollten jedoch mit Rücksicht auf die Begehbarkeit des Daches mit der Dachhautdicke t_D so abgestimmt werden, daß der Beuldruck p_B der gestützten Schale nicht kleiner ist als das Eigengewicht der Dachhaut.

12.2.2. Statische Dicke t_D der Dachhaut

Bei korrosionsgefährdeten Dachblechen ist die statische Dicke t_D aus der Nenndicke durch Abzug des festgelegten Korrosionszuschlages (vgl. Abschnitt 15.) zu ermitteln. Die geringste statische Dicke t_D muß mindestens 4 mm betragen.

12.3. Unversteifte Schalen

- a) Als unversteifte Kugelschalen ausgebildete Tankdächer sind auf Durchschlagen unter Vollast zu untersuchen⁵⁾.
- b) Bei freitragenden unversteiften Schalen ist durch entsprechende Maßnahmen dafür zu sorgen, daß die Schale formgerecht gefertigt wird und auch formgerecht bleibt.

⁵⁾ Klöppel-Roos, Der Stahlbau 1956, Seite 49

12.4. Konstruktionen mit Gespärre in der Dachfläche

12.4.1. Für die Gesamtkonstruktion ist die Tragsicherheit unter Vollast und im ungünstigsten Fall mit einseitiger Schneelast nach Abschnitt 6.2.2. nachzuweisen.

- 12.4.2. a) Hierbei darf die (lose oder feste) Dachhaut zur Aufnahme eines Teiles der Gesamtlast ⁶⁾ ⁷⁾ ⁸⁾ und zur Verhinderung negativer Durchbiegungen des Gespärres herangezogen werden ⁷⁾.
- b) Der Tragsicherheitsnachweis der Gesamtkonstruktion wird dadurch in einen Tragsicherheitsnachweis des Gespärres nach DIN 4114 Blatt 2, Ausgabe Februar 1953 X, Abschnitt Ri 10.2, überführt, wobei als Belastung g_R und p_R anzusetzen sind. Für p_R ist der größere der beiden folgenden Werte anzusetzen.

$$p_R = g_H + p - \frac{p_B}{r} \quad (6)$$

$$p_R = 0,5 (g_H - p). \quad (7)$$

Hierin ist p_B der Beuldruck der gestützten Dachhaut (vgl. DIN 4119 Blatt 2, Abschnitt 12.4.2.).

12.4.3. Bei Rippen- und Rippenrostgespärren genügt der Nachweis für Vollast (ohne den Ansatz baupraktisch unvermeidbarer Abweichungen von der theoretischen Rippenform), wenn zusätzlich folgende Bedingungen erfüllt werden:

a) $p_R \geq 75 \text{ kp/m}^2 \quad (8)$

b) $J_x \geq \beta \frac{v \cdot N}{2,07} \cdot \left(\frac{r}{100} \right)^2 \quad (9)$

Hierin ist:

N die größte Normalkraft in den Rippen in Mp

r der Mantelhalbmesser in cm

J_x das Trägheitsmoment des Rippenprofils in cm^4 (bei leicht veränderlichem Trägheitsmoment infolge Mitwirkens einer verbundenen Dachhaut in $0,5r$ genommen)

$\beta = 1,0$ für Rippengespärre und unverbundene Rippenrostgespärre

$\beta = 0,83$ für verbundene Rippenrostgespärre.

- 12.4.4. a) Außerdem ist die Sicherheit gegen ideales (elastisches) Durchschlagen unter Vollast nachzuweisen.
- b) Dieser Nachweis erübrigt sich für Rippen- und Rippenrostgespärre mit Dachlasten $q \leq 300 \text{ kp/m}^2$.

12.5. Konstruktionen mit Bindergespärren oder mit Innenstützen

12.5.1. Der Festigkeitsnachweis für alle Bauteile ist nach DIN 1050, DIN 4100 und DIN 4114 zu erbringen.

Bei Stäben, auf denen die Dachhaut aufliegt, kann der Stabobergurt als seitlich gehalten angesehen werden.

- 12.5.2. a) Bei Bindergespärren muß der Kronenring in der Lage sein, die Querkkräfte bei einseitiger Last zu übertragen.
- b) Bindergespärre von Tanken mit innerem Überdruck können durch die elastische Verformung des Dach-Eckringes erhebliche waagerechte Druckkräfte erhalten.

⁶⁾ Ebner, Luftfahrtforschung, März 1937

⁷⁾ und ⁸⁾ Herber, Der Stahlbau 1956, Heft 9, und 1958, Heft 9

- c) Eine knicksteife Ausführung des Untergurtes hat in diesem Fall nur dann Zweck, wenn dieser für die auftretenden Kräfte nachgewiesen wird. Andernfalls weicht der Untergurt aus, wobei der Binderobergurt als Rippenbogen trägt.

- 12.5.3. a) Bei Dachkonstruktionen mit Stützen ist die Möglichkeit einer Schiefstellung der Stützenfüße infolge Nachgiebigkeit des Baugrundes zu beachten.
- b) Die Spannungen im Bodenblech unter dem Stützenfuß sind nachzuweisen. Überlappte Nähte dürfen in unmittelbarem Bereich der Stützenfüße nicht verwendet werden oder sind durch Dopplungsstreifen auf dem unteren Blech zu überdecken, so daß im Bereich der hohen Blechspannungen eine Stumpfnah vorhanden ist. Die Kehlnahtverbindung von Dopplung und unterem Blech muß mindestens 200 mm von der Kante des Stützenfußes entfernt sein.

13. Schwimmdächer

13.1. Ausführungen:

- a) als Ringponton mit innerer Membran,
b) als Doppeldeckponton,
c) als Sonderausführung.

13.2. Schwimmfähigkeit

13.2.1. Niederschlagswasser, das sich auf der Dachfläche ansammelt, muß durch geeignete Maßnahmen so abgeleitet werden, daß die Schwimmfähigkeit des Daches erhalten bleibt.

13.2.2. Es ist nachzuweisen, daß das Dach noch schwimmfähig ist, wenn

- a) bei einem Ringponton mit innerer Membran zwei benachbarte Zellen und die Membran leck sind, oder
b) bei einem Doppeldeckdach zwei benachbarte Zellen leck sind.

13.3. Dach im Schwimmzustand

Für die Schwimmkörperkonstruktion sind die Spannungen aus Eigengewicht und Schneelast des ganzen Daches und dem daraus entstehenden Flüssigkeitsdruck nachzuweisen.

13.4. Dach im abgesetzten Zustand

13.4.1. Der Spannungsnachweis ist für Dach, Stützen und Tankboden unter den Stützen zu führen. (Für eine Innenmembran erübrigt sich der Nachweis bei Beachtung von DIN 4119 Blatt 2, Abschnitt 13.4., Absatz b) und c).)

13.4.2. In Anbetracht der Seltenheit gilt dieser Belastungsfall als HZ-Belastung.

- 13.4.3. a) Beim Festigkeitsnachweis für die Bodenbleche einschließlich Verstärkungsplatte unter den Stützen ist von einer gleichmäßigen Verteilung der Stützenlast auf die Fläche der Verstärkungsplatte auszugehen. Bei überlappt geschweißten Tankböden gilt Abschnitt 12.5.3., Absatz b) sinngemäß.
- b) Bei einer verdichteten Sandbettung darf dabei die Bodenpressung $2,5 \text{ kp/cm}^2$ nicht überschreiten, sofern kein genauer Nachweis geführt wird.
- c) Bei einer durchgehenden Betonplatte erübrigt sich dieser Nachweis.

13.5. Blechdicke t_D

Es gilt Abschnitt 12.2.2.

14. Zulässige Spannungen und Sicherheitsgrade

14.1. Zulässige Spannungen

14.1.1. Für den Mantel:

a) Die zulässige Spannung ist

$$\sigma_{zul} = \frac{2}{3} \sigma_F \text{ mit}$$

σ_F = gewährleistete Streckgrenze des verwendeten Bleches.

- b) Für Stumpfnähte darf das 0,8fache der zulässigen Spannung nach Absatz a) zugelassen werden.
- c) Es darf das 0,9fache der zulässigen Spannung nach Absatz a) zugelassen werden, wenn die Längsnähte vollständig und die Rundnähte stichprobenweise (10 %) einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen werden.

14.1.2. Für die übrigen Bauteile:

- a) Für die zulässigen Spannungen in den Lastfällen Hauptlasten (H) oder Haupt- und Zusatzlasten (HZ) ist DIN 1050 und für die Schweißnähte DIN 4100 maßgebend.
- b) Für Stähle, die in DIN 1050 bzw. DIN 4100 nicht erfaßt sind, können die zulässigen Spannungen aus der Beziehung

$$\sigma_{zul} = \sigma_{zul37} \cdot \frac{\sigma_F}{2400}$$

ermittelt werden. Dabei ist

σ_{zul37} die entsprechende zulässige Spannung für St 37
und

σ_F die garantierte Mindeststreckgrenze des zu verwendenden Werkstoffes in kp/cm^2 .

14.2. Erforderliche Sicherheitsgrade bei Stabilitätsuntersuchungen

14.2.1. Sofern im folgenden nichts anderes vorgeschrieben ist, gelten in Übereinstimmung mit DIN 4114 für Traglastuntersuchungen die Sicherheiten

$$\text{Lastfall H : } \nu_{Kr} = 1,71$$

$$\text{Lastfall HZ : } \nu_{Kr} = 1,50.$$

14.2.2. Für die Durchschlagslast von unverteiften Kugelschalen und für die ideale Durchschlagslast von Dachkonstruktionen mit Gespärre bei Belastung durch Vollast gilt

$$\nu_D = \nu_{Di} = 2,0.$$

14.2.3. Für das Beulen des Mantels müssen die Sicherheiten

$$\text{Lastfall H : } \nu_B = 1,50$$

$$\text{Lastfall HZ : } \nu_B = 1,25$$

eingehalten werden.

14.2.4. a) Beulung der Dachhaut zwischen den Versteifungen wird zugelassen. (Beachte jedoch Abschnitt 12.2.1.)

- b) Ist es in besonderen Fällen notwendig, eine Beulung der Teilfelder zu vermeiden, so sollten die Sicherheiten sein in

$$\text{Lastfall H : } \nu_B = 1,71$$

$$\text{Lastfall HZ : } \nu_B = 1,50.$$

15. Korrosionsschutz

Bei erhöhter Korrosionsgefahr sind im Einvernehmen mit der zuständigen Bauaufsicht feste Zuschläge zur Dicke der Mantel- und Dachbleche festzulegen und in der statischen Berechnung anzugeben.

Oberirdische zylindrische Tankbauwerke aus Stahl

Erklärungen und Hinweise zu den Berechnungsgrundlagen

DIN 4119

Blatt 2

Inhalt

Zu Abschnitt 5: Herstellung
Zu Abschnitt 6: Lastannahmen
Zu Abschnitt 9: Boden und Bodenecke
Zu Abschnitt 10: Mantelbleche

Zu Abschnitt 11: Obere Randaussteifung des Mantels
Zu Abschnitt 12: Feste Dächer
Zu Abschnitt 13: Schwimmdächer

Zu Abschnitt 5. Herstellung

Zu Abschnitt 5.1.1., Absatz b)

a) Mantel

Bei der Herstellung und Montage der Mantelbleche ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß die baupraktisch unvermeidbaren Abweichungen von der theoretischen Form möglichst klein bleiben (Abweichungen von Durchmesser = Unrundheit, Abweichungen von der Lotrechten, Einfall der Schweißungen).

b) Dachkonstruktion

- b 1) Bei der Herstellung und Montage der Dachkonstruktionen ist mit Rücksicht auf die Standsicherheit besondere Sorgfalt auf das Einhalten der theoretischen Dachform — vor allem für die Rippen der Gespärre und unversteifte Schalen — zu legen. Bei den Rippenrostgespärren ist besonderer Wert darauf zu legen, daß die Anschlußpunkte der Ringe möglichst in einer Ebene liegen.
- b 2) Bei den versteiften Schalen sollten die Abweichungen vor allem in den größten Hautfeldern möglichst klein gehalten werden.
- b 3) Bei unversteiften Schalen ist besonders hohe Maßhaltigkeit erforderlich.

Zu Abschnitt 5.3.

a) Nietteilung

Die Nietteilung muß den Anforderungen auf Dichtigkeit entsprechen.

b) Nieten

Nieten bis 8 mm Durchmesser (einschließlich) dürfen kalt, alle übrigen müssen warm geschlagen werden.

c) Stemmkannten

- c 1) Bei allen genieteten Konstruktionsteilen, die gegen die gelagerte Flüssigkeit dicht sein sollen, müssen die Ränder der Bleche oder Profile an der Luftseite Stemmkannten erhalten.
- c 2) Die Nähte dürfen erst nach ihrer Abnahme verstemmt werden.

Zu Abschnitt 6. Lastannahmen

Zu Abschnitt 6.1.2.2.

- a) Größe und Anzahl der Ventile für Unter- und Überdruck sind so zu bestimmen, daß unter dem größten thermischen Einfluß und bei gleichzeitiger größter

Pumpenleistung der größte innere Unter- bzw. Überdruck den Einstelldruck nicht mehr als 40% übersteigen.

- b) Da ein zeitliches Zusammentreffen dieser beiden ungünstigsten Fälle mit Sturm der höchsten Windstärke bzw. mit Schneelast unwahrscheinlich ist, genügt als Belastungsannahme der Einstelldruck der Ventile.

Zu Abschnitt 6.2.1.2.

- a) Die Tatsache, daß die Windbelastung nur auf einem Teil des Umfangs einen nicht konstanten Druck ausübt, der außerdem zur Dachkante hin abfällt, wird dadurch berücksichtigt, daß die nach DIN 1055 im Staupunkt auftretenden Größtwerte nur mit dem halben Wert in p_E eingeführt werden.
- b) Bei Tanks mit Schwimmdach ist bei teilweise oder ganz abgesenkten Dächern mit erheblicher Sogwirkung an der Innenseite des Mantels auf der Luvseite zu rechnen. Es können dort örtliche Gesamtdrücke mit

$$c = 1.0 - 2.0 = 3.0$$

auftreten, wobei die Sogziffer nach unten schnell abnimmt. An Stelle der nicht genau bekannten Sogverteilung wird in DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 6.2.1.2., ein konstanter Wert

$$c = 1.0 - 0.6$$

angenommen.

Zu Abschnitt 9. Boden und Bodenecke

Grundsätzlich empfiehlt sich ein freier Bodenblechüberstand über die Außenkante des Mantels von etwa 25 mm bei Mantelhöhen bis zu 10 m und ein etwas größerer bei größeren Höhen.

Zu Abschnitt 9.2.

Die Bodenecke wird durch wechselnde Füllung und wechselnde Mantellasten (innerer Überdruck, Unterdruck, Windlast) auf Biegung beansprucht¹⁾. Die Dicke des Bodenrandbleches kann deshalb nur innerhalb der Grenzen festgelegt werden, die in DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 9.2., gegeben sind. Zur Verringerung der Biegemomente bei Auflage der Bodenecke auf einem Betonfundament empfiehlt sich das Aufbringen einer dünnen nachgiebigen Ausgleichsschicht von etwa 30 cm Breite oder mehr unter der Bodenecke.

¹⁾ Herber, DER STAHLBAU 1955, Heft 10/11, Seiten 225 und 252.

x Januar 1964:

Bei Formel (1) „in kp/cm^2 “ gestrichen. Klammersatz zwischen Formel (16) und (17) neu formuliert: „Maßeinheiten für N , γ und J_x sowie Berücksichtigung von veränderlichem J_x sind in DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 12.4.3 angegeben.“

Beim Berechnen der Mantelzugkraft P_w aus Wind darf der aus dem Windmoment (infolge waagerechter und lotrechter Windlasten) entstehende Anteil vereinfacht nach der Balkentheorie, d. h. aus M_w/W bestimmt werden, wo M_w das Windmoment bezogen auf die Tanksohle ist.

Mit $P_w = \sigma \cdot t$ wird

$$P_w = M_w \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

je Einheit des Umfanges.

Zu Abschnitt 9.4

- Durch Setzungsunterschiede zwischen Bodenmitte und Bodenrand werden nach Erreichen eines bestimmten Durchhanges in den Bodenblechen Zugspannungen ausgelöst, welche in der Bodenecke einen Ringdruck hervorrufen. Die Sicherheit der Bodenecke hängt deshalb vom Einhalten eines größten Durchhanges (während des Betriebes) ab¹⁾. Dies ist bei Ringfundamenten besonders wichtig.
- Setzt sich der Tank derart, daß die Bodenecke nicht mehr in einer (horizontalen oder leicht geneigten) Ebene liegt, so entstehen unkontrollierbare Beanspruchungen des Mantels, die u. a. zum Einbeulen des Mantels oder Unrundwerden des Tanks führen können. Solchen Setzungen kann nur von der Gründungsseite her (durch geeignete Ausführung der Gründung bzw. Unterstopfen bei Setzungen während des Betriebes) begegnet werden.

Zu Abschnitt 10. Mantelbleche

Zu Abschnitt 10.3.

- Für den praktischen Beuldruck, der nach DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 10.3., mit dem 0,7fachen Wert des theoretischen Beuldruckes angesetzt wird, erhält man²⁾

$$p_{BM} = 0,7 \cdot 0,92 E \frac{r}{l} \beta \left(\frac{t_o}{r} \right)^{5/2} \quad (1)$$

- Nach Umformung erhält man für Stahl:

$$p_{BM} = 1,35 \frac{r}{l} \beta \vartheta_o^2 \cdot \left[\vartheta_o \right] \text{ in kp/m}^2. \quad (2)$$

Hierin ist $\vartheta_o = \frac{10^4 t_o}{r}$ und β nach Tabelle 1 einzuführen.

t_o und t_u stellen die arithmetischen Mittelwerte der Wanddicken für die obere und untere Mantelhälfte dar. Zwischenwerte sind zu interpolieren.

Tabelle 1

t_u/t_o	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
β	1,71	1,84	1,94	2,02	2,07	2,11	2,15	2,19	2,23	2,26	2,28

- Für $t_u \leq 1,5 t_o$ gilt mit

$$t_m = 0,5 (t_o + t_u) \text{ und } \vartheta_m = \frac{10^4 t_m}{r}$$

$$p_{BM} = 1,35 \frac{r}{l} \beta \vartheta_m^2 \cdot \left[\vartheta_m \right] \text{ in kp/m}^2. \quad (3)$$

²⁾ E b n e r, Der Stahlbau 1952, Heft 9, Seite 153

Zu Abschnitt 11. Obere Randaussteifung des Mantels

Zu Abschnitt 11.1.

Bei verbundenen Gespärren kann eine Übertragung des Rippenschubes auf den Eckring über die Dachhaut ausreichend sein. Bei Dächern mit loser Dachhaut sollen die Rippen derart angeschlossen werden, daß der Rippenschub unmittelbar auf den Eckring übertragen wird. Die Ausführungen nach Bild 1 a bis 1 d sind statisch als gleichwertig anzusehen.

Genietete Formen

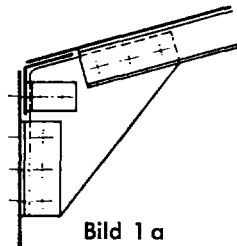


Bild 1 a

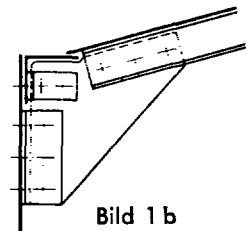


Bild 1 b

Geschweißte Formen

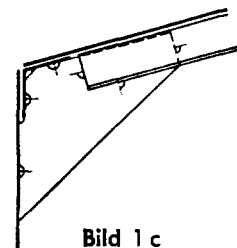


Bild 1 c

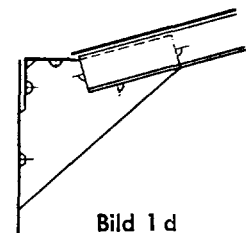


Bild 1 d

Bild 1 a bis 1 d

Fläche F_R des Dach-Eckringes

- Für einen durch eine Zug- oder Druckkraft R belasteten Dach-Eckring von Gesamtfläche F_R können entweder die Ringspannungen

$$\sigma_R = \frac{R}{F_R}$$

maßgebend sein oder die Biegespannungen infolge der Biegemomente um waagerechte Achsen (z. B. Aufbiegung des Winkels)³⁾.

Wenn daher ein vereinfachter Nachweis nur für die Ringspannung geführt werden soll, so ergeben sich für die Ausführung des Gesamtprofils und den Ansatz der mittragenden Breiten b_M und b_D von Mantel und Dach Bedingungen, die eingehalten werden müssen. Diese Bedingungen sind in den Bildern 2 a bis 2 e durch $t_M = t_D = t$ und $l_M = L_M$ bzw. $l_D = L_D$ dargestellt sowie durch die in Tabelle 2 gegebenen Faktoren β .

Hierin sind

$$L_M = 0,778 \sqrt{r t} \quad (4) \text{ und}$$

$$L_D = 0,778 \sqrt{a t} \quad (4')$$

die „charakteristischen Längen“ der Schalen-Biegetheorie³⁾.

³⁾ Siehe Fußnote 1). Dort b statt L

- b) Bei Einhalten der in Absatz a) und Bild 2 a bis 2 e dargestellten Bedingungen genügt der Nachweis der Ringspannung mit der Gesamtfläche F_R , in die außer dem Winkelprofil (einschließlich der Überlappung am Profil) noch ein Streifen b_M des Mantels oder einer Mantelverstärkung und ein Streifen b_D der Dachhaut oder einer Dachhautverstärkung einbezogen werden darf. (Überlappungen mit den verstärkten Streifen dürfen nicht angesetzt werden.)

Hierin ist

$$b_M = \beta \sqrt{r t} \quad (5)$$

$$b_D = \beta \sqrt{a t} \quad (5')$$

Diese Werte β sind der Tabelle 2 zu entnehmen, und zwar:

Zeile A für Dachkonstruktionen ohne Gespärre und solche, bei denen das Gespärre eine Verdrehung des Dach-Eckringes um eine waagerechte Achse nicht verhindert, wie z. B. bei Rippen, die nur an der Dachhaut angeschlossen sind, oder bei denen die Verbindung mit einem am Dach-Eckring angeschlossenen Knotenblech durch einen Gelenkbolzen geschieht.

Zeile B₁ und B₂ für Dachkonstruktionen, bei denen das Gespärre eine Verdrehung des Dach-Eckringes verhindert (siehe Bilder 1 a bis 1 d), wobei sich die Zeilen B₁ bzw. B₂ nach der Dicke t_p des Profils richten.

Tabelle 2

Zeile		β -Werte nach Bild				
		2 a	2 b	2 c	2 d	2 e
A		0,40	0,40	0,40	0,60	0,60
B ₁	$t_p \cdot t \geq 1,35$	0,80	0,80	0,80	0,75	—
B ₂	$1 < t_p \cdot t < 1,35$	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

- c) Wird an Stelle des gleichschenkligen Winkels in Bild 2 a bis 2 c ein ungleichschenkliger mit liegendem langem Flansch oder in Bild 2 a ein liegendes T-Profil verwendet, so darf die volle Fläche dieses Profils angesetzt werden. Für einen lotrechten Flansch darf nur soviel Fläche angesetzt werden, wie im liegenden vorhanden ist.
- d) Ist bei Ausführungen nach Bild 2 a bis 2 c die Dicke t_M des Mantels der Dicke t_D der Dachhaut nicht gleich (aber nicht zu viel verschieden), so gilt Bemessung nach Gleichung (5), wenn für t die kleinere Dicke gesetzt wird.

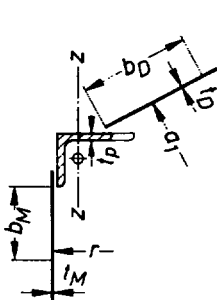


Bild 2 a

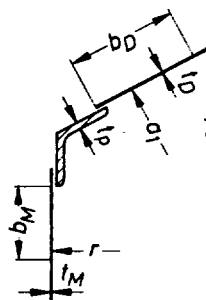


Bild 2 b

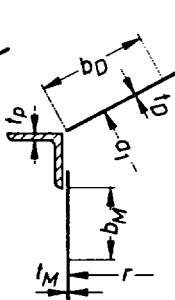


Bild 2 c

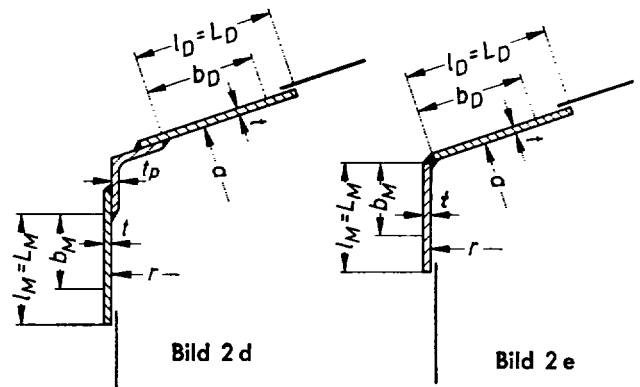


Bild 2 d

Bild 2 e

l_M, l_D = wirklich auszuführende Breiten

b_M, b_D = mittragende Breiten

Ist t_M sehr viel größer als t_D , so empfiehlt es sich, einen verstärkten Dachhautstreifen von der Dicke t_M vorzusehen. In diesem Falle darf b_M nach Bild 2 a bis 2 c, b_D nach Bild 2 d mit $t = t_M$ bestimmt werden.

- e) Die in Bild 2 d und 2 e dargestellten Ausführungen geben den Fall wieder, bei dem infolge Ausgewogenheit der Einflüsse von Mantel und Dach die kleinste maßgebende Spannung entsteht.

Ein am Dach-Eckring angebrachter Regenschutzstreifen oder Überstand der Dachhaut stört die Ausgewogenheit und darf daher (auch bei Bild 2 a bis 2 e) nicht mit in F_R einbezogen werden. Eine Störung der Ausgewogenheit tritt auch auf, wenn die Dicken t_M und t_D der verstärkten Streifen nicht gleich sind oder $l_M \neq L_M$ bzw. $l_D \neq L_D$ ausgeführt werden. Die Abweichungen von Bild 2 d und 2 e sollten daher vermieden werden. Lassen sie sich nicht vermeiden, so ist die nach Gleichung (5) errechnete Ringspannung mit dem Erhöhungsfaktor

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \quad (6)$$

zu multiplizieren.

Hierin ist

$$\varphi_1 = \frac{t_M}{t_D} \text{ bzw. } \frac{t_D}{t_M} \quad (7)$$

$$\varphi_2 = \frac{l_M}{L_M} \cdot \frac{L_D}{l_D} \text{ bzw. } \frac{l_D}{L_D} \cdot \frac{L_M}{l_M} \quad (8)$$

Für φ_1 und φ_2 ist stets der Wert > 1 anzusetzen.

Hierbei ist L_M bzw. L_D nach Gleichung (4) bzw. (4') zu errechnen, jedoch mit $t = t_M$ bzw. $t = t_D$.

Zu beachten ist, daß φ_2 auch dann anzusetzen ist, wenn $l_M > L_M$ bzw. $l_D > L_D$ ausgeführt wird.

- f) In denjenigen Fällen nach DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 11.1.1., Absatz b), in denen außer der Normalkraft auch die Biegemomente um die lotrechte Schwerachse des Dach-Eckringes zu berücksichtigen sind, kann die Fläche F_R bzw. die Ringspannung nach den Gleichungen (5) bis (8) bestimmt werden, wobei an Stelle von R nach DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 11.1.1., Absatz c), die wirkliche Normalkraft angesetzt werden darf.

Maßgebend wird dann stets die Spannung an Außenkante Dach-Eckring, weil sich die für den idealisierten Biegungsträger mit Fläche F_R am Innenrand errechneten Spannungen wegen des Zusammenhanges mit der Dachscheibe nicht einstellen können und die Ringspannung dort schon sehr stark abgeklungen ist.

- g) Bei auf Druck beanspruchten Dach-Eckringen gilt Absatz b) bis f) nur dann, wenn Mantel- und Dachbleche im Bereich von $2 L_M$ bzw. $2 L_D$ ausreichend gegen örtliches Ausbeulen geschützt sind. (Im Abstände von $2 L$ werden die Ringspannungen nahezu Null.)

Bei Ausführungen nach Bild 2 d und 2 e empfiehlt es sich, die Bereiche von $1,0 L$ bis $2,0 L$ mit etwa $0,75 t$ bis $1,0 t$ auszuführen, um hohe Druckspannungen in dünnen Blechen zu vermeiden.

Da über das örtliche Beulen bisher noch keine Unterlagen zur Verfügung stehen, sind Beulsteifen konstruktiv vorzusehen, wobei eine Steife auf etwa $1,8 L_M$ bzw. $1,8 L_D$ als empfehlenswert erscheint und ggf. Zwischensteifen.

Werden die Bleche im Bild 2 a bis 2 c nicht ausgesteift, so empfiehlt es sich, vorsichtshalber $b_M = b_D = 16 t$ zu setzen.

Zu Abschnitt 12. Feste Dächer

Zu Abschnitt 12.1.

- a) Die Kugelsegmentform wird der Kegelform meist vorgezogen, da erstere statisch meist günstiger ist. Die Dachhöhe h soll bei beiden Formen so gewählt werden, daß der Dachneigungswinkel am Rand $\alpha \geq 15^\circ$ wird. Zu bevorzugen ist bei Kugelsegmentform ein Verhältnis $a.d = 1,5$, wobei $\alpha = 19,5^\circ$ wird.
- b) Unverbundene Gespärre werden wegen der einfachen Montage und größeren Sicherheit des Gespärres bei Explosionen bevorzugt, verbundene Gespärre wegen ihres geringeren Gewichtsufwandes.

Zu Abschnitt 12.1.1., Absatz a)

Unversteifte Schalen kommen wegen ihres großen Gewichtsufwandes praktisch nur bei sehr kleinen Durchmessern vor, bei denen die Dachhaut ohne Vergrößerung der Dicke und ohne Versteifung durch ein Gespärre eine nicht zu hohe Dachlast tragen kann.

Zu Absatz 12.1.1., Absatz b)

Als Gespärre in der Dachfläche gelten solche Gespärre, bei denen die Gespärrestäbe entweder mit der Dachhaut eine Einheit bilden (verbundene Gespärre) oder dicht unter der Dachhaut laufen, so daß sich die lose aufliegende Dachhaut auf ihnen abstützt.

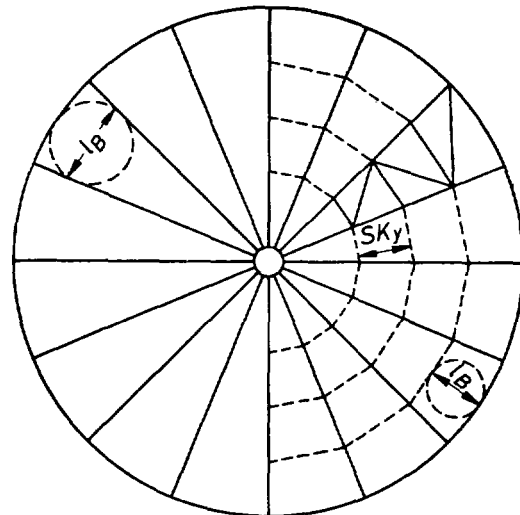
Zu Abschnitt 12.1.1., Absatz b 1)

Als Rippengespärre (Bild 3) gelten solche Gespärre, bei denen radiale, vom Dachring zum Kronenring laufende und dort eingespannte Rippen die Dachlast als Bogenträger aufnehmen. Die zur seitlichen Aussteifung der Rippen oder zur Unterstützung der Dachhaut ggf. vorzusehenden Ringstäbe (in leichter Ausführung mit Gelenkanschlüssen) sind in das statische System für lotrechte Lasten nicht einbezogen.

Zu Abschnitt 12.1.1., Absatz b 2)

Als Rippenrostgespärre (Bild 4) werden Gespärre wie Absatz b 1) bezeichnet, bei denen die Stäbe eines oder mehrerer Zwischenringe drucksteif ausgeführt und biegesteif an die Rippen angeschlossen werden, und bei denen somit die Ringpolygone zusammen mit den Rippen einen Trägerrost mit radialem Aufbau bilden. Hierbei sind diese Ringe in das statische System einbezogen. Außerdem können aus den gleichen Gründen wie bei Absatz b 1) leichte, gelenkig angeschlossene Ringstäbe vorhanden sein, die nicht in das statische System für lotrechte Lasten einbezogen sind.

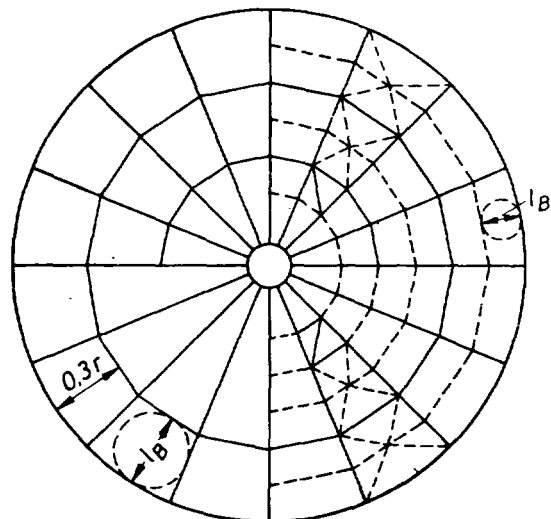
Eine Abart des Rippenrostgespärres bildet das unvollständige Rippenrostgespärre mit Haupt- und Zwischenrippen, bei denen nur die Hauptrippen bis zum Kronenring durchlaufen.



Verbundenes Unverbundenes
Rippengespärre

— — — — — drucksteife Stäbe
- - - - - nicht drucksteife Stäbe

Bild 3



Verbundenes Unverbundenes
Rippenrostgespärre

obere Hälfte: 2 Ringe
untere Hälfte: 1 Ring in $\xi = 0,7$
— — — — — drucksteife Stäbe
- - - - - nicht drucksteife Stäbe

Bild 4

Zu Abschnitt 12.1.1., Absatz b 3)

Unter den Möglichkeiten, Gespärre in der Dachfläche anders als nach Absatz b 1) und b 2) auszubilden, sind die Kreuzwerke und Raumfachwerke zu nennen. Die Kreuzwerke bestehen meist aus zwei Scharen sich kreuzender biegesteifer Rippen, wobei jede Rippe einen ebenen Bogenträger bildet, der am Dachrand aufgelagert ist. Die Kreuzwerke können orthogonalen Aufbau (auf Großkreisen der Kugel) oder rautenförmigen Aufbau haben.

Die Raumfachwerke, d.h. räumlich gekrümmte Fachwerke mit gelenkig angeschlossenen Stäben (Schwedler-Kuppel), sind bei den im Tankbau vorkommenden Verhältnissen von Dachhöhe zu Durchmesser instabil und erhalten

ihre Stabilität erst dadurch, daß z. B. die radialen Stäbe als biegesteife Rippen ausgebildet werden. Damit entsteht aber das statische System der Rippengespärre oder der Rippenrostgespärre, wenn auch noch Polygonringe biegesteif angeschlossen werden. Die Diagonalen der genannten Systeme sind nicht an der Aufnahme von symmetrischen Lasten beteiligt.

Zu Abschnitt 12.1.1., Absatz c)

Konstruktionen mit Bindergespärren, d. h. Konstruktionen mit lotrechten Fachwerkscheiben (Bindern), werden kaum mehr gebaut. Ihr Nachweis bedarf keiner besonderen Erläuterung. Konstruktiv ist dafür zu sorgen, daß der Anschluß der Stäbe an den Kronenring in seitlicher Richtung biegesteif ausgeführt wird, um eine Verdrehung des Kronenringes um die Mantelachse und damit einen Einsturz des Gespärres zu verhindern.

Zu Abschnitt 12.3.

Der kritische Druck für die Durchschlaglast einer unversteiften Kugelschale kann berechnet werden nach der Formel ⁴⁾:

$$p_D = \lambda \left(1 - 0,175 \cdot \frac{\alpha - 20^\circ}{20^\circ} \right) \cdot \left(1 - 0,07 \cdot \frac{a \cdot t_D}{400} \right) \cdot 0,3 E \left(\frac{t_D}{a} \right)^2 \quad (9)$$

für $400 \leq a \cdot t_D \leq 2000$ und $20^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.

Hierin bedeutet λ einen Korrekturbeiwert zwischen 0,6 und 1, der die elastische Einspannung der Dachkalotte in den Zylindermantel berücksichtigt.

Wenn ein ausreichend steifer Dach-Eckring und das Verhältnis der Dicke des obersten Mantelschusses zur Dicke der Dachhaut

$\frac{t_M}{t_D} \geq 1$ gewählt werden, kann $\lambda = 1$ gesetzt werden.

Für $0 < \frac{t_M}{t_D} < 1$ darf λ linear zwischen 0,6 und 1 interpoliert werden.

Für $a \cdot t_D > 2000$ kann der Wert 2000 und für $15^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ kann der Wert 20° eingesetzt werden. Damit ergibt sich für diesen Fall

$$p_D = 0,195 \lambda E \left(\frac{t_D}{a} \right)^2.$$

Zu Abschnitt 12.4.2.

Der Beuldruck p_B der gestützten Kugelhaut darf nach Gleichung (10) bis (13) berechnet werden ⁴⁾.

$$p_B = 0,25 E \left(\frac{t_D}{a} \right)^2 \cdot 0,5 \left(K + \frac{1}{K} \right) \leq 0,5 E \left(\frac{t_D}{a} \right)^2 \quad (10)$$

Für Stahl mit p_B in kp/m^2

$$p_B = 52,6 \delta^2 \text{ für } K \geq 1 \quad (10')$$

$$p_B = 26,3 \delta^2 \left(K + \frac{1}{K} \right) \leq 105 \delta^2 \text{ für } K < 1 \quad (10'')$$

$$\delta = 10^{-4} \cdot t_D \cdot a \quad (11)$$

$$K = \frac{l_B^2}{58,4 a t_D} \quad (12)$$

⁴⁾ Klöppel/Jungbluth, Der Stahlbau 1953, Heft 6, Seite 121

⁵⁾ Klöppel/Roos, Der Stahlbau 1956, Heft 3, Seite 49

⁶⁾ Herber, Der Stahlbau 1956, Heft 9, Seite 216

Hierin ist l_B die erzwungene Beulenlänge und als Durchmesser des dem größten Hautfeld einbeschriebenen Kreises anzusetzen. Ist der Ringabstand größer als der Rippenabstand

$$b_R = 2 r \pi n \text{ am Rand,}$$

so gilt

$$l_B \approx b_R (1 - b_R d) = b_R \left(1 - \frac{\pi}{n} \right) \quad (13)$$

Zu Abschnitt 12.4.3.

Für den Tragsicherheitsnachweis für Rippen- und Rippenrostgespärre von Dächern mit Kugelsegmentform (alle Rippen bis zum Kronenring durchgehend $15^\circ < \alpha < 25^\circ$) unter Vollast gilt⁷⁾:

a) Falls kein genauer Nachweis erbracht wird, können die Schnittgrößen II. Ordnung (nach Division durch r und mit Bezug auf σ_{zul}) aus den Schnittgrößen I. Ordnung (Moment M_x an der Stelle x und Normalkraft N) wie folgt bestimmt werden

$$\Pi M_x = \frac{M_x}{1 - \epsilon} \quad (14)$$

Dieser Wert darf von Rippenmitte zum Kronenring hin bis auf den 0,8fachen Betrag abgemindert, jedoch nicht kleiner als M_x angesetzt werden.

Hierin ist

$$\epsilon = \frac{r N}{6 J_x} \left(\frac{r}{100} \right)^2 \text{ für Rippengespärre} \quad (15)$$

$$\epsilon = \frac{r N}{8 J_x} \left(\frac{r}{100} \right)^2 \text{ für Rippenrostgespärre} \quad (16)$$

(Maßeinheiten für N , r und J_x sowie Berücksichtigung von veränderlichem J_x sind in DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 12.4.3. angegeben.)

Rippen von Rippengespärren $\Pi N = N$ (17)

Rippen von Rippenrostgespärren $\Pi N = N_g - 1,08 N_P$ (18)

Ringstäbe von Rippenrostgespärren $\Pi N_R = 1,5 N_R$ (19)

b) Für die Rippen gilt:

$$\sigma = \frac{\Pi N}{F} + \frac{\Pi M}{W} \leq \sigma_{zul} \quad (20)$$

c) Für die Ringstäbe gilt:

$$\sigma = \frac{\Pi N_R}{F_R} - \frac{M_{\delta}}{W_R} \leq \sigma_{zul} \quad (21)$$

$$\text{bzw.} \quad \sigma = \omega_x \frac{\Pi N_R}{F_R} - 0,9 \frac{M_{\delta}}{W_R} \leq \sigma_{zul} \quad (22)$$

hierin ist M_{δ} das örtliche Moment der Ringstäbe aus der Dachlast.

Für s_{kx} ist die Netzlänge des Ringstabes anzusetzen.

d) Der nach Gl. (20), (21) und (22) geforderte Nachweis genügt (auch bei Verwendung von L-Profilen) ohne besonderen Nachweis von Biegedrillknicken für Stäbe, auf denen die Dachhaut planmäßig aufliegt, wenn die Druckgurte (im Bereich von $0,3 r$ vom Scheitel aus der Untergurt) seitlich so gestützt sind, daß

$$\lambda_y = s_{ky} i_y \leq 180$$

ist.

⁷⁾ Über einen etwaigen Nachweis unter einseitigen Lasten siehe Herber, Der Stahlbau 1956, Heft 9, Seite 216, und Herber, Der Stahlbau 1958, Heft 9, Seite 237

Bei unverbundenen Gespärren ist s_{ky} der Abstand der durch Dachverbände gehaltenen Ringpolygone.

Bei verbundenen Gespärren (im Bereich $0,3 r$ vom Scheitel) ist für s_{ky} der Abstand der seitlichen Aussteifungen des Untergurtes und für i_y der Trägheitsradius des unter der neutralen Faser liegenden Querschnittes anzusetzen.

- e) Beim Nachweis der Querschnittswerte verbundener Gespärrestäbe (Rippen, Ringe) darf von der Dachhaut ein Streifen b'_D in das Profil einbezogen werden. Es ist nach Marguerre^{*)}

$$b'_D \approx 10 t_D \cdot \sqrt[3]{\frac{\sigma_F}{\sigma_o} \cdot \frac{b}{t_D}} \leq b \quad (23)$$

$$b'_D = 10 t_D \cdot \sqrt[3]{b \cdot t_D} \leq b \quad (\text{grobe Näherung, sichere Seite}) \quad (23')$$

Hierin ist:

b Rippenabstand auf dem Kreis durch den betreffenden Punkt oder Ringabstand bei Ringprofilen

σ_F Fließgrenze

σ_o obere Randspannung II. Ordnung im Dachhautstreifen von Breite b'_D infolge $\nu (g_R + p_R)$.

- f) Nachweis der Schnittgröße I. Ordnung für

f1) Rippen- und Rippenrostgespärre:

$$P = \frac{1}{n} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot p_R \quad \text{Rippenlast} \quad (24)$$

$$G = \beta \cdot P \quad \text{Rippengewicht} \quad (25)$$

$$\beta = g_R \cdot p_R \quad (g_R \text{ schließt Verbände usw. ein}) \quad (26)$$

$$N_g = 0,513 \frac{r}{h} G \quad \text{Normalkraft infolge } G \quad (27)$$

$$N_g = 3 G \quad \text{für Sonderfall } a = 1,5 d \quad (27')$$

$$N = N_g + N_p$$

f2) Rippengespärre:

$$N_p = 0,375 \frac{r}{h} P \quad \text{Rippennormalkraft} \quad (28)$$

$$(N_p \approx 1,025 H_p)$$

$$N_p = 2,19 P \quad \text{für Sonderfall } a = 1,5 d \quad (28')$$

$$M_x = P r \left[\frac{1}{3} (1 - \xi^3) - 0,366 \frac{y}{h} \right] \quad (29)$$

$$\max M = M_F = 0,030 P r \quad \text{größtes Feldmoment} \quad (30)$$

Für Kronenring mit Halbmesser $\varrho = 0,1 r$ ist

$$M_K \approx -M_F \quad (31)$$

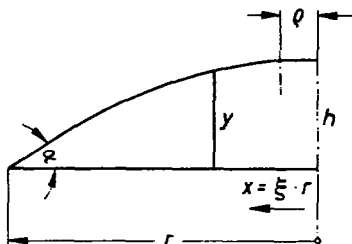


Bild 5

*) Ebner, Luftfahrtforschung, März 1937

f3) Rippenrostgespärre:

Falls kein genauerer Nachweis erbracht wird, darf gesetzt werden:

Größte Feldmomente

$$\text{Ein Ring in } \xi = 0,55 r: M_F = 0,024 P r \quad (32)$$

$$\text{Ein Ring in } \xi = 0,7 r$$

$$\text{oder mit zusätzlichen Ringen: } M_F = 0,020 P r \quad (33)$$

Momente am Kronenring

$$M_K = -0,015 P r \quad (34)$$

(1 oder mehrere Ringe)

Stabkräfte im Feld (Größtwert) infolge P

$$\max N_p = 0,404 \frac{r}{h} P \quad (35)$$

$$\max N_p = 2,36 P \quad \text{für Sonderfall } a = 1,5 d \quad (35')$$

Stabkräfte am Kronenring infolge P

$$\text{Ein Ring in } \xi = 0,55 r: N_{pK} = 0,67 \cdot \max N_p \quad (36)$$

$$\text{Ein Ring in } \xi = 0,7 r: N_{pK} = 0,75 \cdot \max N_p \quad (37)$$

2 oder mehr Ringe gleicher Teilung

$$N_{pk} = 0,55 \max N_p \quad (38)$$

$$\text{Ringstäbe } N_R = 0,072 \cdot n \cdot \max N_p \quad (39)$$

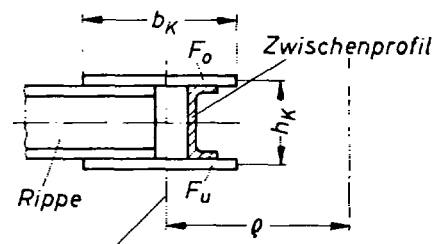
- g) Beim Nachweis des Kronenringes ist mit Rücksicht auf die Voraussetzungen für die Ermittlung der Schnittgrößen (I. und II. Ordnung) für die Gespärre und die einseitigen Belastungen — falls nicht ein genauerer Nachweis für Gespärre und Kronenring erbracht wird — einzuhalten:

$$b_K \geq 2 h_K \quad (40)$$

$$F_o \geq F_u \quad (41)$$

$$h_K^2 \frac{F_o \cdot F_u}{F_o - F_u} \geq \frac{n}{2\pi} J_x \quad (42)$$

b_K, h_K siehe Bild 6



Neutrale Faser von F_o, F_u für Biegung in Plattenebene

Bild 6

F_o, F_u = Flächen der oberen und unteren Ringplatte, in welche ein anliegender Flansch eines Zwischenprofils einbezogen werden kann.

J_x = Trägheitsmoment der Rippe (vgl. auch DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 12.4.3.).

Für die untere Ringplatte mit Fläche F_u und Widerstandsmoment W_u (um ihre lotrechte Schwerachse) ist dann nachzuweisen:

$$\sigma = \frac{R_u}{F_u} + \frac{M_u}{W_u} \leq \sigma_{zul} \quad (43)$$

Hierin ist:

$$R_u \approx \frac{H_u}{2\vartheta} \quad \text{Ringkraft in unterer Platte} \quad (44)$$

$$M_u \approx \frac{\vartheta}{2(3 + \vartheta^2)} \cdot \vartheta \cdot H_u \quad \text{Moment} \quad (45)$$

$$\vartheta = \frac{\pi}{n} \quad (46)$$

Gleichungen (44) und (45) gelten für $\vartheta \leq 0,3$ genau genug⁹⁾.

$$H_u = \frac{e_o}{h_K} \cdot \Pi_{N_K} + \frac{\Pi_{M_K}}{h_K} \quad \text{Radiallast an der unteren Platte} \quad (47)$$

Hierin ist bei verbundenen Gespärren e_o der obere Randabstand von der neutralen Faser des Rippenprofils (im Systempunkt des Kronenringes). Für unverbundene Gespärre mit zur x-Achse symmetrischem Profil (Coder I) ist $e_o \cdot h_K = 0,5$ zu setzen.

- h) Die örtlichen Momente der Ringstäbe¹⁰⁾ sind unter der Annahme zu bestimmen, daß die Dachhaut nur Last zuleitend aber nicht selbsttragend wirkt.
- i) Die zur seitlichen Halterung der Rippen (zusammen mit den Polygonringen) vorgesehenen Verbände¹⁰⁾ in der Dachfläche sind für eine in beiden Richtungen wirkende Gleichstreckenlast von Rippenlänge zu bemessen, deren Größe mit $z \cdot \frac{N}{100}$ anzunehmen ist oder für eine wandernde Einzellast von halber Größe. Hierbei ist N die größte Normalkraft der Rippen, z die Anzahl der Rippen zwischen den Mitten zweier Verbände.
- k) Für Rippen- und Rippenrostgespärre von Kegeldächern (alle Rippen bis zum Kronenring durchgehend) kann der Tragsicherheitsnachweis — falls kein genauerer Nachweis erfolgt — nach Absatz a) bis i) unter Berücksichtigung folgender Änderungen erbracht werden:
 - k 1) An Stelle von p_B nach Absatz a) bis d) ist der Beuldruck der Kegelschale oder $p_B = 0$ zu setzen.
 - k 2) Die Werte nach Gl. (15) und (16) sind um 50 % zu erhöhen.
 - k 3) Die Schnittgrößen I. Ordnung sind nachzuweisen.
- l) Werden bei unvollständigen Rippenrostgespärren die Stabkräfte und Momente der Zwischenrippen durch biegesteif angeschlossene Spreizen in die Hauptrippen übertragen und ist jede zweite Rippe eine Hauptrippe, so kann der Tragsicherheitsnachweis nach Absatz a) bis i) geführt werden, wenn im oberen Teil der Hauptrippe der doppelte Wert von Stabkraft und Moment (II. Ordnung) nach Absatz a) bis f) angesetzt wird. Bei der Bemessung des Kronenringes ist dann für n in Gl. (42) die Anzahl aller Rippen, in Gl. (46) nur die Anzahl der Hauptrippen einzusetzen.

Zu Abschnitt 12.4.4.

- a) Das Versagen einer Dachkonstruktion mit Gespärre in der Dachfläche kann verursacht werden:
 - a 1) durch Erreichen der Stabilitätsgrenze, bevor irgend eine Spannung II. Ordnung (unter Berücksichtigung des Einflusses der Verformung) die Fließgrenze erreicht hat (ideale Durchschlaglast) oder

⁹⁾ Für $\vartheta > 0,3$ siehe „Stahlbau“ ein Handbuch für Studium und Praxis, Band 1, Köln 1956, Seite 183.

¹⁰⁾ Absatz h) und i) können sinngemäß auch bei anderen Gespärren, z. B. Binderespärren, angewendet werden.

- a 2) dadurch, daß die Spannung II. Ordnung in einem Haupttragglied die Fließgrenze erreicht und schließlich die innere Plastizierungsreserve des gefährdeten Querschnittes erschöpft wird (Traglast).

In beiden Fällen ist das äußere Bild des Versagens ein Durchschlagen der Dachkonstruktion. Zur strengen Unterscheidung der Ursachen wird jedoch nur die kritische Last im Falle a 1) als (ideale oder elastische) Durchschlaglast bezeichnet, während die kritische Last im Falle a 2) als Traglast bezeichnet wird.

- b) Wenn kein genauerer Nachweis der (idealen) Durchschlaglast erbracht wird, darf angenommen werden

$$P_{Di} = P_B + P_{Di}^* \quad (48)$$

Hierin ist

P_{Di} der Druck beim Durchschlagen der Gesamtkonstruktion

P_B der Beuldruck der gestützten Dachhaut

P_{Di}^* der Druck beim idealen Durchschlagen des Gespärres.

- c) Für die elastische Durchschlaglast P_{Di}^* der Gespärre gilt für:

- c 1) Kugelsegmentdächer ($\alpha \geq 15^\circ$) mit Rippen- und Rippenrostgespärre:

Die elastische Durchschlaglast kann nach den von Ebner¹¹⁾ für ein Rippengespärre mit Parabelform ermittelten Beziehungen berechnet werden. Hierbei bleibt man für die Kreisform auf der sicheren Seite. Ist die Gesamtlast $q \leq 300 \text{ kp/m}^2$, so ist stets die Traglast maßgebend.

- c 2) Kegeldächer mit Rippen- und Rippenrostgespärren:

Zur Zeit sind P_{Di}^* und P_B nicht bekannt. Es erscheint jedoch aus Analogiegründen zulässig, die mit $P_B = 0$ errechnete Traglast als maßgebend anzusehen, wenn $q \leq 300 \text{ kp/m}^2$ ist.

- d) Für Dächer mit anders gearteten Gespärren in der Dachfläche sind die Traglast und die (elastische) Durchschlaglast zur Zeit nicht bekannt. Die Art des Standsicherheitsnachweises ist in diesem Falle mit der zuständigen Behörde zu vereinbaren (z. B. durch Probebelastungen mit den n -fachen Lasten von DIN 4119 Blatt 1, Abschnitt 6.).

Zu Abschnitt 13. Schwimmdächer

Zu Abschnitt 13.1., Absatz a)

Die Größenverhältnisse zwischen Ponton und Membran werden dem Bauherrn überlassen. Nach Möglichkeit soll die Pontonfläche nicht geringer als 30 % der Gesamtfläche sein.

Zu Abschnitt 13.1., Absatz c)

Sonderausführungen bedürfen einer besonderen Genehmigung durch die zuständige Behörde.

Zu Abschnitt 13.2.

Als schwimmfähig wird ein Dach angesehen, wenn nach Leckwerden der am tiefsten liegende, obere, äußere Rand noch den Flüssigkeitsspiegel berührt. Hierbei ist die geringste Wichte der zu lagernden Flüssigkeit anzusetzen, die vom Bauherrn verbindlich anzugeben ist.

Die Randabdichtung muß so dimensioniert sein, daß sie in der größten Schräglage noch einwandfrei arbeitet.

¹¹⁾ Ebner, Vortrag in Delft 1959, unveröffentlicht.

Zu Abschnitt 13.3.

- a) Bei den Dachblechen werden die Nähte maßgebend für den Spannungsnachweis, vor allem wenn es sich um einseitige Kehlnähte handelt.
- b) Wo durch verhältnismäßig starre Unterstützungen wie Schotte, Gurte oder Unterstützungsfüße auf der Unterseite von Dachblechen Biegezug entsteht, ist bis zum Abstand von 30 cm von einer solchen Unterstützung auch die Unterseite mindestens mit unterbrochenen Kehlnähten von 5 cm Länge auf 25 cm Mittenabstand zu verschweißen.
- c) Die innere Membran eines Ringpontons ist in der Höhenlage möglichst so anzuordnen, daß sich Auftrieb und Eigengewicht bei ihr (mit Berücksichtigung der daran befestigten Stützen) gerade ausgleichen.
- d) Bei der Randbefestigung der inneren Membran ist konstruktiv zu beachten, daß sich der Radialzug entsprechend der vorhandenen Steifigkeit ungleich auf den Rand verteilt. Z. B. wird an der Stelle eines Querschottes des Pontons eine Spannungsanhäufung eintreten, wenn die innere Pontonwand nicht in Höhe der Membran ausgesteift ist. Die innere Pontonwand ist daher in Höhe der Membran zum Schott hin auszusteifen. Die Schweißnähte dieser Aussteifung, die auf Abreißen beansprucht werden, dürfen nicht als einseitige Kehlnaht ausgeführt werden.

Zu Abschnitt 13.4.

- a) Bei den Pontonteilen sollen die Dachstützen nach Möglichkeit in der Nähe der Schotte und Versteifungen liegen und sind mit diesen schub- bzw. biegefest zu verbinden.
- b) Beim Anschluß der Dachstützen an die Innenmembran ist für eine gute Verstärkung der Membranbleche zu sorgen. Ein Verstärkungsblech von 500 mm ϕ und von der doppelten Dicke der Membran, mindestens jedoch 12 mm,

kann als ausreichend angesehen werden. Stoßnähte im Membranblech sollen mindestens 40 cm von Stützenmitte entfernt sein. Sie müssen bis zu 50 cm von Stützenmitte oben und unten verschweißt sein.

- c) Die Stützenentfernung soll das Tausendfache der Membrandicke nicht überschreiten.
- d) Bei hiervon abweichenden Konstruktionen sind die auftretenden Spannungen nachzuweisen.
- e) Beim Nachweis der Biegespannung in Bodenblech und Verstärkungsplatte kann angenommen werden, daß die gemeinsame Steifigkeit von Bodenblech und der mit einer durchlaufenden Randnaht damit verbundenen Verstärkungsplatte durch ein Ersatzträgheitsmoment

$$J_v = 0.6 J_1 + 0.4 J_2$$

erfaßt werden kann, wobei

J_1 = Summe der Einzelträgheitsmomente von Bodenblech und Verstärkungsplatte
und

J_2 = Trägheitsmoment eines Bleches von der Gesamtdicke von Bodenblech und Verstärkungsplatte.

Von dem ermittelten Gesamtmoment M entfällt der Anteil

$$M_B = M \cdot \frac{J_1}{J_v}$$

als reines Biegemoment auf die beiden Einzelbleche und kann auf diese weiter entsprechend dem Verhältnis ihrer Einzelträgheitsmomente aufgeteilt werden. Der Rest des Gesamtmomentes muß dann als Normalkräftepaar mit dem Hebelarm = Abstand der beiden Blechmitten voneinander aufgenommen werden. Es ergeben sich daraus je eine größte Randspannung für das untere und für das obere Blech.

— MBl. NW. 1964 S. 899.

23237

DIN 52 612 — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät

RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 8. 6. 1964 —
II B 1 — 2.793 Nr. 1000 64

1. Vom Fachnormenausschuß Materialprüfung unter Mitwirkung der Fachnormenausschüsse Bauwesen und Kunststoffe des Deutschen Normenausschusses sind die Normblätter DIN 52 612 Blatt 1 und Blatt 2 überarbeitet und in neuer Fassung herausgegeben worden. Diese Normblätter

DIN 52 612 Blatt 1 (Ausgabe Februar 1963) —

Anlage 1

Wärmeschutztechnische Prüfungen; Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät; Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung — und

DIN 52 612 Blatt 2 (Ausgabe Februar 1963) —

Anlage 2

Wärmeschutztechnische Prüfungen; Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät; Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit für die Anwendung im Bauwesen —

werden nach § 3 Abs. 3 der Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NW) v. 25. Juni 1962 (GV. NW. S. 373 · SGV. NW. 232) als Hinweis für die Bauaufsichtsbehörden eingeführt.

Die neue Ausgabe dieser Normblätter tritt an die Stelle der Ausgabe Juli 1959, auf die ich mit RdErl. v. 13. 5. 1960 (MBL. NW. S. 1549 · SMBl. NW. 23237) die Bauaufsichtsbehörden hingewiesen habe.

2. Für die Prüfung der Wärmeleitfähigkeit kommen folgende Prüfungsanstalten in Betracht:

Institut für Bauforschung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, 51 Aachen, Schinkelstraße

Bundesanstalt für Materialprüfung, 1 Berlin 45, Unter den Eichen 87

Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Hochschule Braunschweig, Amtliche Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen, 33 Braunschweig, Schleinitzstraße

Lehrstuhl für Heizungs- und Trocknungstechnik der Technischen Hochschule Darmstadt, 61 Darmstadt, Alexanderstraße

Staatliches Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, 46 Dortmund-Aplerbeck, Marsbruchstraße 186

Institut für Schall- und Wärmeschutz, 43 Essen-Steele, Krekelerweg 48

Baustoffprüfamt der Freien und Hansestadt Hamburg, 2 Hamburg, Kampstraße 41

Institut für Materialprüfung und Forschung des Bauwesens der Technischen Hochschule Hannover, Amtliche Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen, 3 Hannover, Nienburger Straße 3

Bayerisches Staatliches Prüfamt für technische Physik bei der Technischen Hochschule München, 8 München, Arcisstraße 2

Forschungsheim für Wärmeschutz, 8 München, Doranstraße 46

Bayerische Landesgewerbeanstalt, Materialprüfungsamt Nürnberg, 85 Nürnberg, Gewerbemuseumsplatz 2

Institut für Technische Physik der Fraunhofergesellschaft, 7 Stuttgart-Degerloch, Königstraße 70—74

Prüfungszeugnisse über die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen sind nur dann anzuerkennen, wenn der in DIN 52 612 Blatt 2 aufgeführte Vordruck für die Aufstellung des Prüfungszeugnisses verwendet ist.

3. Schaumkunststoffe auf Polystyrolbasis haben nach den bisherigen Untersuchungen einen praktischen Feuchtigkeitsgehalt unter 5 Gew.-%. Bei diesen Stoffen kann daher bei der Ermittlung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit mit einem Zuschlag von 10% auf die Wärmeleitfähigkeit im trockenen Zustand gerechnet werden, auch wenn nicht nachgewiesen worden ist, daß der Schaumkunststoff „geschlossen-zellig“ ist (vgl. Zeile 10 der Tabelle in DIN 52 612 Bl. 2).
4. Meinen RdErl. v. 13. 5. 1960 (MBL. NW. S. 1549 · SMBl. NW. 23237) hebe ich auf.
5. Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW. eingeführten Technischen Baubestimmungen ist in Abschn. 8.3 entsprechend zu ändern.

	Wärmeschutztechnische Prüfungen Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung	DIN 52612 Blatt 1
--	--	--

1. Zweck

Diese Norm dient dazu, bei der Güteprüfung von Stoffen das Verfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät zu vereinheitlichen.

Wärmeübertragung siehe DIN 1341

Wärmeschutz im Hochbau siehe DIN 4108

Bestimmung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit für die Anwendung im Bauwesen siehe DIN 52 612 Blatt 2

Prüfung der Wärmedurchlässigkeit von Wänden und Decken siehe DIN 52 611

Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach dem Rohrverfahren siehe DIN 52 613

2. Anwendungsbereich

Das Plattengerät¹⁾ dient zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Stoffen in der Form von ebenen Platten. Das Meßverfahren ist außer für homogene Stoffe auch für angenähert homogene, poröse, faserige, körnige Stoffe und für Schaumstoffe geeignet (vgl. Fußnote 4 und Abschnitt 11.4). Die Anwendung ist aber auf Stoffe mit einer Wärmeleitfähigkeit kleiner als 2 kcal/(m h grd) beschränkt.

3. Begriff

Die Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitzahl) ist eine Stoffeigenschaft, die bestimmt, wie groß in einem gegebenen Temperaturfeld der Wärmestrom ist, der die Meßfläche unter der Wirkung des in Richtung der Flächennormale genommenen Temperaturgefälles durchströmt²⁾. Die Wärmeleitfähigkeit hat das Formelzeichen λ .

4. Einheiten

Die Wärmeleitfähigkeit λ wird vorzugsweise in $\frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}}$ angegeben.

Zum Umrechnen in andere Einheiten dient Tabelle 1³⁾.

Tabelle 1

	$\frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{cm s grd}}$	$\frac{\text{W}}{\text{cm grd}}$	$\frac{\text{W}}{\text{m grd}}$
$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}}$	1	0,002778	0,01163	1,163
$1 \frac{\text{cal}}{\text{cm s grd}}$	360	1	4,1868	418,68
$1 \frac{\text{W}}{\text{cm grd}}$	85,98	0,2388	1	100
$1 \frac{\text{W}}{\text{m grd}}$	0,8598	0,002388	0,01	1

Für das Umrechnen von λ in angelsächsische Einheiten und umgekehrt gilt:

$$1 \frac{\text{Btu}}{\text{ft h degF}} = 1,488 \frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}} = 0,672 \frac{\text{Btu}}{\text{ft h degF}}$$

$$1 \frac{\text{Btu in}}{\text{ft}^2 \text{ h degF}} = 0,1240 \frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m h grd}} = 8,064 \frac{\text{Btu in}}{\text{ft}^2 \text{ h degF}}$$

¹⁾ Poensgen, R.: Ein technisches Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe. Z. VDI Bd. 56 (1912) S. 1653 — 1658.

²⁾ Siehe DIN 1341

³⁾ Die aufgeführte Kalorie (cal) entspricht der auf der 5. Internationalen Dampftafel-Konferenz, London 1956, festgelegten Kalorie 1 cal = 4,1868 J.

*) Frühere Ausgaben: 7. 59

Änderung Februar 1963:

Wärmefußplatte beim Einplattenverfahren gestrichen. Extrapolation in Abschnitt 10.3 in Kann-Bestimmung geändert. Angabe, die Wärmeleitfähigkeit auf zwei benannte Ziffern zu runden, aufgenommen. In den Erläuterungen auf den Einfluß der Wärmestrahlung hingewiesen.

5. Beschreibung des Verfahrens

5.1. Zweiplattenverfahren

Beim Prüfverfahren mit dem Zweiplattengerät (Bild 1) wird die mittlere Wärmeleitfähigkeit an zwei plattenförmigen Proben ermittelt, die symmetrisch zu beiden Seiten einer geheizten Platte (Heizplatte) angeordnet sind. An den gegenüberliegenden äußeren Oberflächen der Proben wird die Wärme durch Kühlplatten abgeführt. Zur Verhinderung seitlicher Wärmeverluste ist die Heizplatte von einem Heizring umgeben, dessen Innenrandfläche die gleiche Temperatur wie die Heizplatte hat.

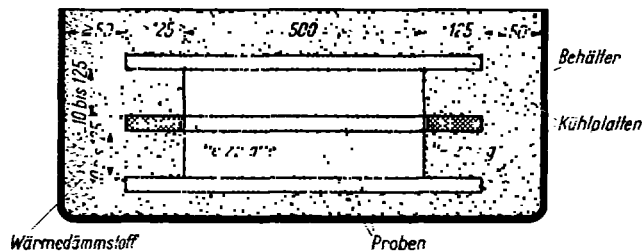


Bild 1. 500-mm-Gerät für das Zweiplattenverfahren (Normalgerät)

5.2. Einplattenverfahren

An Stelle der Prüfung nach dem Zweiplattenverfahren ist auch die Prüfung mit nur einer plattenförmigen Probe zulässig. Hierbei wird die Heizplatte auf ihrer freien Seite durch eine Gegenheizplatte abgeschirmt (Bild 2).



Bild 2. Schema der Versuchsanordnung beim Einplattenverfahren

6. Prüfgerät

6.1. Das Normalgerät (siehe Bild 1) hat eine quadratische Heizplatte mit einer Seitenlänge von 500 mm (500-mm-Gerät).

Genügend homogene Stoffe⁴⁾ können mit kleineren Heizplatten geprüft werden, deren Form auch kreisförmig sein darf. Die Seitenlänge oder der Durchmesser dürfen aber nicht kleiner als 120 mm sein.

Die Breite des Heizringes muß mindestens $\frac{1}{4}$ der Seitenlänge der Heizplatte (beim Normalgerät also 125 mm) sein. Bei Heizplatten unter 200 mm Seitenlänge bzw. Durchmesser muß der Heizring breiter sein als $\frac{1}{4}$ der Seitenlänge bzw. des Durchmessers.

Die Kühlplatten bzw. die Gegenheizplatte müssen Heizplatte und Heizring überdecken.

Für die Heizplatte soll ein Werkstoff mit guter Wärmeleitfähigkeit verwendet werden (z. B. Kupfer oder gutleitendes Leichtmetall).

Heizplatte und in der Regel auch der Heizring werden elektrisch geheizt.

⁴⁾ Homogen hinsichtlich der Massenverteilung ist ein Körper, wenn die Dichte überall gleich ist, d. h., wenn die gemessenen Einzelwerte der Dichte innerhalb der Meßunsicherheit mit seiner mittleren Dichte übereinstimmen.

6.2. Temperaturmeßeinrichtungen sind erforderlich:

- für die Oberflächentemperaturen der Proben jeweils auf beiden Seiten,
- für die Temperaturdifferenz zwischen Heizplatte und Heizring,
- beim Einplattenverfahren außerdem für die Temperaturdifferenz zwischen Heizplatte (freie Seite) und Gegenheizplatte.

In der Regel sind hierfür Thermoelemente vorzusehen; ihre Anzahl richtet sich nach der Größe und Homogenität der Proben.

7. Probenahme

Für die Probenahme gelten die für die verschiedenen Stoffe bestehenden Normen.

Andernfalls sind die Proben so zu entnehmen, daß sie dem Durchschnitt der Lieferung oder der Herstellung entsprechen.

8. Probenabmessungen und Vorbehandlung der Proben

8.1. Die Seitenlänge der Proben muß mindestens gleich der Seitenlänge der Heizplatte (beim Normalgerät 500 mm) sein. Beim Normalgerät dürfen die Proben nicht dicker als 125 mm und nicht dünner als 10 mm sein. Für Geräte mit kleineren Heizplatten werden die Abmessungen nach Tabelle 2 empfohlen:

Tabelle 2

Seitenlänge bzw. Durchmesser der Heizplatte mm	größte Dicke mm	kleinste Dicke mm
200	20	5
120	10	5

8.2. Für die Prüfung von losen Stoffen wird für das Zweiplattenverfahren (Normalgerät) eine Probenmenge von etwa 100 dm³ benötigt.

8.3. Beim Zweiplattenverfahren dürfen sich die mittleren Dicken und die mittleren Rohdichten (Raumgewichte) der beiden zu einem Versuch benutzten Proben um nicht mehr als 10 % unterscheiden.

8.4. Die Oberflächen von festen, plattenförmigen Proben sollen möglichst eben und planparallel sein.

8.5. Müssen die Proben aus einzelnen Stücken gleicher Dicke zusammengesetzt werden, so sind die Seitenflächen der Stücke derart zu bearbeiten, daß sie ohne Luftzwischenräume aneinanderstoßen. Ein Vermörteln oder sonstiges Dichten von Stoßfugen, die senkrecht zur Heizplatte verlaufen, ist zulässig, sofern der Anteil der Fugenflächen 5 % der Proben-Grundfläche nicht überschreitet.

8.6. Bei losen und leicht zusammendrückbaren Stoffen wird der erforderliche Abstand zwischen Heizplatte und Kühlplatte mit Hilfe von Distanzstücken möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit eingehalten. Lose Stoffe erhalten außerdem eine Randbegrenzung.

8.7. Die lose Schichtung von Probplatten ist unzulässig.

8.8. Vor dem Versuch sind die Proben bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C (normaler Druck) zu trocknen. Sofern bei 105 °C Trocknungstemperatur Eigenschaftsänderungen der Stoffe zu befürchten sind, z. B. bei gipshaltigen Stoffen oder bei Schaumstoffen, ist bei 40 °C zu trocknen (siehe Erläuterungen).

Da die Proben während der Prüfung Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen können, ist ihr mittlerer Feuchtigkeitsgehalt nach dem Versuch durch nochmaliges Wägen festzustellen. Überschreitet dieser Gehalt die Werte der Tabelle 3, so ist die Prüfung mit wasserdampfdichter Umhüllung zu wiederholen.

In Ausnahmefällen kann nach Vereinbarung die Prüfung auch an Proben in lufttrockenem Zustand innerhalb des durch Tabelle 3 gegebenen Rahmens durchgeführt werden.

9. Einbau der Probeplatten in das Gerät

9.1. Die Probeplatten sind vor dem Versuch auszumessen und zu wägen. Eine zur Mittelwertbildung ausreichende Anzahl von Einzelmessungen ist durchzuführen.

9.2. Luftzwischenräume zwischen den Proben einerseits und den Heiz- und Kühlplatten andererseits müssen unbedingt vermieden werden. Bei Stoffen, die sich der Oberfläche der Heiz- und Kühlplatten nicht anpassen, können Luftzwischenräume durch Ausgleichsschichten (z. B. Vollgummi mit einer Shorehärte A von höchstens 40) vermieden werden.

9.3. Sämtliche Hohlräume im Gerät werden mit einem Dämmstoff möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit ausgefüllt, vor allem der Ringraum (Schutzring) zwischen Heizring und Kühlplatten. Bei Stoffen geringer Wärmeleitfähigkeit empfiehlt es sich, auch den Schutzring aus dem Probenmaterial herzustellen, d. h., die Proben werden in diesem Fall in solchen Größen zugeschnitten, daß sie Heizplatte und Heizring vollkommen überdecken. Bei mehrschichtigen Proben muß in allen Fällen der Schutzring aus dem Material der Proben und in gleicher Schichtung hergestellt sein.

9.4. Es ist wichtig, daß die Temperaturen der Oberflächen der Proben und nicht die der Heizplatten oder Kühlplatten oder der Ausgleichsschichten gemessen werden. Die Temperaturfühler müssen also an der Oberfläche der Proben dicht anliegen, ohne den guten Kontakt zwischen Probe und Heiz- bzw. Kühlplatten zu gefährden. Dies kann dadurch erreicht werden, daß die Temperaturfühler und ihre Zuleitungen in Rillen an der Oberfläche der Proben verlegt, oder daß genügend dünne Temperaturfühler verwendet werden⁵⁾.

Bei Proben aus weichen, nachgiebigen Stoffen oder aus schlecht leitenden Stoffen, die eine sehr ebene Oberfläche haben, ist es auch zulässig, die Thermoelemente in Bohrungen an der Oberfläche der Heiz- bzw. Kühlplatten zu verlegen.

10. Versuchsdurchführung

10.1. Die Temperaturdifferenz zwischen den kalten und warmen Oberflächen der Proben wird zweckmäßig nicht kleiner als etwa 10 grd gewählt.

10.2. Mit dem Messen wird erst begonnen, wenn der „stationäre Zustand“ erreicht ist, d. h., wenn die zeitlich aufeinanderfolgenden, genügend lange beobachteten Einzelmesswerte der Temperaturen nicht mehr in einer Richtung zu- oder abnehmen.

⁵⁾ Es wird empfohlen, z. B. bei Anwendung von Thermoelementen Drähte von einer Dicke $\leq 0,2$ mm zu nehmen.

Tabelle 3. Höchstzulässiger Feuchtigkeitsgehalt von Bau- und Dämmstoffen bei der Prüfung der Wärmeleitfähigkeit

Zeile	Stoff	Feuchtigkeitsgehalt	
		volumetrisch u_v %	gewichtsmäßig u_g %
1	Ziegel	0,5	—
2	Hautwerkporiger Kies- und Splittbeton	2,0	—
3	Sonstige nichtgebrannte anorganische Baustoffe; wie Beton mit geschlossenem Gefüge, Kalksandsteine, Schlacken- und Bimsbaustoffe, Hüttensteine, Ziegelsplittbeton, Gas- und Schaumbeton, Steinholz, anorganische Baustoffe in loser Schüttung	2,5	—
4	Gipsplatten	1	—
5	Asphalt	< 0,5	—
6	Mineralische Faserdämmstoffe nach DIN 18 165	—	3
7	Holz, Holzspanplatten, Holzfasernplatten, Schilfrohrplatten und -matten, Holzwolle - Leichtbauplatten, Torfplatten, sonstige pflanzliche Faserdämmstoffe mit Bindemitteln nach DIN 18 165	—	15
8	Pflanzliche Faserdämmstoffe ohne Bindemittel nach DIN 18 165	—	15
9	Korkerzeugnisse	—	5
10	Schaumkunststoffe nach DIN 7726	—	2

10.3. Der Versuch muß bei mindestens drei verschiedenen Mitteltemperaturen durchgeführt werden, deren gegenseitiger Abstand nicht kleiner als 8 grad sein darf. Es ist anzustreben, daß diese Mitteltemperaturen den Temperaturbereich, in dem der Stoff praktisch verwendet werden soll, überdecken oder ihm möglichst nahe kommen.

Bei Messungen unterhalb 20 °C ist mit Schwierigkeiten durch Tauwasserbildung zu rechnen.

Für den Fall, daß als Prüfungsergebnis die Wärmeleitfähigkeit z. B. bei 10 °C oder 0 °C angegeben werden soll, kann auch aus 3 Meßpunkten oberhalb 20 °C (bei Mitteltemperaturen im Abstand 8 grad) auf die Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C oder 0 °C extrapoliert werden. Auch in einem solchen Fall sind die Einzelmesswerte mit anzugeben.

10.4. Soll die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes geprüft werden, für die ein zulässiger Höchstwert bei einer bestimmten Bezugstemperatur festliegt (Abnahmeversuch), dann kann der Versuch bei nur 2 verschiedenen Mitteltemperaturen vorgenommen werden. Auch in diesem Fall ist darauf zu achten, daß die Meßergebnisse nicht durch Tauwasserbildung beeinträchtigt werden (vergleiche Abschnitt 10.3).

11. Auswertung der Meßergebnisse

Für die Auswertung gelten folgende Formelzeichen:

Q Wärmestrom, der im stationären Zustand senkrecht durch die Probe strömt, in kcal/h

A Fläche der Heizplatte in m^2

s mittlere Dicke einer Probe in m

s_m mittlere Dicke der beiden Proben beim Zweiplattenverfahren in m

t_w mittlere Temperatur der Oberfläche einer Probe an der Heizplatte (warme Oberfläche) in °C

t_k mittlere Temperatur der Oberfläche einer Probe an der Kühlplatte (kalte Oberfläche) in °C

$t_{wm} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$ mittlere Temperatur der warmen Oberflächen der beiden Proben beim Zweiplattenverfahren in °C

$t_{km} = \frac{t_{k1} + t_{k2}}{2}$ mittlere Temperatur der kalten Oberflächen der beiden Proben beim Zweiplattenverfahren in °C

$(t_w - t_k)$ Temperaturdifferenz zwischen der kalten und warmen Oberfläche einer Probe in grad

$(t_{wm} - t_{km})$ mittlere Temperaturdifferenz zwischen den kalten und warmen Oberflächen der Proben beim Zweiplattenverfahren in grad

11.1. Bei elektrischer Heizung mit Gleichstrom ist der Wärmestrom

$$Q = 0,86 U \cdot I \quad (1)$$

Q	U	I
kcal/h	V	A

wobei U die Spannung an den Klemmen der Heizplatte und I die Stromstärke (Heizstrom) bedeuten.

11.2. Die Wärmeleitfähigkeit λ wird wie folgt berechnet:

11.2.1. Zweiplattenverfahren

$$\lambda = \frac{Q \cdot s_m}{2 A (t_{wm} - t_{km})} \quad (2)$$

λ	Q	A	t	s
$\frac{\text{kcal}}{\text{m h grad}}$	kcal/h	m^2	°C	m

Dabei ist vorausgesetzt, daß der exakte, eigentlich in den Nenner der rechten Seite der Gleichung (2) einzusetzende Ausdruck

$$\frac{(t_w - t_k)_1}{s_1} + \frac{(t_w - t_k)_2}{s_2} \text{ gleich } \frac{2(t_{wm} - t_{km})}{s_m}$$

gesetzt werden darf. Dies ist zulässig, wenn folgende Bedingung eingehalten wird

$$\frac{(t_w - t_k)_1 - (t_w - t_k)_2}{t_{wm} - t_{km}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

und auch Abschnitt 8.3 beachtet worden ist.

11.2.2. Einplattenverfahren

$$\lambda = \frac{Q \cdot s}{A (t_w - t_k)} \quad (3)$$

11.3. Die berechnete Wärmeleitfähigkeit ist jeweils auf die mittlere Temperatur t_m zwischen der warmen und der kalten Oberfläche zu beziehen.

$$t_m = \frac{1}{2} (t_{wm} + t_{km}) \text{ bzw. } \frac{1}{2} (t_w + t_k) \quad (4)$$

11.4. Wärmedurchlaßwiderstand mehrschichtiger Proben

Die Wärmeleitfähigkeit kann nur für angenähert homogene Stoffe berechnet werden. Bei senkrecht zum Wärmefluß geschichteten Stoffen mit verschiedener Wärmeleitfähigkeit ist der Wärmedurchlaßwiderstand (die Wärmedämmung)

$$\frac{1}{A} = \frac{2 A (t_{wm} - t_{km})}{Q} \quad (\text{Zweiplattenverfahren}) \quad (5)$$

bzw.

$$\frac{1}{A} = \frac{A (t_w - t_k)}{Q} \quad (\text{Einplattenverfahren}) \quad (6)$$

anzugeben⁴⁾.

11.5. Rohdichte (Raumgewicht) ρ_R des trockenen Stoffes

$$\text{Es ist } \rho_R = \frac{G_{tr}}{V} \quad (7)$$

Hierin bedeuten:

G_{tr} Gewicht (Masse) der Probe nach dem Trocknen

V Volumen der Probe

Die Rohdichte (das Raumgewicht) wird in kg/m^3 angegeben. Für Schaumstoffe siehe DIN 53 420

11.6. Feuchtigkeitsgehalt

Gewichtsmäßiger Feuchtigkeitsgehalt u_g in %

$$u_g = \frac{G_f - G_{tr}}{G_{tr}} \cdot 100\% \quad (8)$$

⁴⁾ siehe auch DIN 4108 (Ausgabe Mai 1960) „Wärmeschutz im Hochbau“ Abschnitt 3.08

Volumetrischer Feuchtigkeitsgehalt u_v in %

$$u_v = \frac{u_g \cdot \rho_R}{\rho_w} \quad (9)$$

Hierin bedeuten:

G_{tr} Gewicht (Masse) der Probe nach dem Trocknen

G_f Gewicht (Masse) der Probe vor dem Trocknen

ρ_w Dichte des Wassers bei 20 °C $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$

12. Prüffehler

Der Wiederholstreibereich (DIN 51 849) bei der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach dieser Norm beträgt $\pm 5\%$ unter der Voraussetzung, daß alle meßtechnischen Regeln sorgfältig eingehalten werden.

13. Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

13.1. Probenahme

Ort, Datum und Art

13.2. Beschreibung des geprüften Stoffes

Art, Bezeichnung, Lieferform

13.3. Prüfgerät

Sofern nicht mit dem Normalgerät gearbeitet wird, sind anzugeben:

Art des Gerätes (Einplatten-, Zweiplattengerät)

Heizflächengröße und -form

Anordnung der Probe im Gerät (Skizze)

13.4. Abmessungen und Gewichte der Proben

Für jede Probe sind anzugeben:

Abmessungen

Rohdichten (Raumgewichte) im trockenen Zustand

Flächengewichte

Trocknungstemperatur

Feuchtigkeitsgehalte nach dem Versuch

13.5. Versuchswerte

Für jeden Versuch sind anzugeben:

Prüftemperaturen, auf ganze Celsiusgrad gerundet⁷⁾

Temperaturdifferenzen, auf zehntel grad gerundet⁷⁾

Wärmeleitfähigkeit oder Wärmedurchlaßwiderstand, auf zwei benannte Ziffern gerundet⁷⁾

⁷⁾ Rundungsregeln siehe DIN 1333

Erläuterungen

Zu Abschnitt 1

Das Messen der Wärmeleitfähigkeit ist nicht so einfach, daß ein Bearbeiter — nur gestützt auf diese Norm — ohne spezielle Erfahrung richtige Ergebnisse erwarten darf. Ausreichende Erfahrung auf den Gebieten der Theorie der Wärmeströmung und der Temperaturmessung sowie der einschlägigen Laboratoriumspraxis sind unerlässlich. Aus diesem Grund ist auf eine zu enge Fassung der Norm verzichtet worden; vor allem soll durch sie die Anwendung anderer geeigneter Prüfverfahren (z. B. die Verwendung von Wärmeflußmessern) in wissenschaftlichen Instituten nicht eingeschränkt werden.

Zu Abschnitt 6.1

Bei Stoffen, bei deren Prüfung die Wärmestrahlung von Einfluß sein kann, (z. B. Stoffen mit profilierter Oberfläche, dünnen strahlungsdurchlässigen Stoffen), sind die Oberflächen der Heiz- und Kühlplatte so zu behandeln, daß sie eine möglichst hohe Strahlungszahl haben.

Zu Abschnitt 8.8

Sofern das Trocknen im Wärmeschrank bei 105 °C durchgeführt wird, ist hinreichende Gewichtskonstanz meist in kurzer Zeit erreichbar. Eine Änderung des Gewichts um etwa 1 bis 2 ‰ in einem Zeitraum von 6 Stunden dürfte als noch zulässig betrachtet werden. Bei temperaturempfindlichen Stoffen sind die höchstzulässigen Trocknungstemperaturen vom Hersteller zu erfragen. Sind diese niedrig, so empfiehlt sich zum Erreichen rascherer Trocknung die Anwendung von Vakuum (Wasserstrahlpumpe).

Bei der Bestimmung des Trockengewichts von Dämmstoffen pflanzlichen Ursprungs (siehe Tabelle 3, Zeile 8 und 9) können erhebliche Fehler dadurch entstehen, daß die Proben Gelegenheit haben, vor dem Wägen Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen. Falls die Proben nicht unmittelbar aus dem Wärmeschrank auf die Waage gebracht werden können, müssen sie im Exsikkator abgekühlt werden.

	Wärmeschutztechnische Prüfungen Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit für die Anwendung im Bauwesen	DIN 52612 Blatt 2
--	--	--

1. Anwendungsbereich

1.1. Für den Nachweis, daß die Wärmeleitfähigkeit des geprüften Stoffes dem in DIN 4108 (Ausgabe Mai 1960) Tafel 1 genannten Rechenwert entspricht.

1.2. Für die Ermittlung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit für Stoffe, die in DIN 4108 nicht aufgeführt sind.

2. Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung

Siehe DIN 52 612 Blatt 1

3. Berechnung

3.1. Zur Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes (der Wärmedämmung) von Baukonstruktionen ist diejenige Wärmeleitfähigkeit zu benutzen, die aus der gemessenen Wärmeleitfähigkeit auf eine Mitteltemperatur von 10 °C und den praktischen Feuchtigkeitsgehalt¹⁾ des Bau- oder Dämmstoffes umgerechnet wird. Dieser Wert heißt Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit λ_R .

3.2. Zu diesem Zweck wird zunächst aus den Meßwerten der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 52 612 Blatt 1, Ausgabe Februar 1963, Abschnitt 10.3 die Wärmeleitfähigkeit λ_{10} für 10 °C Mitteltemperatur bestimmt.

1) Unter praktischem Feuchtigkeitsgehalt versteht man den Feuchtigkeitsgehalt, der bei der Untersuchung genügend ausgetrockneter Bauten, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, in 90% aller Fälle nicht überschritten wurde.

*) Frühere Ausgaben: 7. 59

Änderung Februar 1963:

Angaben für Schaumstoffe auf Schaumkunststoffe beschränkt und diese in geschlossenzellig und offenzellig unterteilt. In der Tabelle Holz gestrichen und für geschlossenzellige Schaumkunststoffe dieselben Werte wie für mineralische Faserdämmstoffe festgelegt. Die Bedingungen im Abschnitt 3.3 durch Gleichungen dargestellt. Den Vordruck geändert.

3.3. Auf den so gefundenen Wert $\lambda_{10,g}$ wird dann ein Zuschlag nach der Tabelle gemacht, vorausgesetzt, daß die Wärmeleitfähigkeit an einer völlig trockenen Probe gemessen wurde. War das nicht der Fall, so wird aus dem gefundenen Wert $\lambda_{10,g}$ der „trockene“ Wert $\lambda_{10,tr}$ aus folgenden Zahlenwertgleichungen errechnet:

bei anorganischen Stoffen

$$\lambda_{10,tr} = \frac{\lambda_{10,g}}{1 + \frac{6 \cdot u_v}{100}} \quad (1)$$

bei organischen Stoffen mit Bindemitteln

$$\lambda_{10,tr} = \frac{\lambda_{10,g}}{1 + \frac{u_g}{100}} \quad (2)$$

bei organischen Stoffen ohne Bindemittel

$$\lambda_{10,tr} = \frac{\lambda_{10,g}}{1 + \frac{u_g}{200}} \quad (3)$$

Dabei ist Voraussetzung, daß der für die Prüfung höchstzulässige Feuchtigkeitsgehalt der Tabelle 3 in DIN 52 612 Blatt 1 bei der Prüfung nicht überschritten wurde.

Zuschläge zur Berechnung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit

Zeile	Stoff	Praktischer Feuchtigkeitsgehalt		Zuschlag auf die Wärmeleitfähigkeit in trockenem Zustand %
		volumetrisch u_v %	gewichtsmäßig u_g %	
1	Ziegel voll	1	—	20
	gelocht	2	—	25
2	Haufwerkporiger Kies- und Splittbeton	4	—	40
3	Sonstige nicht gebrannte anorganische Baustoffe: wie Beton mit geschlossenem Gefüge, Kalksandsteine, Schlacken- und Bimsbaustoffe, Hüttensteine, Ziegelsplittbeton, Gas- und Schaumbeton, Steinholz, anorganische Baustoffe in loser Schüttung	5	—	60
4	Gipsplatten	2	—	25
5	Asphalt	< 0,5	—	10 *)
6	Mineralische Faserdämmstoffe nach DIN 18 165	—	5	10 *)
7	Holzspanplatten, Holzfaserplatten, Schilfrohrplatten und -matten, Holzwolle-Leichtbauplatten, Torfplatten, sonstige pflanzliche Faserdämmstoffe mit Bindemitteln nach DIN 18 165	—	20	20
8	Pflanzliche Faserdämmstoffe ohne Bindemittel nach DIN 18 165	—	15	10 *)
9	Korkerzeugnisse	—	10	10 *)
10	Schaumkunststoffe nach DIN 7726 geschlossenzellig ****)	—	5	10 *)
	offenzellig ****)	—	— **)	20 ***)

*) Auch mit Rücksicht auf die unvermeidbaren Beschädigungen beim praktischen Einbau.

**) Die bisher an einzelnen Bauten gefundenen Meßergebnisse des praktischen Feuchtigkeitsgehaltes erlauben zur Zeit noch nicht die Angabe eines mittleren Wertes.

***) Mit Rücksicht auf die unvermeidbaren Beschädigungen beim praktischen Einbau und wegen der Bemerkungen unter **).

****) Falls nicht die Eigenschaft „geschlossenzellig“ am Schaumkunststoff besonders nachgewiesen wird, ist bei der Ermittlung des Rechenwertes der Wärmeleitfähigkeit der Schaumkunststoff als „offenzellig“ anzunehmen.

Einzelpreis dieser Nummer 2,80 DM

Einzellieferungen nur durch den August Bagel Verlag, Düsseldorf, gegen Voreinsendung des Betrages zuzügl. Versandkosten (Einzelheft 0,25 DM) auf das Postscheckkonto Köln 85 16 oder auf das Girokonto 35 415 bei der Rhein. Girozentrale und Provinzialbank Düsseldorf. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.)

In der Regel sind nur noch die Nummern des laufenden und des vorhergehenden Jahrgangs lieferbar.

Wenn nicht innerhalb von acht Tagen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen.

Eine besondere Benachrichtigung erfolgt nicht.

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. Mannesmannufer 1 a. Druck: A. Bagel, Düsseldorf; Vertrieb: August Bagel Verlag Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck) und B (einseitiger Druck) durch die Post. Ministerialblätter, in denen nur ein Sachgebiet behandelt ist, werden auch in der Ausgabe B zweiseitig bedruckt geliefert. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 13,45 DM, Ausgabe B 14,65 DM.

Für die Aufstellung der Prüfungszeugnisse wird nachstehender Vordruck empfohlen.

Wärmeleitfähigkeit nach DIN 52612

Antragsteller:

Probenahme:

Ort:

Datum:

Art:

Geprüfter Stoff (Beschreibung):

Prüfgerät:

Abmessungen und Eigenschaften der Proben:

Eigenschaft	Zeichen	Einheit	Probe	
			1	2
Länge bzw. Durchmesser	l bzw. d	cm		
Breite	b	cm		
Dicke in eingebautem Zustand	s	cm		
Rohdichte (Raumgewicht) in trockenem Zustand	ρ_R	kg/m ³		
Flächengewicht	G_F	kg/m ²		

Meßwerte:

Versuch	Mitteltemperatur der warmen Proben-Oberfläche	Mitteltemperatur der kalten Proben-Oberfläche	Mitteltemperatur der Probe	Mittlere Temperaturdifferenz	Mittlere Wärme- leitfähigkeit
Nr	t_{w_m} °C	t_{k_m} °C	$t_m = \frac{t_{w_m} + t_{k_m}}{2}$ °C	$t_{w_m} - t_{k_m}$ °C	λ kcal m h °C
1					
2					
3					

Feuchtigkeitsgehalt der Proben nach dem Versuch:

Trocknungstemperatur:

	Zeichen	Einheit	Probe	
			1	2
gewichtsmäßiger Feuchtigkeitsgehalt	u_g	%		
volumetrischer Feuchtigkeitsgehalt	u_v	%		

Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit:

Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur in trockenem Zustand $\lambda_{10, tr}$ kcal m h °C	Zuschlag nach Tabelle Zeile	Rechenwert der Wärme- leitfähigkeit λ_R kcal m h °C	Festgelegter Rechenwert nach DIN 4108 Ausgabe 5. 60 Tafel 1, Zeile
	%		kcal m h °C

Beurteilung: Der ermittelte Rechenwert entspricht — entspricht nicht — dem festgelegten Rechenwert nach DIN 4108.

.....