

Technische Richtlinie

Matthies Druckguss

Inhaltsverzeichnis

- 1) Was ist Druckguss?
- 2) Druckgießmaschinen
- 3) Vorteile des Druckgießverfahrens
- 4) Norm- Legierungen
- 5) Druckgießformen
- 6) Gewichte und Abmessungen der Gussstücke
- 7) Raumdiagonale, Freimaßtoleranzen und Oberflächenrauheit

1) Was ist Druckguss?

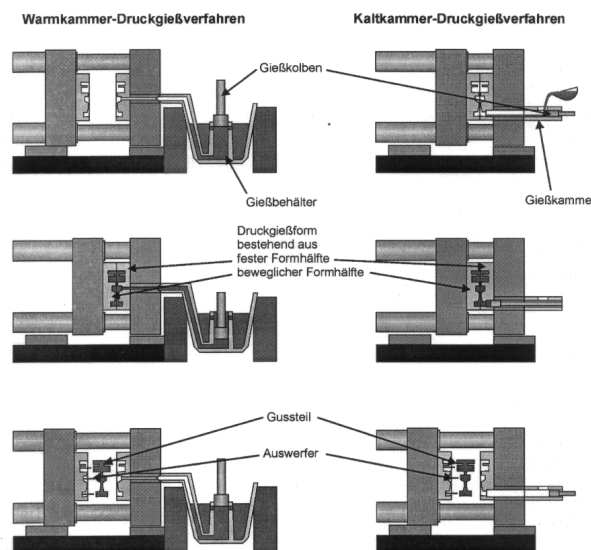
Beim Druckgießverfahren wird flüssiges Metall mit großer Geschwindigkeit in Dauerformen aus Warmarbeitsstahl gegossen. Die Schmelze erstarrt unter einem hohen, einstellbaren Druck. Das Verfahren ist anwendbar für Legierungen der Nichteisenmetalle

1. Aluminium
2. Zink
3. Messing

2) Druckgießmaschinen

Bei den zur Herstellung von Druckgussstücken erforderlichen Maschinen unterscheidet man zwischen Warmkammer- und Kaltkammer-Druckgießmaschinen. Bei Warmkammer-Druckgießmaschinen liegt die Gießkammer im beheizten Metallbad- bei der Kaltkammer-Druckgießmaschine wird das Metall getrennt von der Druckgießmaschine in einem externen Ofen geschmolzen bzw. warmgehalten und dann von Hand oder automatisch in die Gießkammer der Druckgießmaschine gebracht (Abbildung 1).

Aus der Gießkammer wird das Metall mittels Kolben in die geschlossene Form gefördert. Das rasch erstarrende Druckgussstück wird dann mit dem Öffnen der Form ausgeworfen. Der Ablauf der einzelnen Gießvorgänge wird weitgehend automatisch gesteuert. Dadurch und infolge der schnelleren Formfüllung und der kürzeren Erstarrungszeit für das Gussstück, ist die Gießleistung gegenüber anderen Gießverfahren wesentlich höher und das Gefüge feinkörniger. Die Bearbeitungszugaben sind im Allgemeinen geringer.



3) Vorteile des Druckgießverfahrens

- Enge Allgometoleranzen , d.h. hohe Genauigkeit und damit Austauschbarkeit
- Geringe Bearbeitungszugaben, d.h. wenig spanende Bearbeitung
- Glatte Oberflächen und scharfe Ausprägung der Konturen.
- Dünnwandige Gussstücke, d.h. Gewichtseinsparung
- Vor- und/oder Fertiggießen von Bohrungen, Schlitzen, Verzahnungen, Aussparungen und Durchbrüchen sowie Schriftzeichen und Ziffern.
- Komplexe Bauteile, die in anderen Fertigungsverfahren oft aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt werden müssen.
- Mischbauweisen durch Eingießen von Büchsen, Bolzen, Stanzteilen usw. aus Fremdmaterialien (Stahl, Bronze oder bei Zinklegierungen auch nichtmetallische Werkstoffe).

Die Wirtschaftlichkeit von Druckguss setzt in den meisten Fällen eine Losgröße von ca. 1.000 Stück voraus.

4) Norm- Legierungen

Da die in den europäischen Normengremien vertretenen Länder bestrebt waren, dass ihre eigenen national genormten Legierungen in die Tabellen der europäischen Norm aufgenommen werden, hat sich die Anzahl der europäisch genormten Legierungen deutlich erhöht. Damit wird auch die Auswahl des geeigneten Druckgusswerkstoffes erschwert. Hier empfiehlt es sich, Legierungen auszuwählen, über die die meisten und besten Erfahrungen vorliegen. Diese Legierungen sind mit „D“ gekennzeichnet.

Wir können Ihnen eine Auswahl an Legierungen aus den Bereichen Aluminium, Zink und Messing anbieten:¹

VDS Legierung	Euro Norm	numerisch	α^2	Rm [N/mm ²]	Dichte [kg/dm ³]	Festigkeit	Brinellhärte HBS
Aluminium		EN AC-					
226 D	AlSi9Cu3(Fe)	46000	21	240	2,75	gut	80
230 D	AlSi12(Fe)	44300	20	240	2,65	gut	60
231 D	AlSi12Cu1(Fe)	47100	20	240	2,65	gut	70
239 D	AlSi10Mg(Fe)	43400	21	240	2,65	gut	70
349	AlMg9	51200	24	200	2,60	gut	70
Zink							
Z 400	ZnAl4	ZP 3	27	280	6,6	gut	83
Z 410	ZnAl4Cu1	ZP 5	27	330	6,7	sehr gut	92
Messing							
MS 60	CuZn39Pb1Al-C	CC754S	18,5	350	8,5	gut	110
Tombak	CuZn15Si4	CC760S	18,5	550	8,6	sehr gut	125

Scherfestigkeit und Druckfestigkeit hängen mit der Zugfestigkeit, der 0,2-Grenze bzw. der Biege-wechselfestigkeit zusammen. In erster Näherung kann für die 0,2-Stauchgrenze der Wert der 0,2-Dehngrenze eingesetzt werden. Für Scher- und Druckfestigkeit kann man überschlägig die in Tafel 2 aufgeführten Umrechnungsfaktoren anwenden.

Scherfestigkeit und Druckfestigkeit von Druckgusslegierungen

Werkstoffgruppe	Scherfestigkeit N/mm ²	Druckfestigkeit		N/mm ²
Aluminiumlegierungen	0,8 x Zugfestigkeit	1,5	x	Zugfestigkeit
Zinklegierungen	0,8 x Zugfestigkeit	1,5	x	Zugfestigkeit
Kupferlegierungen	0,8 x Zugfestigkeit	2,0	x	Zugfestigkeit

Die **Aluminiumlegierungen** zeichnen sich durch ein geringes spezifisches Gewicht sowie durch gute Wärmeleitfähigkeit aus. Gute Beständigkeit gegen Witterung und sonstige chemische Einflüsse ist vor allem bei den kupferfreien Legierungen gewährleistet. Für Gussstücke aus Aluminiumlegierungen gilt die DIN EN 1706.

Zinklegierungen nach DIN EN 12844 haben ein ausgezeichnetes Gießverhalten. Ein sehr gutes Fließverhalten und ein geringer Formverschleiß stehen im Vordergrund. Die Qualität der unbehandelten Gussstück-Oberfläche gestattet ein Galvanisieren oder Beschichten.

Messinglegierungen erfordern hohe Gießtemperaturen (ab 900°C). Durch das Auftragen von Formtrennstoffen nach jedem Gießzyklus, wird die Formtemperatur deutlich gesenkt. Durch dieses Thermo-Schock-Verhalten wird die Lebensdauer der Formen deutlich reduziert. Stärkere Schwindung und Warmrissneigung machen wesentlich größere Aushebeschrägen am Druckgussstück notwendig. Hierdurch steigert sich der mechanische Bearbeitungsaufwand der druckgegossenen Bauteile. DIN EN 1982 ist die Norm für Bauteile aus Kupfer-Zink-Gusswerkstoffen.

¹ Die Werte hängen außer von der Legierungszusammensetzung noch vom Gefügestand ab.

² Thermischer Längenausdehnungskoeffizient [10⁻⁶/K] (293 bis 373 K) in [µm/mK]

5) Druckgießformen

Konstruktion und Herstellung der oft sehr komplizierten Formen erfordern ein hohes Maß an Erfahrung und besonders einen qualifizierten Werkzeugbau. Da Formhälften, Kerne und Einsätze nach der Bearbeitung und vor Produktionsaufnahme gehärtet werden müssen, sind nachträgliche Änderungen an der Formfassung nur sehr schwierig und vor allen Dingen nur durch höheren Kostenaufwand auszuführen.

Um ein optimales Bauteil kostengünstig mit dem Druckgießverfahren herzustellen, empfiehlt sich eine möglichst frühzeitige und eingehende Abstimmung während der Gestaltung des Gussstückes, wobei sich der Konstrukteur – *etwa bei komplizierten Bauteilen* – **gießtechnisch bedingten Änderungswünschen der Druckgießer gegenüber aufgeschlossen zeigen sollte**. Man kann auch mehrere Gussstücke gleichzeitig in einer Form gießen. Bei unterschiedlichen Druckgussstücken darf deren Größe und Schwierigkeitsgrad nicht zu ungleich sein, sonst muss mit verminderter Gießleistung und höherem Ausschuss gerechnet werden, zudem ist zu bedenken, dass die Abnahmemenge für jedes Gussstück gleich hoch sein muss. Die größte Wirtschaftlichkeit wird jedoch bei gleichen Gussstücken erreicht.

Die Lebensdauer der Druckgießform ist, außer vom Druckgießwerkstoff, im Wesentlichen abhängig von der Größe und der Wanddicke, von den Ansprüchen an die Maßgenauigkeit und die Oberflächengüte des Druckgussstückes, also auch von der Losgröße. In günstigen Fällen können aus einer Druckgießform ungefähr folgende Stückzahlen (Richtwerte) gegossen werden, bei Legierungen aus:

Aluminium	80.000 bis 200.000	Abgüsse
Zink	500.000 bis 2.000.000	Abgüsse
Messing	5.000 bis 50.000	Abgüsse.

6) Gewichte und Abmessungen der Gussstücke

Eine maßgebende Größe ist die metallbeaufschlagte Fläche in der Formteilung, welche durch den Gießdruck des einströmenden Metalls und die Zuhaltkraft der Druckgießmaschine bestimmt und begrenzt wird. In **Tabelle 4** werden heute übliche Maximalwerte genannt.

Tabelle 4: Maximale Stückgewichte und Abmessungen für Druckgussstücke

Werkstoffgruppe	Stückgewicht [kg]	Länge	Maße [mm]	
			Breite	Tiefe
Aluminium	3,5	400	400	250
Zink	9	400	400	250
Messing	11	400	400	250

a. Wandstärken und Übergänge

Bei Druckguss kann sehr dünnwandig konstruiert werden, dabei sind möglichst gleichmäßige Wanddicken anzustreben. Der Konstrukteur kann sich an folgende Richtwerte halten:

Aluminium:	1,5 – 2,5 mm
Zink:	0,5 – 1,0 mm
Messing :	2,0 – 3,0 mm

b. Aushebeschrägen und Auswerferaugen

Die rasche Erstarrung des Metalls und die sofort danach einsetzende Schrumpfung verlangen je nach Druckgießwerkstoff, Stückgröße sowie Lage der aufschumpfenden Flächen mehr oder weniger große Aushebeschrägen, um die Abgüsse bei der Unnachgiebigkeit der Stahlkerne fehlerlos aus der Form zu bringen. In Tabelle 5 sind Richtwerte dafür zusammengestellt; z.B. sind für Innenflächen, die durch einen festen Kern gebildet und mittels Auswerfer aus der Form gedrückt werden, größere Verjüngungen erforderlich, als wenn der Formkern gezogen werden kann.

Tabelle 5: Aushebeschrägen für Druckguss (Richtwerte)

Werkstoffgruppe	Außen- flächen k1 = % der Tiefe t	Mindestneigung für Innenflächen)			
		Bei beweglichem Kern		Bei festem Kern	
		k _t	Nicht kleiner als ... mm	k _t	Nicht kleiner als ... mm
Aluminium	0,2...0,5%	0,50%	0,05	1,00%	0,1
Zink	0,0...0,2%	0,20%	-	0,40%	0,03
Kupfer	1,0...1,5%	2,00%	0,1	4,00%	0,2
Blei und Zinn	0,0...0,1%	0,10%	-	0,20%	-

Für die druckgießtechnische Gestaltung muss der Konstrukteur bedenken, dass zur Überwindung erheblicher Schrumpfkkräfte, ausreichende Abstützflächen notwendig sind, um Verformung und Beschädigung des Gussstückes auszuschließen. Die abstützenden Flächen müssen durch **Verstärkungsrippen oder Auswerferaugen** so groß gestaltet werden, dass der Auswerfer sich nicht eindrückt oder bricht.

c. Bohrungen und Durchbrüche

Das Vor- oder Fertiggießen von Bohrungen ist ein wesentlicher Vorzug des Druckgießverfahrens. Dabei genügt eine geringe Konizität (von der Metallart abhängig). Bei dünnen Kernen ist wegen der auftretenden Schrumpfkkräfte das Verhältnis vom Durchmesser zur Länge einer Bohrung wichtig (Tabelle 6).

Tabelle 6: Richtwerte für eingegossene Bohrungen (Minimalwerte)

Werkstoffgruppe	Aluminium	Zink	Kupfer
Mindest- Ø	2,5 mm	0,8 mm	4,0 mm
max. Länge durchgehend	5 x d	8 x d	3 x d
max. Länge für Sackloch	3 x d	4 x d	2 x d

Durchgehende Löcher sind günstig, da sie eine beidseitige Führung der Kerne in der Druckgießform zulassen. Wenn mehrere Bohrungen eines Gussstücks fluchten oder in einem genau tolerierten Abstand zueinander liegen, müssen die Kerne für diese Bohrungen in einer Formhälfte eingebracht werden oder auf der Gegenseite nochmals geführt werden. Aus gießtechnischen Gründen ist zu prüfen, ob durch Bohrungskerne kritische Einschnürungen entstehen. Die dadurch bedingte Drosselung des Metallflusses kann zu fehlerhaftem Guss führen.

d. Gewinde und Verzahnungen

Das Gießen von Außengewinden ist grundsätzlich möglich. Man legt das Gewinde mit seiner Achse auf die Formteilung und nimmt die Teilnaht oder selbst geringe Versetzungen in Kauf, oder flacht das Gewinde im Bereich der Formteilung ab (vereinfachtes Entgraten).

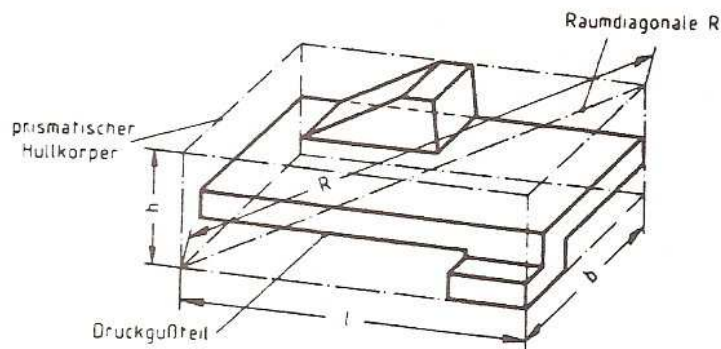
Innengewinde können nur mit sehr hohem Aufwand vorgegossen werden. Es empfiehlt sich ein Vorgießen des Kernlochs und anschließendes Furchen, Schneiden oder Formen des Gewindes. Manchmal werden auch Gewindebüchsen eingegossen; sie sind in der Form axial zu fixieren.

* Bis zu einer Kernbreite von 100 mm je Fläche gültig

7) Raumdiagonale, Freimaßtoleranzen und Oberflächenrauheit

Dort, wo die Genauigkeit der Druckgussstücke nicht genügt und Pass- oder Dichtflächen nachgearbeitet werden müssen, sollte je nach Druckgusswerkstoff, Wanddicke und Stückgröße eine Bearbeitungszugabe zwischen 0,3 und 1 mm vorgesehen werden.

Neben dem jeweiligen Nennmaß hat auch die Größe des Druckgussstückes Einfluss auf die Toleranz, die dem Konstrukteur zugesagt werden muss. Man hat deshalb auf dem Druckgusssektor mit der sogenannten Raumdiagonale schon vor Jahren eine neue, wesentliche Einflussgröße in die Toleranz-Normung hereingenommen.



Sie ist aus dem prismatischen Hüllkörper, der um das beliebig geformte Gussstück gelegt ist, nach der Formel zu ermitteln:

$$R = \sqrt{L^2 + B^2 + H^2}$$

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen „Allgemeintoleranzen“, d. h. Maße ohne Toleranzangaben und „tolerierten Maßen“, d. h. Maße mit Toleranzangaben. In den Tafeln 1-4 sind die Allgemeintoleranzen für Druckgussstücke aus Schwermetalllegierungen gemäß DIN 1687 Teil 4, August 1986, und die für Druckgussstücke aus Leichtmetalllegierungen gemäß DIN 1688 Teil 4, August 1986, angegeben.

Für jeden Raumdiagonalbereich sind zwei Genauigkeitsgrade angegeben. Die gröberen Toleranzen werden im Regelfall mit durchschnittlicher Einrichtung erzielt; die feineren Toleranzen erfordern einen entsprechend größeren Aufwand, der mit entsprechend höheren Kosten verbunden ist.

Oberflächenrauheit von Druckgussstücken

Im Normblatt DIN 4766, Teil 2, März 1981, sind für Druckguss als Orientierungshinweis folgende R_z – Werte erbracht:

Aluminium	25 - 63 μm
Zink	16 - 40 μm
Messing	40 - 63 μm

Im folgenden sind die entsprechenden Tabellen (Tafel 1-4) für die verschiedenen Allgemeintoleranzen der einzelnen Legierungen angefügt.

Tafel 1: Allgemeintoleranzen nach DIN 1687, Teil 4, August 1986 (Angaben in mm) für Druckgussstücke aus hochschmelzenden Schwermetalllegierungen (**Cu**-Legierungen)

Abmaße für:			Längenmaße (Längen, Breiten, Höhen, Rundungen, Ø [mm])										Dickenmaße (Wanddicken, Stege, Rippen [mm])				
R ¹	GK ²	FA ³	Nennmaßbereich										Nennmaßbereich				
			bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 315	über 315 bis 400	über 400 bis 500	bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10		
bis 50	GTA 13/5	Formgebunden	± 0,17	± 0,2	± 0,25										± 0,15	± 0,2	± 0,2
		n. formgebunden	± 0,27	± 0,3	± 0,35										± 0,25	± 0,3	± 0,3
bis 180	GTA 14	Formgebunden	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,44	± 0,5							± 0,2	± 0,25	± 0,3
		n. formgebunden	± 0,37	± 0,41	± 0,46	± 0,52	± 0,59	± 0,65							± 0,35	± 0,4	± 0,45
über 50	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,25	± 0,35	± 0,4	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,75	± 0,8	± 0,9	± 1,0			± 0,25	± 0,3	± 0,35
		n. formgebunden	± 0,45	± 0,55	± 0,6	± 0,65	± 0,75	± 0,85	± 0,95	± 0,1,0	± 1,1	± 1,2			± 0,45	± 0,5	± 0,55
über 180	GTA 15	Formgebunden	± 0,35	± 0,4	± 0,5	± 0,6	± 0,7	± 0,8	± 0,95	± 1,1	± 1,2	± 1,3			± 0,3	± 0,4	± 0,45
		n. formgebunden	± 0,55	± 0,6	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,0	± 1,1	± 1,3	± 1,4	± 1,5			± 0,5	± 0,6	± 0,65

Tafel 2: Allgemeintoleranzen nach DIN 1688, Teil 4, August 1986 (Angaben in mm) für Druckgussstücke aus Leichtmetalllegierungen (**Al**- Legierungen)

Abmaße für:			Längenmaße (Längen, Breiten, Höhen, Rundungen, Ø [mm])														
R	GK	FA	Nennmaßbereich														
			bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 315	über 315 bis 400	über 400 bis 500	über 500 bis 630	über 630 bis 800	über 800 bis 1000	über 1000 bis 1250	
bis 50	GTA 13/5	Formgebunden	± 0,11	± 0,14	± 0,16												
		n. formgebunden	± 0,21	± 0,24	± 0,26												
bis 180	GTA 14	Formgebunden	± 0,14	± 0,17	± 0,2	± 0,23	± 0,27	± 0,32									
		n. formgebunden	± 0,24	± 0,27	± 0,3	± 0,33	± 0,37	± 0,42									
über 50 bis 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,17	± 0,2	± 0,25	± 0,3	± 0,35	± 0,4	± 0,45	± 0,5	± 0,55	± 0,6					
		n. formgebunden	± 0,32	± 0,35	± 0,4	± 0,45	± 0,5	± 0,55	± 0,6	± 0,65	± 0,7	± 0,75					
über 180	GTA 15	Formgebunden	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,44	± 0,5	± 0,6	± 0,65	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 0,10	± 0,12	± 0,13	
		n. formgebunden	± 0,42	± 0,46	± 0,51	± 0,57	± 0,64	± 0,7	± 0,8	± 0,85	± 0,9	± 1,0	± 1,1	± 1,2	± 1,4	± 1,5	
über 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,25	± 0,35	± 0,40	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,75	± 0,8	± 0,85	± 0,95	± 1,1	± 1,2	± 1,4	± 1,6	
		nicht formgebunden	± 0,55	± 0,65	± 0,7	± 0,75	± 0,85	± 0,95	± 1,0	± 1,1	± 1,2	± 1,4	± 1,5	± 1,5	± 1,7	± 1,9	

Tafel 3: Allgmeintoleranzen nach DIN 1687, Teil 4, August 1986 (Angaben in mm) für Druckgussstücke aus niedrigschmelzenden Schwermetalllegierungen (Zn-, Sn-, Pb-Legierungen)

Abmaße für:			Längenmaße (Längen, Breiten, Höhen, Rundungen, Ø [mm])														
R	GK	FA	Nennmaßbereich														
			bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 315	über 315 bis 400	über 400 bis 500	über 500 bis 630	über 630 bis 800	über 800 bis 1000	über 1000 bis 1250	
bis 50	GTA 13/5	Formgebunden	± 0,09	± 0,11	± 0,13												
		n. formgebunden	± 0,19	± 0,21	± 0,23												
bis 180	GTA 14	Formgebunden	± 0,11	± 0,14	± 0,16	± 0,19	± 0,22	± 0,25									
		n. formgebunden	± 0,21	± 0,24	± 0,26	± 0,29	± 0,32	± 0,35									
über 50 bis 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,14	± 0,17	± 0,2	± 0,23	± 0,27	± 0,32	± 0,36	± 0,4	± 0,45	± 0,48					
		n. formgebunden	± 0,29	± 0,32	± 0,35	± 0,38	± 0,42	± 0,47	± 0,51	± 0,55	± 0,6	± 0,63					
über 180	GTA 15	Formgebunden	± 0,17	± 0,2	± 0,25	± 0,3	± 0,35	± 0,4	± 0,45	± 0,5	± 0,55	± 0,6	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,1	
		n. formgebunden	± 0,37	± 0,4	± 0,45	± 0,5	± 0,5	± 0,6	± 0,65	± 0,7	± 0,75	± 0,8	± 0,9	± 1,0	± 1,1	± 1,3	
über 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,44	± 0,5	± 0,6	± 0,65	± 0,7	± 0,8	± 0,9	± 1,0	± 1,1	± 1,3	
		n. formgebunden	± 0,47	± 0,51	± 0,56	± 0,62	± 0,69	± 0,75	± 0,85	± 0,9	± 0,95	± 1,1	± 1,2	± 1,3	± 1,4	± 1,6	

Tafel 4: Fortsetzung für Tafel 2 und 3 für Dickenmaße (Wanddicken, Stege, Rippen [mm])

R	GK	FA	Al- Legierungen			Zn-, Sn-, Pb- Legierungen		
			Nennmaßbereich			Nennmaßbereich		
			bis 3	bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 3 bis 6	über 6 bis 10
bis 50	GTA 13/5	Formgebunden	± 0,13	± 0,1	± 0,12	± 0,14	± 0,15	± 0,18
		nicht formgebunden	± 0,23	± 0,2	± 0,22	± 0,24	± 0,25	± 0,28
bis 180	GTA 14	Formgebunden	± 0,15	± 0,13	± 0,15	± 0,18	± 0,2	± 0,2
		nicht formgebunden	± 0,25	± 0,23	± 0,25	± 0,28	± 0,3	± 0,4
über 50 bis 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,2	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,25	± 0,3
		nicht formgebunden	± 0,35	± 0,3	± 0,35	± 0,35	± 0,4	± 0,45
über 180	GTA 15	Formgebunden	± 0,25	± 0,2	± 0,25	± 0,3	± 0,3	± 0,35
		nicht formgebunden	± 0,45	± 0,4	± 0,45	± 0,5	± 0,5	± 0,55
Über 500	GTA 14/5	Formgebunden	± 0,3	± 0,25	± 0,3	± 0,35	± 0,4	± 0,45
		nicht formgebunden	± 0,55	± 0,45	± 0,5	± 0,55	± 0,65	± 0,7

¹ R: Raumdiagonale

² GK: Genauigkeitsklasse

³ FA: Formabhängigkeiten