

1 Werkstoffübersicht

Gußeisen hat über sehr lange Zeit hinweg neben seiner Preiswürdigkeit kaum mehr an Gebrauchswerteigenschaften zu bieten als mäßige Festigkeit und gute Gießbarkeit. Für spezielle Anwendungen sind einige besondere Eigenschaften interessant, z.B. Dämpfung, Verschleißfestigkeit, Notlaufeigenschaften, die Kombination von Elastizitätsmodul und Wärmeleitfähigkeit bei wärmebeanspruchten Teilen und eine ausgezeichnete Druckfestigkeit.

Bei auf Zug oder Biegung belasteten Bauteilen ist der Einsatz von Gußeisen schon problematisch. Es lassen sich zwar beachtliche Zugfestigkeiten realisieren, aber Gußeisen bricht spröde, d.h. ohne vorhergehende nennenswerte plastische Verformung. Plastische Verformung vor einem Bruch bedeutet aber Sicherheit. Dieses spröde Bruchverhalten des Gußeisens ist für den Konstrukteur unerwünscht.

Wo hohe Zug-, Biege- und insbesondere mehrachsige Beanspruchungen, unter Umständen auch noch wechselnd, sicher ertragen werden müssen, da mußten elasto-plastische Werkstoffe eingesetzt werden, also Stahl.

Verursacht wird das spröde Bruchverhalten des Gußeisens von dem im Schliffbild als lamellenförmige Einlagerungen sichtbaren Graphit (Bild 1.1). Die Schwächung der metallischen Matrix durch die räumlichen Gebilde des Lamellengraphits wäre sehr viel geringer, wenn es gelänge, den Graphit in kompakter, möglichst ideal kugelförmiger Form auszubilden (Bild 1.2).



Bild 1.1: Gußeisen mit Lamellengraphit,
100:1



Bild 1.2: Gußeisen mit Kugelgraphit,
100:1

Dies gelang relativ sicher vor rund 55 Jahren. Die Anfänge dieser Entdeckung lagen im Dunkeln und sind mit vielen Namen verbunden, vor allem aber mit C. Adey. Er stellte bedeutsame Untersuchungen an, die 1938 in einer Patentanmeldung gipfelten [2].

Aber erst als es im Jahr 1948 A. P. Gagnebin, K. D. Millis und N. B. Pilling [3] in den USA sowie H. Morrogh und W. J. Williams [4] in England gelang, die Kristallisation des Graphits im Gußeisen durch Zugabe von Magnesium und Cer so sicher zu beeinflussen, daß dieser nahezu in idealer, fein verteilter Kugelform vorlag, wurde aus dem „Grauguß“ genannten Gußeisen mit Lamellengraphit das hochinteressante Gußeisen mit Kugelgraphit.

Nach DIN 1693 [1] ist Gußeisen mit Kugelgraphit eine Eisen-Kohlenstoff-Silicium-Legierung, deren als Graphit vorliegender Kohlenstoffanteil nahezu vollständig in weitgehend kugeligter Form auftritt. Die innere Kerbwirkung der kugeligen Graphiteinschlüsse ist gegenüber dem Lamellengraphit im normalen Grauguß sehr gering, so daß die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes in großem Maß durch die Art und Ausbildung des Grundgefüges bestimmt werden. Die verschiedenen Sorten werden auf Grund ihrer Mindestzugfestigkeit festgelegt. So werden Zugfestigkeiten von 700 N/mm^2 bei einer 0,2%-Dehngrenze von 400 N/mm^2 und Bruchdehnungswerten von 1 bis 2% bei unlegierten Sorten im Gußzustand erreicht.

Deshalb kann die Meinung vertreten werden, daß sich im Gußeisen mit Kugelgraphit die Vorzüge des Stahlgusses mit jenen des Graugusses vereinigen. Es hat eine dem Stahl ähnliche Streck- bzw. Dehngrenze und Bruchdehnung, verbunden mit hoher Zugfestigkeit, gutem Dämpfungsvermögen und außergewöhnlich guter Bearbeitbarkeit; normales Gußeisen mit Lamellengraphit besitzt dagegen praktisch keine Dehnung. Außerdem ist gegenüber Grauguß die Zugfestigkeit (und ebenso auch die Dehngrenze) fast wanddickenunempfindlich.

Das optimale Preis-Leistungs-Verhältnis ist neben den günstigen Werkstoffeigenschaften eine der Triebkräfte für das dynamische Wachstum der Produktion von Gußeisen mit Kugelgraphit.

Die Bilder 1.3 und 1.4 zeigen diese Entwicklung am Beispiel einer jüngsten Studie aus den USA [5].

In DIN 1693, Blatt 1 für Eigenschaften an getrennt gegossenen Probestäben sind fünf Normalsorten und zwei Sorten mit gewährleisteter Kerbschlagarbeit genormt (Tafel 1.1).

DIN 1693, Teil 2 (Tafel 1.2) legt Eigenschaften im angegossenen Probestück in Abhängigkeit von der maßgeblichen Wanddicke des Gußstückes fest. Angegossene Probestücke lassen eine bessere Aussage über die Eigenschaften der im Geltungsbereich angegebenen Gußstücke zu als getrennt gegossene Proben.

Im laufenden Prozeß der europäischen Normenharmonisierung liegt auch für Gußeisen mit Kugelgraphit ein Normenentwurf prEN 1563 vor. Da sich die Werkstoffbezeichnungen in DIN EN 1563 gegenüber der DIN 1693 grundlegend ändern werden, sind in Tafel 1.3 die zukünftigen Bezeichnungen nach DIN EN 1563 den derzeit gültigen Bezeichnungen nach DIN 1693 vergleichend gegenübergestellt.

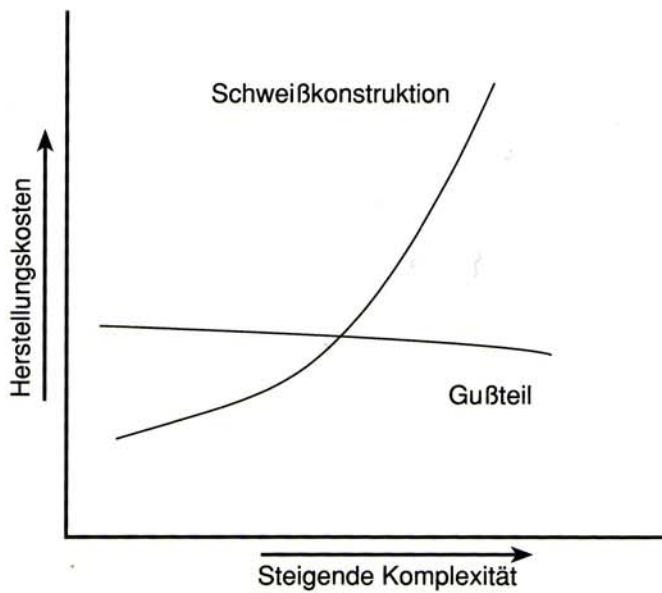


Bild 1.3: Kostenvergleich zwischen herkömmlich gefertigten und gegossenen Bauteilen (nach [5])

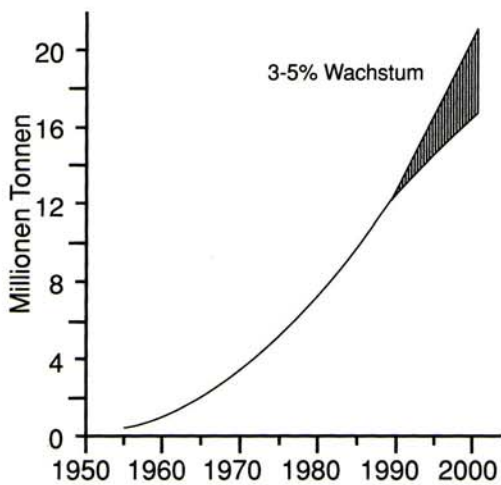


Bild 1.4: Weltweites Wachstum von Gußeisen mit Kugelgraphit bis zum Jahr 2000 (nach [5])

Kurzzeichen	Werkstoffnummer	Gewährleistete Eigenschaften an getrennt gegossenen Probestücken					Gefüge (Anhaltsangabe)
		Zugfestigkeit N/mm ²	0,2%-Dehngrenze N/mm ²	Bruchdehnung %	Kerbschlagarbeit Mittelwert aus drei Proben min. J	(DMV-Proben) Einzelwert min. J	
GGG-40	0.7040	400	250	15	—	—	vorwiegend ferritisch ferritisch/perlitisch perlitisch/ferritisch vorwiegend perlitisch perlitisch
GGG-50	0.7050	500	320	7	—	—	
GGG-60	0.7060	600	380	3	—	—	
GGG-70	0.7070	700	440	2	—	—	
GGG-80	0.7080	800	500	2	—	—	
GGG-35.3	0.7033	350	220	22	14 bei -40 °C	11 bei -40 °C	—
GGG-40.3	0.7043	400	250	18	14 bei -20 °C	11 bei -20 °C	—

*) Besonders bei Wanddicken über 50 mm und kompakten Gußstücken empfehlen sich Vereinbarungen zwischen Hersteller und Verbraucher; siehe auch DIN 1693, Teil 3.

Tafel 1.1: Gußeisen mit Kugelgraphit nach DIN 1693, Blatt 1 [1]

Teil I Unlegiertes Gußeisen mit Kugelgraphit

Sorte nach DIN 1693 Teil 1		Maßgebliche Wanddicke des Gußstückes mm	Dicke des angesosse- nen Probe- stückes mm	Zug- festig- keit R_m min. N/mm ²	0,2%- Dehn- grenze $R_{p0,2}$ min. N/mm ²	Bruch- dehnung A_s min. %	Kerbschlagarbeit (DVM-Proben) -20 °C		Anhalts- angabe Gefüge
Kurzzeichen	Werkstoff- nummer						Mittel aus 3 Proben	A Einzelwert min. J	
GGG-40.3	0.7043	von 30-60 über 60-200	40 70	390 370	250 240	15 12	14 12	11 9	vorwiegend ferritisch
GGG-40	0.7040	von 30-60 über 60-200	40 70	390 370	250 240	15 12	— —	— —	vorwiegend ferritisch
GGG-50	0.7050	von 30-60 über 60-200	40 70	450 420	300 290	7 5	— —	— —	ferritisch/ perlitisches
GGG-60	0.7060	von 30-60 über 60-200	40 70	600 550	360 340	2 1	— —	— —	perlitisches/ ferritisch
GGG-70	0.7070	von 30-60 über 60-200	40 70	700 650	400 380	2 1	— —	— —	vorwiegend perlitisches

Sorte	Anhaltswerte für die 0,2%-Dehngrenze in N/mm ² (min.) bei Wanddicken			
	bis 50 mm	>50 bis 80 mm	>80 bis 120 mm	>120 bis 200 mm
GGG-40	250	240	230	230
GGG-50	290	280	270	260
GGG-60	360	340	330	320
GGG-70	400	380	370	360

Tafel 1.2: Gußeisen mit Kugelgraphit nach DIN 1693, Teil 2, Eigenschaften im angegossenen Probestück [1]

Die Kurzbezeichnung lautet für Gußeisen mit Kugelgraphit:

GGG = gegossen – Gußeisen – globular.

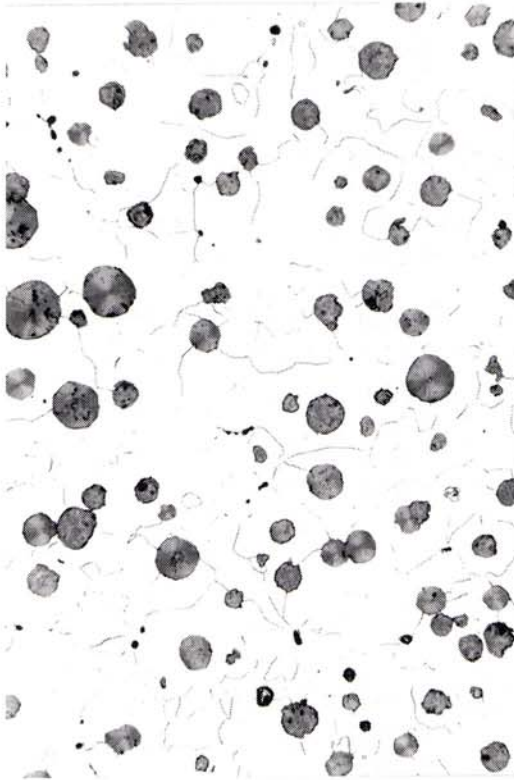
Eine Reihe weiterer Namen, wie z. B. Kugelgraphitguß, duktiler Gußeisen, sphärolitisches Gußeisen, Sphäroguß, bezeichnen keine Sondersorten, sondern die gleiche Werkstoffgruppe. Als duktiler Gußeisen wird in der Regel Gußeisen mit Kugelgraphit bei Schleudergußrohren nach DIN 28 600 bezeichnet, (Europäische Normen

EN 545 Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods

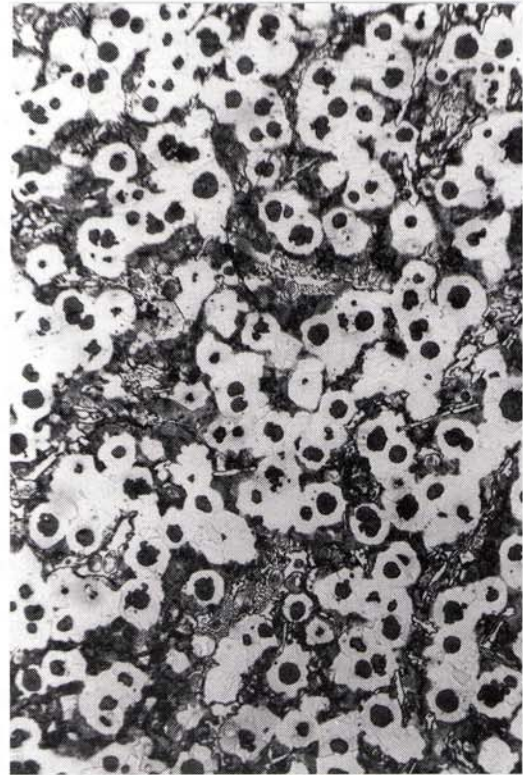
EN 598 Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage application – Requirements and test methods

EN 969 Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for gas pipelines – Requirements and test methods

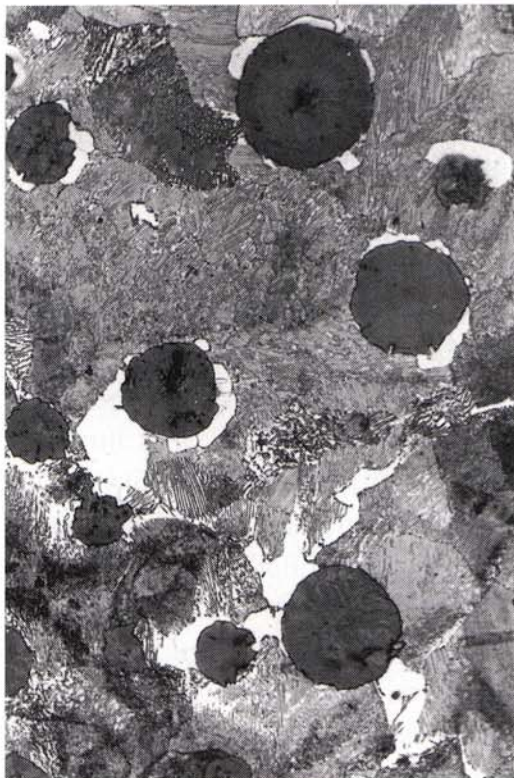
für Schleudergußrohre aus Gußeisen mit Kugelgraphit sind in Arbeit). Neuerdings ist dieser Ausdruck auch gemeinsamer Oberbegriff für Gußeisen mit Kugelgraphit und Temperguß. „Sphäroguß“ ist ein gesetzlich geschützter Handelsname. Im Angelsächsischen wird Gußeisen mit Kugelgraphit Ductile Cast Iron, Nodular Cast Iron oder SG (Spheroidal Graphite) Cast Iron genannt. Die in DIN 1693 genannten Anhaltswerte für das Grundgefüge sind beispielhaft in Bild 1.5 dargestellt. Dabei handelt es sich um Grundgefüge im Gußzustand von Gußstücken mit mittlerer Wanddicke (60 bis 200 mm).



GGG-40 (ca. 100% Ferrit), 100:1



GGG-50 (ca. 70% Ferrit), 100:1



GGG-70 (ca. 95% Perlit), 300:1

Bild 1.5: Grundgefüge (metallische Matrix) von Gußeisen mit Kugelgraphit, geätzt mit Salpetersäure