



Vom Kunden bearbeitete Hydraulikblöcke aus Strang- oder Kokillenguss.

Die europäische Norm für Gusseisen-Strangguss EN 16482

VON RALF GORSKI, SOLINGEN, AIKE GÄDKÉ, MARCUS HERING, SIEGEN, UND KLAUS HERFURTH, PULHEIM

Einleitung

Die Europäischen Normen für Gusseisen EN 1561 und EN 1563 klassifizieren Gusseisen mit Lamellengrafit (GJL) und Gusseisen mit Kugelgrafit (GJS), die in Sandformen oder Formen mit vergleichbarem thermischem Verhalten gegossen werden. Damit haben diese Normen nur teilweise Gültigkeit für Gusseisen aus Strangguss.

Seit 2003 beschäftigen sich Strangguss-Experten mit Teilnehmern aus Frankreich, Dänemark, Deutschland, Spanien und Großbritannien in zwei Arbeitsgruppen mit den speziellen Eigenschaften und Produktmerkmalen von Gusseisen aus Strangguss [1] [2]. 2010 begann die Arbeit an der Europäischen Norm 16482 „Gießereiwesen – Gusseisen-Strangguss“.

Die höheren Abkühlgeschwindigkeiten beim Erstarren von Strangguss und während des weiteren schnellen Abkühlprozesses führen im Vergleich zum Sandguss zu einer homogeneren Gefügeausbildung.

Neben diesen werkstoffkundlichen Besonderheiten sind auch weitere Merkmale und Eigenschaften des Verfahrens und der Werkstoffe aus Strangguss in der neuen Norm mitberücksichtigt.

Die Europäische Norm

Allgemeine Festlegungen

Gusseisenwerkstoffe sind Eisen-Kohlenstoff-Silizium-Gusswerkstoffe. Bei Bestellungen von Gusseisen-Strangguss sind folgende Europäische Normen zu berücksichtigen:

EN 1559-1: Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines
 EN 1559-3: Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Eisengussstücke
 EN 10204: Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen
 EN ISO 945-1: Mikrostruktur von Gusseisen – Teil 1: Grafitklassifizierung durch visuelle Auswertung
 EN ISO 6506: Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1)
 EN ISO 6892-1: Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)

Die Behandlung zur Erzeugung von Kugelgrafit, die Impfung, die chemische Zusammensetzung und die Art der Wärmebehandlung bleiben dem Hersteller überlassen. Er muss sicherstellen, dass die in der Bestellung festgelegte Werkstoffsorte die Anforderungen dieser Norm erfüllt. Zu erfüllen sind die Mindestwerte für die Zugfestigkeit bei Gusseisen mit Lamellengrafit und die Mindestwerte für die Zugfestigkeit, die 0,2 %-Dehngrenze und die Bruchdehnung bei Gusseisen mit Kugelgrafit. Es gibt aber auch die Möglichkeit der Klassifizierung nach der Brinellhärte für GJL und GJS (Tabellen 1 und 2).

Mechanische Eigenschaften und Hinweise zum Mikrogefüge

Die Norm klassifiziert Strangussqualitäten für Stränge aus Gusseisen mit Lamellengrafit und aus Gusseisen mit Kugelgrafit. Die mechanischen Eigenschaften von Gusseisenstrangguss werden an mechanisch bearbeiteten Proben bewertet, welche aus dem Strang (Gussstück) als Probestücke entnommen werden. Die Europäische Norm 16482 legt vier Sorten von Gusseisen mit Lamellengrafit (Tabelle 3) und vierzehn Sorten von Gusseisen mit Kugelgrafit (Tabelle 4) fest, deren Klassifizierung auf der Zugfestigkeit beruht. Hinzu kommen vier Sorten von Gusseisen mit Lamellengrafit, deren Klassifizierung auf der Brinellhärte beruht (Tabelle 1). Für GJL sind die Klassifizierungen in gesonderten Werkstoffnummern aufgeführt. Der Bereich der Zugfestigkeiten bei Gusseisen mit Lamellengrafit liegt bei 80 N/mm² bis 220 N/mm², jeweils in Abhängigkeit von der Werkstoffsorte und vom Strangdurchmesser zwischen 20 und 400 mm. Die Brinellhärten liegen bei 110 bis 290, jeweils ebenfalls in Abhängigkeit von der Werkstoffsorte und vom Stranggussdurchmesser. Die Mikrogefüge sind bei den vier Werkstoffgruppen ferritisch



Bild 1: Gontermann-Peipers-Werk in Hain, einem Vorort von Siegen.

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften von Strangguss aus Gusseisen mit Lamellengrafit				
Werkstoffbezeichnung		Strangdurchmesser D in mm	Zugfestigkeit R _m MPa in min	Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer			
EN-GJL-150C	5.1102	20 < D ≤ 50	110	ferritisch geglüht
		50 < D ≤ 100	100	
		100 < D ≤ 200	90	
		200 < D ≤ 400	80	
EN-GJL-200C	5.1202	20 < D ≤ 50	155	ferritisch- perlitisch
		50 < D ≤ 100	140	
		100 < D ≤ 200	125	
EN-GJL-250C	5.1203	20 < D ≤ 50	195	perlitisch- ferritisch
		50 < D ≤ 100	180	
		100 < D ≤ 200	165	
EN-GJL-300C	5.1308	20 < D ≤ 50	220	überwiegend perlitisch
		50 < D ≤ 100	205	
		100 < D ≤ 200	195	
		200 < D ≤ 400	185	

geglüht, ferritisch-perlitisch, perlitisch-ferritisch oder überwiegend perlitisch.

Eine Neuheit gibt es bei den Gusseisensorten mit Kugelgrafit. Bei Gontermann-Peipers, Siegen (Bild 1), wurde eine Werkstoffsorte mit höheren Siliziumgehalten entwickelt, die eine ferritische Matrix auch bei höheren Festigkeiten besitzt [3]. Diese, durch Mischkristallverfestigung entstandene Werkstoffsorte EN-GJS-500-14C, ist auf dem Markt unter dem Markennamen GOPAG C 500-14 bekannt. Infolge der gleichmäßigen, nur aus einer Phase bestehenden Matrix, liegt eine, im Vergleich zu bisherigen Werkstoffsorten mit einer Zugfestigkeit von 500 N/mm², bedeutend verbesserte Zerspanbarkeit

vor. Diese führt, insbesondere beim Bohren von Hydraulikbauteilen, zu wesentlichen wirtschaftlichen Vorteilen [4].

Die Werkstoffsorten von Gusseisen mit Kugelgrafit umfassen einen Bereich der Zugfestigkeiten von 320 bis 700 N/mm² und der 0,2 %-Dehngrenze von 200 bis 420 N/mm² bei Bruchdehnungen von 22 bis 1 %. Die Mikrogefüge sind dabei ferritisch, ferritisch-perlitisch, perlitisch-ferritisch oder überwiegend perlitisch. Bei Gusseisen mit Kugelgrafit sind die genannten mechanischen Eigenschaften auch vom Strangdurchmesser abhängig. Je größer der Strangdurchmesser im Bereich von 20 bis 400 mm wird, desto geringer werden die Werte für Zug-

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften von Strangguss aus Gusseisen mit Kugelgrafit.

Werkstoffbezeichnung		Strangdurchmesser D in mm	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ MPa in min	Zugfestigkeit R_m MPa in min	Dehnung ^c A (%) in min	Grundgefüge
Kurzzeichen	Nummer					
EN-GJS-350-22C-LT	5.3120	20 < D ≤ 60	220	350	22	ferritisch
		60 < D ≤ 120	210	330	18	
		120 < D ≤ 400	200	320	15	
EN-GJS-350-22C-RT	5.3121	20 < D ≤ 60	220	350	22	ferritisch
		60 < D ≤ 120	220	330	18	
		120 < D ≤ 400	210	320	15	
EN-GJS-350-22C	5.3122	20 < D ≤ 60	220	350	22	ferritisch
		60 < D ≤ 120	220	330	18	
		120 < D ≤ 400	210	320	15	
EN-GJS-400-18C-LT	5.3123	20 < D ≤ 60	240	400	18	ferritisch
		60 < D ≤ 120	230	380	15	
		120 < D ≤ 400	220	360	12	
EN-GJS-400-18C-RT	5.3124	20 < D ≤ 60	250	400	18	ferritisch
		60 < D ≤ 120	250	390	15	
		120 < D ≤ 400	240	370	12	
EN-GJS-400-18C	5.3125	20 < D ≤ 60	250	400	18	ferritisch
		60 < D ≤ 120	250	390	15	
		120 < D ≤ 400	240	370	12	
EN-GJS-400-15C ^a	5.3126	20 < D ≤ 60	250	400	15	ferritisch
		60 < D ≤ 120	250	390	14	
		120 < D ≤ 400	240	370	11	
EN-GJS-400-7C ^a	5.3202	20 < D ≤ 60	250	400	7	ferritisch
		60 < D ≤ 120	250	390	7	
		120 < D ≤ 400	240	370	11	
EN-GJS-450-18C ^b	5.3127	20 < D ≤ 60	350	450	18	ferritisch
		60 < D ≤ 120	340	430	14	
		120 < D ≤ 400	ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren			
EN-GJS-450-10C ^a	5.3128	20 < D ≤ 60	310	450	10	überwiegend ferritisch
		60 < D ≤ 120	ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren			
		120 < D ≤ 400				
EN-GJS-500-14C ^b	5.3129	20 < D ≤ 60	400	500	14	ferritisch
		60 < D ≤ 120	390	480	12	
		120 < D ≤ 400	360	470	10	
EN-GJS-500-7C ^a	5.3203	20 < D ≤ 60	320	500	7	ferritisch perlisch
		60 < D ≤ 120	300	450	7	
		120 < D ≤ 400	290	420	5	
EN-GJS-600-3C ^a	5.3204	20 < D ≤ 60	370	600	3	perlisch ferritisch
		60 < D ≤ 120	360	600	2	
		120 < D ≤ 400	340	550	1	
S-700-2C ^a	5.3303	20 < D ≤ 60	420	700	2	überwiegend perlisch
		60 < D ≤ 120	400	700	2	
		120 < D ≤ 400	380	650	1	

^aIn Abhängigkeit vom Verfahren können diese Werkstoffe geringe Mengen an freien Carbiden enthalten. ^bMischkristallverfestigtes, ferritisches Gusseisen mit Kugelgrafit
^cDehnung nach Bruch

Tabelle 3: Brinellhärte von Strangguss aus Gusseisen mit Lamellengrafit.

Werkstoffbezeichnung		Brinellhärte ^a HBW		Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer	min	max	
EN-GJL-HB150	5.1103	110	180	ferritisch, gegläht
EN-GJL-HB175	5.1204	140	210	ferritisch-perlitisch
EN-GJL-HB200	5.1205	170	240	perlisch-ferritisch
EN-GJL-HB250	5.1309	220	290	überwiegend perlisch

^aBei jeder Sorte nimmt die Brinellhärte mit zunehmender Wanddicke ab.
Quelle für alle Tabellen: EN 16482, Beuth Verlag GmbH, 2014

festigkeit, 0,2 %-Dehngrenze und Bruchdehnung.

Mechanische Eigenschaften bei Raum- und tieferen Temperaturen

Die Europäische Norm enthält auch vier Werkstoffsorten mit garantierter Kerbschlagzähigkeit bei Raumtemperatur (RT – Room Temperature) und tieferen Temperaturen (LT – Low Temperature). Obwohl die Werte für die Schlagenergie bei

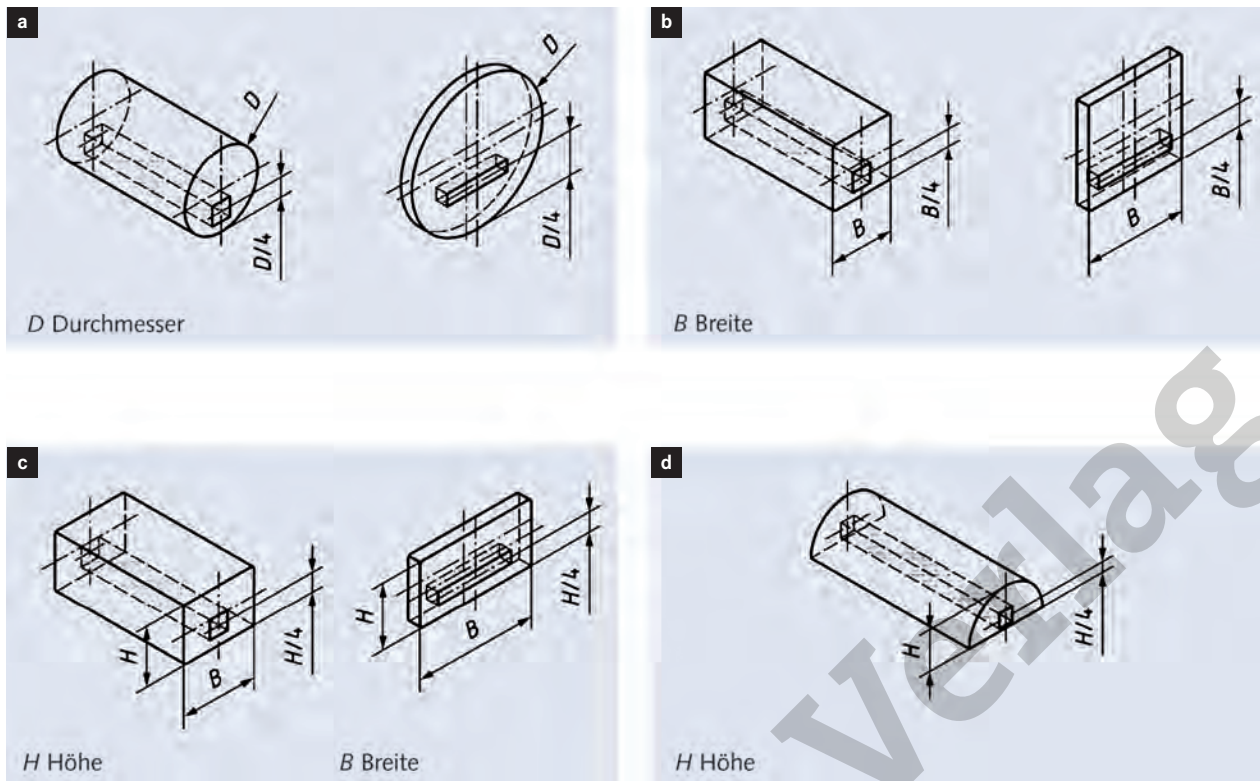


Bild 2: Lage von Probestücken, die aus einer Stange entnommen wurden: a) kreisförmige Stangen; b) quadratische Stangen; c) rechteckige Stangen; d) halbkreisförmige Stangen.

Gusseisen mit Kugelgraphit im Vergleich zu Stahl niedrig sind, zeigt die bruchmechanische Prüfung, dass diese bruchmechanischen Eigenschaften zumindest gleichwertig oder sogar besser sind als bei Stahl oder Stahlguss [5]. Für GJS 400-18LT beträgt der Mittelwert aus drei Proben 12 Joule, während der niedrigste Einzelwert mit 9 Joule bei -20 °C erreicht wird.

Werte für die Schlagenergie müssen nur bestimmt werden, wenn sie vom Käufer zum Zeitpunkt der Bestellannahme festgelegt sind. Hersteller und Käufer müssen die Prüfbedingungen, die Mindestwerte sowie den zulässigen Bereich der Werte für die mechanische Eigenschaft vereinbaren (zur Information siehe auch EN 1563 für GJS).

In **Tabelle 5** sind wichtige Werte für den Konstrukteur aufgeführt, die bei der Gussteilentwicklung eingesetzt werden. Eine vertiefende Information ist unter [6] oder auf der Homepage www.gontermannpeipers.de/downloads/artikel zu finden.

Probennahme

Die Probestücke müssen aus der gleichen Stranggusscharge stammen, die für die Herstellung der Stangen verwendet wurde. Sämtliche Probestücke müssen gekennzeichnet sein, damit die vollständige

Tabelle 4: Richtwerte für die Brinellhärte.

Werkstoffbezeichnung		Brinellhärtebereich HBW	Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer	HBW	
EN-GJS-350-22C-LT	5.3120	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-350-22C-RT	5.3121	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-350-22C	5.3122	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-400-18C-LT	5.3123	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-18C-RT	5.3124	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-18C	5.3125	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-15C ^a	5.3126	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-7C ^a	5.3202	140 bis 210	ferritisch
EN-GJS-450-18C ^b	5.3127	170 bis 200	ferritisch
EN-GJS-450-10C ^a	5.3128	160 bis 210	überwiegend ferritisch
EN-GJS-500-14C ^b	5.3129	180 bis 210	ferritisch
EN-GJS-500-7C ^a	5.3203	170 bis 240	ferritisch-perlitisch
EN-GJS-600-3C ^a	5.3204	200 bis 290	perlitisch-ferritisch
EN-GJS-700-2C ^a	5.3303	210 bis 305	überwiegend perlitisch

*Anmerkung: Die geringste Härte wird mit einem ferritischen Grundgefüge und geringem Siliziumgehalt erreicht. Die Härte steigt mit dem Gehalt an Perlit oder durch erhöhten Siliziumgehalt. *In Abhängigkeit vom Verfahren können diese Werkstoffe geringe Mengen an freien Carbiden enthalten. *Mischkristallverfestigtes ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit*

Rückverfolgbarkeit auf die Stangen/Charge, die sie repräsentieren, sichergestellt ist. Bei einer Wärmebehandlung müssen die Probestücke in derselben Weise be-

handelt werden wie die Stangen, die sie repräsentieren. Die Proben für den Zugversuch müssen nach der Wärmebehandlung aus den Probestücken bearbeitet

Tabelle 5: Beispiele mechanischer Eigenschaften, die an Gusseisenstrangguss mit einem Durchmesser von 160 mm gemessen wurde [6].

Werkstoffkurzzeichen	Prüftemperatur	0,2 % Dehngrenze ^a R _{p0,2} MPa in min	Zugfestigkeit ^a R _m in MPa	Dehnung ^a A in %	Elastizitätsmodul ^b E in GN/m ²	Bruchzähigkeit ^{ac} KJ in MPa \sqrt{m}
EN-GJS-400-18C-LT	RT	256	372	22,5	169	43,7
	-20 °C	277	397	19,5	170	-
EN-GJS-400-18C	RT	300	424	26	171	50,3
	-20 °C	330	453	23,5	172	-
EN-GJS-500-7C	RT	354	533	15,0	177	41,0
	-20 °C	382	558	16	178	-
EN-GJS-500-14C	RT	391	504	19,5	173	46,5
	-20 °C	421	535	20,5	175	-
EN-GJS-600-3C	RT	448	782	7,0	166	26,3 (K _{IC})
	-20 °C	473	753	3,0	167	-

^aMittelwert aus 3 Messungen nach Bruch, ^bMittelwert aus 5 Messungen, ^cGeprüft nach ISO 12135 am Probestück SENB 10 x 20 x 100 (140) (11)

Tabelle 6: Gradheit von Stangen aus Strangguss.

Länge l in mm	Maximale Abweichung von einer geraden Linie in mm	
	in gegossenem Zustand	in geglühtem Zustand
	1000	2
2000	4	6
3000	6	9

Tabelle 7: Bearbeitungszugaben für Gusseisen-Strangguss.

Strangdurchmesser D oder Strangbreite B ^a in mm	Mindestbearbeitungszugabe ^b in mm			
	Gusseisen mit Lamellengrafit		Gusseisen mit Kugelgrafit	
	kreisförmig D	rechteckig B	kreisförmig D	rechteckig B
20 < D oder B ≤ 50	2,0	2,5	3,0	3,5
50 < D oder B ≤ 100	3,0	3,5	4,0	4,5
100 < D oder B ≤ 200	4,0	4,5	5,0	5,5
200 < D oder B ≤ 300	6,0	6,5	7,0	7,5
300 < D oder B ≤ 400	7,0	7,5	8,0	8,5
400 < D oder B ≤ 500	9,0	9,5	10,0	10,5
500 < D oder B ≤ 650	11,0	11,5	12,0	12,5

^a Bei rechteckigen Gussstücken ist die Breite das längste Maß des Querschnitts.
^b Die Bearbeitungszugabe bezieht sich auf den Radius oder die halbe Breite des Stranges.

werden. In der Europäischen Norm ist die Lage von Probestücken für kreisförmige, quadratische, rechteckige und halbkreisförmige Stränge festgelegt (Bild 2 a-d)

Weitere informative Festlegungen

Diese Europäische Norm enthält ebenso Festlegungen der Bestellangaben zur Gradheit von nicht spanend bearbeiteten Stangen (Tabelle 6). Zudem beinhaltet sie Angaben zu den Bearbeitungszugaben, zur Ovalität und Wölbung der Stränge sowie Tabellen zu den kennzeichnenden Eigenschaften, zu Wiederholungsprüfungen, zur Wärmebehandlung von Probestücken und Stangen, zu Prüfbescheinigungen und informative zusätzliche Angaben zu mecha-

nischen und physikalischen Eigenschaften von Gusseisen mit Kugelgrafit.

Die Gradheit ist nach EN ISO 1101 in der Tolerierung der Form und Richtung enthalten. Die Toleranz f wird durch zwei parallele Linien beschrieben, getrennt durch einen Abstand in der Messebene.

Bearbeitungszugaben

Die Bearbeitungszugabe ist eine Werkstoffschicht auf einem Gusserzeugnis, welche zur Beseitigung gießtechnisch bedingter Merkmale (einschließlich Ovalität, Wölbung, Randschicht und unzureichende Oberflächenrauigkeit) spanend abgearbeitet wird. Tabelle 7 enthält die Mindestbearbeitungszugaben als Funktion der

Stranggussabmessung und der Formen für Gussstücke.

Fazit

Die Eigenschaften und Merkmale von Gusseisenstrangguss werden in der neuen Norm für den Kunden und Hersteller verbindlich beschrieben. Somit haben beide Parteien eine klare Grundlage bei der Konstruktion, Produktion und Qualitätssicherung. Dass die neue Norm eine breite Zustimmung in 15 europäischen Ländern erhalten hat, ist eine deutliche Bestätigung der geleisteten Arbeit. Die Verfasser bedanken sich bei allen Beteiligten für die konstruktive Zusammenarbeit bei der Erstellung der EN 16482. Die vollständige DIN EN 16824:2014 kann beim Beuth Verlag in Berlin erworben werden, wiedergegeben mit Erlaubnis des Deutschen Instituts für Normung e. V. (DIN). Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, erhältlich bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

Ralf Gorski, Technischer Geschäftsführer, C. Grossmann Stahlguss GmbH, Solingen; Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Herfurth, freiberuflicher Ingenieur, Pulheim; Dipl. Ing. Aike Gädke, Qualitätsstellenleiter Werk Hain, Gontermann-Peipers GmbH, Siegen, und Marcus Hering, Teamleiter QS Werk Hain, Gontermann-Peipers GmbH, Siegen

Literatur:

- [1] konstruieren + giessen 30 (2005) Nr. 3, S. 2-17.
- [2] konstruieren + giessen 33 (2008) Nr. 2, S. 11-20.
- [3] GIESSEREI 98 (2011) Nr. 6, S. 68-79.
- [4] GIESSEREI 99 (2012) Nr. 9, S. 62-67.
- [5] konstruieren + giessen 33 (2008) Nr. 4, S. 2-24
- [6] GIESSEREI (2014) Nr. 4, S. 50-55.