

fuse.on

Die technische Hintergrundinfo von SIBA:
Know-how rund um die Schmelzsicherung



Wie energieeffiziente Motoren absichern?

Grundlagen zur Auswahl von aM- und gG-
Sicherungen für energieeffiziente Motoren

*Sie profitieren.
Mit Sicherheit.*

Wie energieeffiziente Motoren absichern?

Grundlagen zur Auswahl von aM- und gG-Sicherungen für energieeffiziente Motoren

Von
Detlef Tätweiler
 Applikations-
 Ingenieur
 SIBA GmbH

1 Einleitung

Die Beweggründe den CO₂-Ausstoß zu mindern, den Energieverbrauch zu reduzieren und die Ressourcen zu schonen wurden in umfassenden Gesetzen festgelegt. Ein großes Einsparpotential entfällt auf die elektrische Energie von Elektromotoren, die Maschinen antreiben, da diese ca. 70% des gesamten industriellen Verbrauchs darstellen.

Der Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz von Standard-Drehstrommotoren für Netzbetrieb in der Industrie wird in der Verordnung (EG) 640/2009 und der Ergänzung 04/2014 behandelt. Diese Verordnung ist in allen Ländern der Europäischen Union gültig.

Die internationale Norm IEC 60034-30-1:2014 definiert die Wirkungsgrade bzw. Effizienzklassen bei 50 und 60 Hz für alle betroffenen Motoren und zeigt alle Ausnahmeregelungen auf. Ab 1. Januar 2017 ist in der Europäischen Union die Energiesparkklasse IE3 für Elektromotoren im Netzbetrieb von 0,75 bis 375 kW Nennleistung **verpflichtend**.

2 Effizienzklassen

Der Wirkungsgrad beschreibt die Effizienz von Motoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie. Für die Drehstrommotoren wurden neue Effizienzklassen (IE = International Efficiency Class) nach der Norm IEC 60034-30-1 definiert.

IE1	Standard-Wirkungsgrad
IE2	Hoher Wirkungsgrad
IE3	Premium Wirkungsgrad
IE4	Super Premium Wirkungsgrad
IE5	neue vorgesehene Wirkungsgradklasse

3 Standardmotoren nach IEC 60034-30-1

Die Norm IEC 60034-30-1:2014 definiert weltweit 5 Wirkungsgradklassen für Niederspannungs-Drehstrommotoren im Leistungsbereich von 0,12 kW bis 1.000 kW bei einer Bemessungsspannung von über 50 V bis zu 1 kV mit einer Polzahl von 2, 4, 6 oder 8.

Sie umfaßt alle Bauarten elektrischer Motoren mit Direktanlauf und nicht nur Drehstrom-Induktionsmotoren mit Käfigläufer. Die neue Wirkungsgradklasse IE5 ist noch nicht im Detail definiert, ist aber für die nächste Ausgabe der Norm vorgesehen.

4 Verhalten von hocheffizienten Motoren

Die Motorenhersteller haben ihre Motoren verbessert, teilweise neu konstruiert und den Wirkungsgrad verbessert [1]. Durch diese Änderungen haben hocheffiziente Motoren eine höhere Induktivität und geringere Kupferverluste, sodass die Anlaufströme höher sind als die der Standardmotoren IE1 und IE2. Aus diesem Grund werden an die Schaltgeräte wie Schütze, Motorschutzschalter und Sicherungen größere Anforderungen gestellt.

Die höheren Anlaufströme sind bei der Auswahl der Sicherungen zu berücksichtigen.

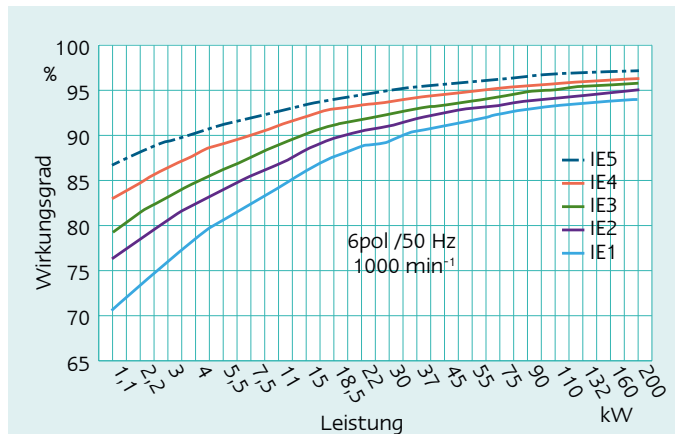


Bild 1: Anlaufströme

5 Änderungen der IE3- und IE2-Motoren im Vergleich zu IE1-Motoren

- Niedrigerer Bemessungsstrom
In von etwa 3-5% im Mittel (bei kleineren Motoren mehr und bei größeren Motoren weniger)
- Leistungsfaktor ändert sich nicht signifikant bei Abweichungen von der Vollast
- Anlaufstromverhältnis I_a/I_n (Anlaufstrom/Nennstrom) erhöht sich bei kleinen Motoren (<3 kW) bis zu 35% und bei Motoren mittlerer Größe um mindestens 3 bis 15%, bei Motoren ab 75 kW weniger als 7% gegenüber IE1-Motoren (Werte aus Bild 2)
- Hochlaufzeit etwas kürzer
- Übertemperatur im stationären Betrieb ist ca. 10 - 15 K niedriger [2]

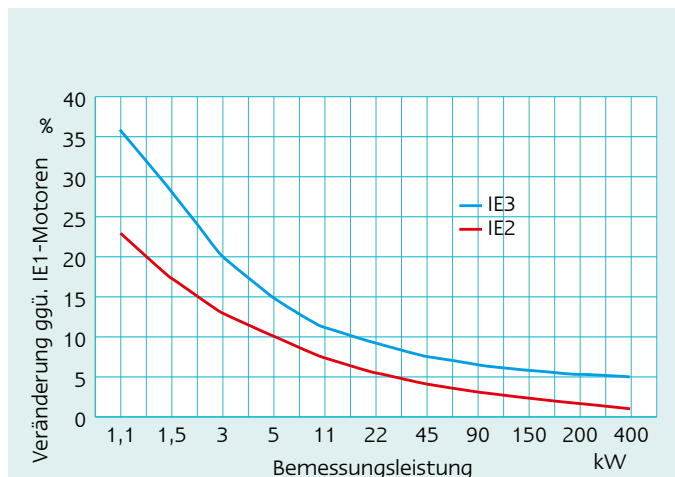


Bild 2: Veränderung Anlaufstromverhältnis

6 Konsequenzen für elektrische Komponenten und Sicherungen

Der Kennlinienverlauf von aM-Sicherungen wird nicht geändert. Deshalb muss die Zuordnung der Sicherungen für den Motorschutz oder für die Schaltanlagen entsprechend angepasst werden.

Sicherungen können einen Motor weder gegen einen zu hohen Anlaufstrom noch gegen einen inneren Kurzschluss schützen. Die Sicherungen sind dazu vorgesehen, im Falle eines Kurzschlusses die im Motor-kreis liegenden Komponenten gegen die Auswirkungen des Kurzschlusses zu schützen.

Sie profitieren.
Mit Sicherheit.

Die Hauptaufgabe der Sicherung ist es, einen sogenannten „Back-Up-Schutz“ des Schaltgerätes zu ermöglichen. Übersteigt der Kurzschlussstrom im Motorkreis das Bemessungsausschaltvermögen des Motorschützes, übernehmen bei richtiger Dimensionierung die Sicherungen die Schaltaufgabe. Es ist dabei wichtig, dass die Sicherungen vor einem möglichen Verschweißen der Schützkontakte den Stromkreis unterbrechen.

Grundsätzlich müssen mögliche Überlastströme durch andere geeignete Schutzorgane abgeschaltet werden.

7 Definition des Bemessungsstromes der aM- oder gG-Sicherung:

Motornennstrom ermitteln oder berechnen:

$$I_n (\text{Motor}) = P_n / (\cos \varphi * \eta * U_n * \sqrt{3})$$

Kleinsten Bemessungsstrom der Sicherung berechnen:

$$I_n \text{ min (Fuse)} \geq I_n (\text{Motor})$$

Wenn die Umgebungstemperatur größer als 20 ° C ist, fließt ein Deratingfaktor K_{th} , mit in die Berechnung ein.

$$I_n \text{ min (Fuse)} \geq I_n (\text{Motor}) / K_{TH}$$

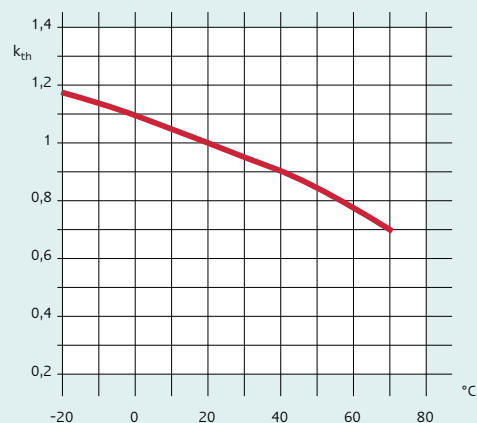


Bild 3: Auswahl des Bemessungsstromes unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur

8 Überprüfung des Kennlinienverlaufs der ausgewählten Sicherung

Der Anlaufstrom des Motors darf am Ende der Hochlaufzeit die Sicherung nicht schädigen. Mit dem Selektivitätskoeffizienten B2 (gilt für SIBA-Sicherungen aM <0,8 und gG <0,7) wird geprüft, ob der Motoranlaufstrom (I_{START}) genügend Abstand zum Kennlinienpunkt (I_{TC}) der Zeit/Strom-Kennlinie der Sicherung hat.

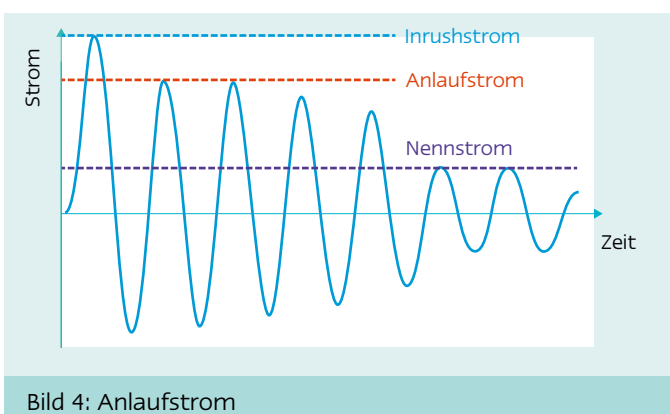


Bild 4: Anlaufstrom

9 Beispiele

Der Motornennstrom eines IE3-Motors, 55 kW, 4-polig, 400 V, beträgt 96 A, die Hochlaufzeit ist 5 Sekunden und der Motoranlaufstrom entspricht dem 8-fachen Motornennstrom.

Prüfung, ob der Strom mit dem Sicherheitsabstand ($I_{START} / B2$) auf oder links neben dem Kennlinienpunkt (I_{TCC}) der Sicherung liegt.
 Dann Überprüfung, ob das Gesamtintegral der Sicherung kleiner ist als das Grenzlastintegral der Schaltanlage. Ist dies der Fall, dann wurde die geeignete Sicherung ausgewählt.

Beispiel 1

Selektivitätskoeffizient $B2 = 0,8$
 $I_{START} = 8 * 96 A = 768 A$

$$I_{START} / B2 \leq I_{TCC}$$

$$768 A / 0,8 = 960 A \leq I_{TCC} (1170 A)$$

Auswahl der Sicherung:

160 A, aM,
Art.-Nr.: 20 211 08.160

Beispiel 2

Alternative Auswahl der Sicherung (gG),
 Selektivitätskoeffizient $B2 = 0,7$
 $I_{START} = 8 * 96 A = 768 A$

$$I_{START} / B2 \leq I_{TCC}$$

$$768 A / 0,7 = 1097 A \leq I_{TCC} (1430 A)$$

Auswahl der Sicherung:

250 A, gG,
Art.Nr.: 20 003 13.250

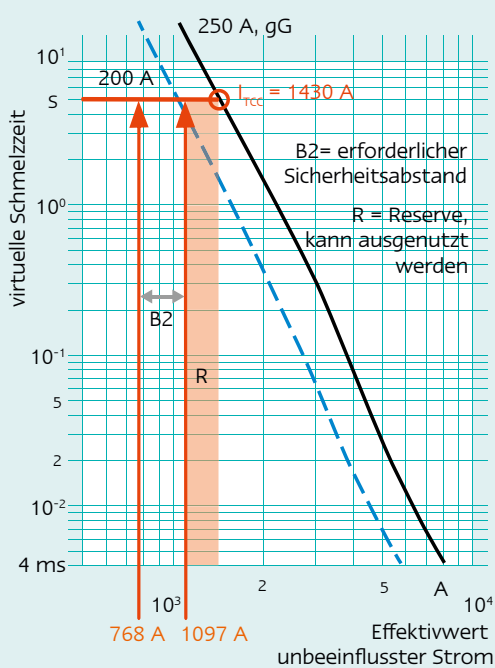
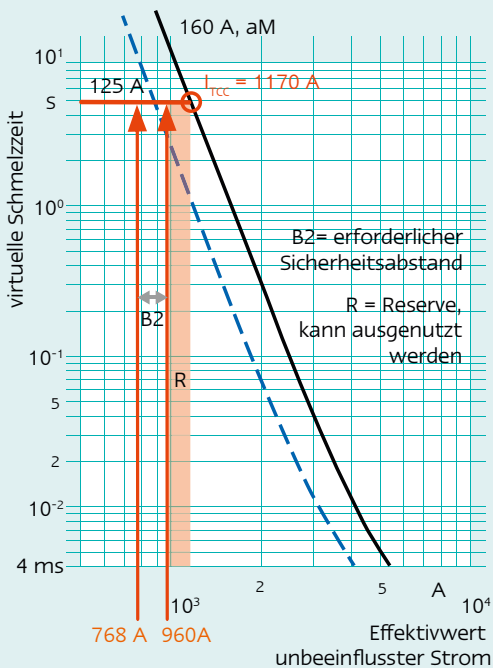


Bild 5: Beispiele für die Auswahl der Sicherung

Sie profitieren.
 Mit Sicherheit.

10 Absicherung mit aM-Sicherungen

PN	IE2 Motoren								IE3 Motoren							
	$U_N = 400\text{ V}$				$U_N = 690\text{ V}$				$U_N = 400\text{ V}$				$U_N = 690\text{ V}$			
	Anlaufstrom $I_A / 5\text{ Sek.} =$ Hochlaufzeit				Anlaufstrom $I_A / 5\text{ Sek.} =$ Hochlaufzeit				Anlaufstrom $I_A / 5\text{ Sek.} =$ Hochlaufzeit				Anlaufstrom $I_A / 5\text{ Sek.} =$ Hochlaufzeit			
kW	I_N Motor	$6 \times I_N$	$8 \times I_N$	$10 \times I_N$	I_N Motor	$6 \times I_N$	$8 \times I_N$	$10 \times I_N$	I_N Motor	$6 \times I_N$	$8 \times I_N$	$10 \times I_N$	I_N Motor	$6 \times I_N$	$8 \times I_N$	$10 \times I_N$
1,1	2	4	4	6	1	4	4	4	2	4	4	4	1	4	4	4
1,5	3	4	6	6	2	4	4	4	3	4	4	6	2	4	4	4
2,2	4	6	10	16	2	4	4	6	4	6	6	10	2	4	6	6
3	6	10	16	16	3	4	6	10	6	10	16	16	3	6	6	6
4	8	16	16	20	5	6	10	16	7	10	16	16	4	6	10	10
5,5	11	16	20	20	6	10	16	16	10	16	20	20	6	10	16	16
7,5	15	20	25	25	8	16	16	20	14	20	25	25	8	16	20	20
11	20	25	32	35	12	16	20	25	19	25	25	35	12	16	20	25
15	26	25	40	50	15	20	25	25	25	25	35	50	15	20	25	25
18,5	32	35	50	63	19	20	25	35	31	35	50	63	18	20	25	32
22	38	40	63	63	22	25	32	40	36	40	50	63	22	25	32	40
30	52	63	80	100	30	35	50	63	50	50	80	100	29	32	40	50
37	65	63	100	125	37	40	50	63	61	63	100	125	36	40	50	63
45	79	80	125	160	46	50	63	80	74	80	125	160	44	50	63	80
55	96	125	160	200	56	63	80	100	91	100	160	200	54	63	80	100
75	131	160	200	250	76	80	125	160	124	160	200	250	73	80	125	160
90	157	200	250	300	91	100	160	200	149	160	224	250	88	100	125	160
110	186	200	250	300	108	125	160	200	178	200	250	300	103	125	160	200
132	223	250	315	355	129	160	200	250	214	250	300	355	124	160	200	224
160	270	315	355	500	157	200	224	300	259	300	355	500	150	200	250	250
200	338	355	500	630	196	200	300	315	324	355	500	630	188	200	250	315
250	423	500	630	800	245	250	315	400	405	400	630	800	235	250	315	355
315	532	630	800	---	309	300	400	630	510	630	800	---	296	315	400	500
355	600	630	---	---	348	400	500	630	575	630	800	---	333	355	500	630
400	676	800	---	---	392	400	630	800	647	---	---	---	375	355	500	630

160 Beispiel 1, Berechnung siehe Seite 5

Annahme		Annahme $\cos \varphi$	Annahme		Annahme $\cos \varphi$
$P < 10\text{ kW}$	$\eta = 0,85$	$\cos \varphi = 0,87$	$P < 100\text{ kW}$	$\eta = 0,88$	$\cos \varphi = 0,89$
$10\text{ kW} < P < 100\text{ kW}$	$\eta = 0,92$	$\cos \varphi = 0,87$	$10\text{ kW} < P < 100\text{ kW}$	$\eta = 0,94$	$\cos \varphi = 0,89$
$P > 100\text{ kW}$	$\eta = 0,95$	$\cos \varphi = 0,90$	$P > 100\text{ kW}$	$\eta = 0,96$	$\cos \varphi = 0,93$

12 Quellenangaben

- [1] DIN EN 60034-30-1 (VDE 0530-30-1)
- [2] New IE2/IE3/IE4 energy-saving motors - influence on coordination, Volker Seefeld, Siemens

11 Absicherung mit gG-Sicherungen

PN	IE2 Motoren								IE3 Motoren							
	U _N = 400 V				U _N = 690 V				U _N = 400 V				U _N = 690 V			
	Anlaufstrom I _A / 5 Sek. = Hochlaufzeit				Anlaufstrom I _A / 5 Sek. = Hochlaufzeit				Anlaufstrom I _A / 5 Sek. = Hochlaufzeit				Anlaufstrom I _A / 5 Sek. = Hochlaufzeit			
kW	I _N Motor	6 x I _N	8 x I _N	10 x I _N	I _N Motor	6 x I _N	8 x I _N	10 x I _N	I _N Motor	6 x I _N	8 x I _N	10 x I _N	I _N Motor	6 x I _N	8 x I _N	10 x I _N
1,1	2	6	10	10	1	6	6	6	2	6	10	10	1	6	6	6
1,5	3	10	10	16	2	6	10	10	3	10	10	16	2	6	6	10
2,2	4	16	16	20	2	10	10	16	4	16	16	20	2	10	10	16
3	6	16	20	25	3	10	16	20	6	16	20	25	3	10	16	20
4	8	20	32	40	5	16	20	20	7	20	25	35	4	16	20	20
5,5	11	32	40	50	6	20	25	32	10	32	40	50	6	20	25	25
7,5	15	40	50	63	8	25	32	40	14	40	50	63	8	25	32	35
11	20	50	63	80	12	32	40	50	19	50	63	80	12	32	40	50
15	26	63	80	100	15	40	50	63	25	63	80	100	15	40	50	63
18,5	32	80	100	125	19	50	63	80	31	80	100	100	18	50	63	80
22	38	100	100	125	22	63	80	80	36	80	100	125	22	63	63	80
30	52	100	160	160	30	80	100	100	50	100	125	160	29	63	100	100
37	65	125	160	200	37	80	100	125	61	125	160	200	36	80	100	125
45	79	160	200	224	46	100	125	160	74	160	200	224	44	100	125	160
55	96	200	250	250	56	125	160	160	91	160	224	250	54	125	160	160
75	131	224	315	355	76	160	200	224	124	224	315	355	73	160	200	224
90	157	250	355	400	91	160	224	250	149	250	315	400	88	160	200	250
110	186	315	400	500	108	200	250	315	178	315	355	500	103	200	250	315
132	223	355	500	630	129	250	315	355	214	355	400	500	124	224	250	355
160	270	400	630	630	157	250	355	400	259	400	500	630	150	250	315	400
200	338	500	630	800	196	315	400	500	324	500	630	800	188	315	355	500
250	423	630	800	---	245	355	500	630	405	630	800	---	235	355	500	630
315	532	800	---	---	309	500	630	---	510	800	---	---	296	500	630	---
355	600	800	---	---	348	500	630	---	575	800	---	---	333	500	630	---
400	676	---	---	---	392	630	---	---	647	800	---	---	375	630	---	---

250 Beispiel 2, Berechnung siehe Seite 5

Annahme		Annahme cos φ		Annahme		Annahme cos φ	
P < 10 kW	η = 0,85	cos φ = 0,87		P < 100 kW	η = 0,88	cos φ = 0,89	
10kW < P < 100kW	η = 0,92	cos φ = 0,87		10kW < P < 100kW	η = 0,94	cos φ = 0,89	
P > 100 kW	η = 0,95	cos φ = 0,90		P > 100 kW	η = 0,96	cos φ = 0,93	

Haftungsausschluss:

Die in dieser Unterlage beschriebenen Sicherungen wurden entwickelt, um als Bauteil einer Maschine oder Gesamtanlage sicherheitsrelevante Funktionen zu übernehmen. Ein sicherheitsrelevantes System enthält in der Regel Meldegeräte, Sensoren, Auswerteeinheiten und Konzepte für sichere Abschaltungen. Die Sicherstellung einer korrekten Gesamtfunktion liegt im Verantwortungsbereich des Herstellers einer Anlage oder Maschine. Die SIBA GmbH sowie ihre Vertriebsbüros (im Folgenden „SIBA“) sind nicht in der Lage, alle Eigenschaften einer Gesamtanlage oder Maschine, die nicht durch SIBA konzipiert wurde, zu garantieren. Wenn ein Produkt ausgewählt wurde, sollte es vom Anwender in allen vorgesehenen Applikationen geprüft werden. SIBA übernimmt auch keine Haftung für Empfehlungen, die durch die vorangegangene Beschreibung gegeben bzw. impliziert werden. Aufgrund der Beschreibung können keine, über die allgemeinen SIBA-Lieferbedingungen hinausgehenden Garantie-, Gewährleistungs- oder Haftungsansprüche abgeleitet werden.

Stand der Technik und Normung:

Technologien und technische Normen unterliegen permanenter Weiterentwicklung. Insofern kann diese Unterlage auch den zum Zeitpunkt der Drucklegung üblichen Stand der Technik widerspiegeln. Das ist bei Verwendung der Informationen und der aufgelisteten Typen aus dem Produktprogramm zu berücksichtigen.

Sie profitieren.
Mit Sicherheit.



Hauptsitz / Head Office**SIBA GmbH**

Borker Straße 20-22
D-44534 Lünen
Postfach 1940
D-44509 Lünen
Tel.: +49-2306-7001-0
Fax: +49-2306-7001-10
info@siba.de
www.siba.de

SIBA Unit Miniature Fuses

Tel.: +49-2306-7001-295
Fax: +49-2306-7001-99
elu@siba.de

**Deutschland / Germany****SIBA Vertriebsbüro Freiberg**

Untergasse 12
D-09599 Freiberg
Tel.: +49-3731-202283
Fax: +49-3731-202462
alexander.kolbe@siba.de

SIBA Vertriebsbüro Rhein/Ruhr

Espelweg 25
D-58730 Fröndenberg
Tel.: +49-2373-1753141
Fax: +49-2373-1753142
joerg.mattusch@siba.de

SIBA Vertriebsbüro Süd-West

Germersheimer Str. 101a
D-67360 Lingenfeld
Tel.: +49-6344-937510
Fax: +49-6344-937511
erwin.leuthner@siba.de

SIBA Vertriebsbüro Kassel

Sieberweg 20
D-34225 Baunatal
Tel.: +49-5601-965300
Fax: +49-5601-965301
achim.fischer@siba.de

SIBA Vertriebsbüro Bayern

Kirchstraße 12
D-86316 Friedberg
Tel.: +49-821-58955260
Fax: +49-821-58955261
guenther.heinz@siba.de

International**SIBA Sicherungen- und Schalterbau
Ges.m.b.H & Co. KG (Austria)**

Ortsstraße 18 · A-2331 Vösendorf bei Wien
Tel.: +43-1-6994053 und 6992592
Fax: +43-1-699405316 und 699259216
info.siba@aon.at
www.siba-sicherungen.at

**SIBA GmbH Beijing
Rep. Office (China)**

Rm 1609, Block B, Lucky Tower
No. 3, Dongsanhuan Beilu, Chaoyang district
Beijing 100027
Tel.: +86-10-65817776
Fax: +86-10-64686648
siba_china@sibafuse.cn
www.sibafuse.cn

SIBA Písek s.r.o. (Czech Rep.)

U Vodárny 1506 · 397 01 Písek
Tel.: +420-38-2265746
Fax: +420-38-2265746
sibacz@iol.cz · www.siba-pojistky.cz

**SIBA Sikringer Danmark A/S
(Denmark)**

Lunikvej 24 B
DK-2670 Greve
Tel.: +45-86828175 · Fax: +45-86814565
info@sikringer.dk · www.siba-sikringer.dk

SIBA Nederland B.V. (Netherlands)

Van Gentstraat 16
NL-5612 KM Eindhoven
Tel.: +31-40-2467071
Fax: +31-40-2439916
info@sibafuses.nl · www.siba-zekeringen.nl

SIBA Polska sp. z o.o. (Poland)

ul. Grzybowa 5G
05-092 Łomianki Dąbrowa Leśna
Tel.: +48-22-8321477
Fax: +48-22-8339118
siba@siba-bezpieczniki.pl
www.siba-bezpieczniki.pl

„SIBA GmbH“ (Russia)

ul. Petrovka 27
Moskva 107031
Tel.: +7-495-9871413
Fax: +7-495-9871774
info@siba-predohraniteli.ru
www.siba-predohraniteli.ru

SIBA Fuses SA PTY. LTD. (South Africa)

P.O. Box 34261
Jeppestown 2043
Tel.: +27-11334-6560 / 4
Fax: +27-11334-7140
sibafuses@universe.co.za
www.siba-fuses.co.za

**SIBA Far East Pte. LTD.
(South East Asia)**

24 Sin Ming Lane, # 07 - 105
Midview City, Singapore 573970, Republic of
Singapore
Tel.: +65-66599449
Fax: +65-66594994
info@sibafuse.com.sg
www.sibafuse.com.sg

SIBA (UK) LTD. (United Kingdom)

19 Duke Street
Loughborough. Leics. LE11 1ED
Tel.: +44-1509-269719
Fax: +44-1509-236024
siba.uk@btconnect.com
www.siba-fuses.co.uk

SIBA Fuses LLC (United States of America)

29 Fairfield Place
West Caldwell, NJ 07006
Tel.: +1-973575-7422 (973-575-SIBA)
Fax: +1-973575-5858
info@sibafuses.com
www.sibafuses.com

**Weitere Vertriebspartner weltweit /
Further distribution partners worldwide:
www.siba.de / www.siba-fuses.com**



Sicherungen | Fuses

*Sie profitieren.
Mit Sicherheit.*

Fotos: Fotolia/Industrieblick (Titelseite)