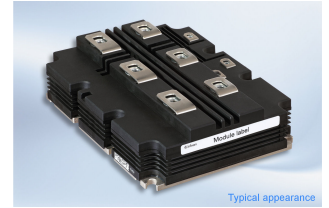


## hochisolierendes Modul mit Trench/Feldstopp IGBT3 und Emitter Controlled 3 Diode

### Eigenschaften

- Elektrische Eigenschaften
  - $V_{CES} = 6500\text{ V}$
  - $I_{C\text{ nom}} = 500\text{ A} / I_{CRM} = 1000\text{ A}$
  - Niedriges  $V_{CESat}$
- Mechanische Eigenschaften
  - ALSiC Bodenplatte für erhöhte thermische Lastwechselfestigkeit
  - Erweiterter Lagertemperaturbereich bis zu  $T_{stg} = -55^{\circ}\text{C}$
  - Große Luft- und Kriechstrecken
  - Gehäuse mit  $CTI > 600$
  - Gehäuse mit erweiterten Isolationseigenschaften von 10,4kV AC 60s



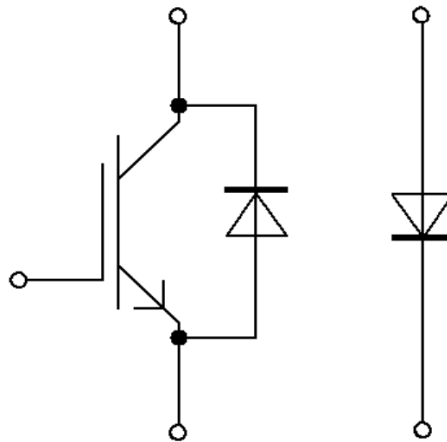
### Potenzielle Anwendungen

- Chopper-Anwendungen
- Mittelspannungsantriebe
- Traktionsumrichter

### Produktvalidierung

- Qualifiziert für Industrieanwendungen entsprechend den relevanten Tests der IEC 60747, 60749 und 60068

### Beschreibung



Inhalt

	<b>Beschreibung</b>	1
	<b>Eigenschaften</b>	1
	<b>Potenzielle Anwendungen</b>	1
	<b>Produktvalidierung</b>	1
	<b>Inhalt</b>	2
1	<b>Gehäuse</b>	3
2	<b>IGBT, Brems-Chopper</b>	4
3	<b>Diode, Brems-Chopper</b>	5
4	<b>Diode, Revers</b>	6
5	<b>Kennlinien</b>	8
6	<b>Schaltplan</b>	13
7	<b>Gehäuseabmessungen</b>	14
8	<b>Modul-Label-Code</b>	15
	<b>Änderungshistorie</b>	16
	<b>Disclaimer</b>	17

## 1 Gehäuse

**Tabelle 1** Isolationskoordination

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte	Einh.
Isolations-Prüfspannung	$V_{ISOL}$	RMS, $f = 50 \text{ Hz}$ , $t = 60 \text{ s}$	10.4	kV
Teilentladungs-Aussetzspannung	$V_{isol}$	RMS, $f = 50 \text{ Hz}$ , $Q_{PD}$ typ. 10 pC	5.1	kV
Kollektor-Emitter-Gleichsperrspannung	$V_{CE(D)}$	$T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$ , 100 Fit	3800	V
Material Modulgrundplatte			AlSiC	
Innere Isolation		Basisisolation (Schutzklasse 1, EN61140)	AlN	
Kriechstrecke	$d_{Creep}$	Kontakt - Kühlkörper	64.0	mm
Kriechstrecke	$d_{Creep}$	Kontakt - Kontakt	56.0	mm
Luftstrecke	$d_{Clear}$	Kontakt - Kühlkörper	40.0	mm
Luftstrecke	$d_{Clear}$	Kontakt - Kontakt	26.0	mm
Vergleichszahl der Kriechwegbildung	$CTI$		>600	

**Tabelle 2** Charakteristische Werte

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung		Werte			Einh.
				Min.	Typ.	Max.	
Modulstreuinduktivität	$L_{SCE}$				20		nH
Modulleitungswiderstand, Anschlüsse - Chip	$R_{AA'+CC'}$	T <sub>C</sub> =25°C, pro Schalter			0.18		mΩ
Modulleitungswiderstand, Anschlüsse - Chip	$R_{CC'+EE'}$	T <sub>C</sub> =25°C, pro Schalter			0.18		mΩ
Lagertemperatur	$T_{stg}$			-55		125	°C
Anzugsdrehmoment f. Modulmontage	$M$	- Montage gem. gültiger Applikationsschrift	M6, Schraube	4.25		5.75	Nm
Anzugsdrehmoment f. elektr. Anschlüsse	$M$	- Montage gem. gültiger Applikationsschrift	M4, Schraube	1.8		2.1	Nm
			M8, Schraube	8		10	
Gewicht	$G$				1400		g

## 2 IGBT, Brems-Chopper

**Tabelle 3**      **Höchstzulässige Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung		Werte	Einh.
Kollektor-Emitter-Sperrspannung	$V_{CES}$		$T_{vj} = -50\text{ °C}$	5900	V
			$T_{vj} = 25\text{ °C}$	6500	
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$	6500	
Kollektor-Dauergleichstrom	$I_{CDC}$	$T_{vj\text{ max}} = 150\text{ °C}$	$T_C = 80\text{ °C}$	500	A
Periodischer Kollektor-Spitzenstrom	$I_{CRM}$	$t_p = 1\text{ ms}$		1000	A
Gate-Emitter-Spitzenspannung	$V_{GES}$			±20	V

**Tabelle 4**      **Charakteristische Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung		Werte			Einh.
				Min.	Typ.	Max.	
Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung	$V_{CE\text{ sat}}$	$I_C = 500\text{ A}, V_{GE} = 15\text{ V}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		3.00	3.40	V
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		3.70	4.20	
Gate-Schwellenspannung	$V_{GEth}$	$I_C = 70\text{ mA}, V_{CE} = V_{GE}, T_{vj} = 25\text{ °C}$		5.40	6	6.60	V
Gateladung	$Q_G$	$V_{GE} = \pm 15\text{ V}, V_{CE} = 3600\text{ V}$			20		µC
Interner Gatewiderstand	$R_{Gint}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$			1.1		Ω
Eingangskapazität	$C_{ies}$	$f = 1000\text{ kHz}, T_{vj} = 25\text{ °C}, V_{CE} = 25\text{ V}, V_{GE} = 0\text{ V}$			135		nF
Rückwirkungskapazität	$C_{res}$	$f = 1000\text{ kHz}, T_{vj} = 25\text{ °C}, V_{CE} = 25\text{ V}, V_{GE} = 0\text{ V}$			2.1		nF
Kollektor-Emitter-Reststrom	$I_{CES}$	$V_{CE} = 6500\text{ V}, V_{GE} = 0\text{ V}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$			5	mA
Gate-Emitter-Reststrom	$I_{GES}$	$V_{CE} = 0\text{ V}, V_{GE} = 20\text{ V}, T_{vj} = 25\text{ °C}$				400	nA
Einschaltverzögerungszeit (ind. Last)	$t_{don}$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 3600\text{ V}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Gon} = 1.5\text{ Ω}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		0.640		µs
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		0.650		
Anstiegszeit (induktive Last)	$t_r$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 3600\text{ V}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Gon} = 1.5\text{ Ω}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		0.180		µs
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		0.200		
Abschaltverzögerungszeit (ind. Last)	$t_{doff}$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 3600\text{ V}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Goff} = 10\text{ Ω}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		7.300		µs
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		7.600		
Fallzeit (induktive Last)	$t_f$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 3600\text{ V}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Goff} = 10\text{ Ω}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		0.400		µs
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		0.500		
Einschaltzeit (ohmsche Last)	$t_{on\_R}$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 2000\text{ V}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Gon} = 1.5\text{ Ω}$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$	1.62			µs
Einschaltverlustenergie pro Puls	$E_{on}$	$I_C = 500\text{ A}, V_{CE} = 3600\text{ V}, L_\sigma = 280\text{ nH}, V_{GE} = \pm 15\text{ V}, R_{Gon} = 1.5\text{ Ω}, di/dt = 2000\text{ A/µs} (T_{vj} = 125\text{ °C})$	$T_{vj} = 25\text{ °C}$		2800		mJ
			$T_{vj} = 125\text{ °C}$		4300		

**(wird fortgesetzt...)**

**Tabelle 4 (Fortsetzung) Charakteristische Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte			Einh.
			Min.	Typ.	Max.	
Abschaltverlustenergie pro Puls	$E_{off}$	$I_C = 500 \text{ A}$ , $V_{CE} = 3600 \text{ V}$ , $L_\sigma = 280 \text{ nH}$ , $V_{GE} = \pm 15 \text{ V}$ , $R_{Goff} = 10 \Omega$	$T_{vj} = 25^\circ \text{C}$	2400		mJ
			$T_{vj} = 125^\circ \text{C}$	2800		
Kurzschlussverhalten	$I_{SC}$	$V_{GE} \leq 15 \text{ V}$ , $V_{CC} = 4500 \text{ V}$ , $V_{CEmax} = V_{CES} - L_{sCE} \cdot di/dt$	$t_p \leq 10 \mu\text{s}$ , $T_{vj} \leq 125^\circ \text{C}$	3000		A
Wärmewiderstand, Chip bis Gehäuse	$R_{thJC}$	pro IGBT			13.1	K/kW
Wärmewiderstand, Gehäuse bis Kühlkörper	$R_{thCH}$	pro IGBT, $\lambda_{Paste} = 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		13.0		K/kW
Temperatur im Schaltbetrieb	$T_{vj op}$		-50		125	$^\circ \text{C}$

### 3 Diode, Brems-Chopper

**Tabelle 5 Höchstzulässige Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung		Werte	Einh.
Periodische Spitzensperrspannung	$V_{\text{RRM}}$		$T_{\text{vj}} = -50\text{ °C}$	5900	V
			$T_{\text{vj}} = 25\text{ °C}$	6500	
			$T_{\text{vj}} = 125\text{ °C}$	6500	
Dauergleichstrom	$I_{\text{F}}$			500	A
Periodischer Spitzenstrom	$I_{\text{FRM}}$	$t_{\text{p}} = 1\text{ ms}$		1000	A
Grenzlastintegral	$I^2t$	$t_{\text{p}} = 10\text{ ms}, V_{\text{R}} = 0\text{ V}$	$T_{\text{vj}} = 125\text{ °C}$	210	$\text{kA}^2\text{s}$
Spitzenverlustleistung	$P_{\text{RQM}}$	$T_{\text{vj}} = 125\text{ °C}$		2000	kW
Mindesteinschaltdauer	$t_{\text{onmin}}$			10	$\mu\text{s}$

**Tabelle 6 Charakteristische Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte			Einh.
			Min.	Typ.	Max.	
Durchlassspannung	$V_F$	$I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = 0 \text{ V}$	$T_{vj} = 25^\circ \text{C}$	3.00	3.50	V
			$T_{vj} = 125^\circ \text{C}$	2.95	3.50	
Rückstromspitze	$I_{RM}$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ \text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ \text{C}$	730		A
			$T_{vj} = 125^\circ \text{C}$	800		
Sperrverzögerungsladung	$Q_r$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ \text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ \text{C}$	570		$\mu\text{C}$
			$T_{vj} = 125^\circ \text{C}$	1050		

(wird fortgesetzt...)

**Tabelle 6 (Fortsetzung) Charakteristische Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte			Einh.
			Min.	Typ.	Max.	
Abschaltenergie pro Puls	$E_{rec}$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ\text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ\text{C}$	930		mJ
			$T_{vj} = 125^\circ\text{C}$	2000		
Wärmewiderstand, Chip bis Gehäuse	$R_{thJC}$	pro Diode			28.0	K/kW
Wärmewiderstand, Gehäuse bis Kühlkörper	$R_{thCH}$	pro Diode, $\lambda_{Paste} = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		21.0		K/kW
Temperatur im Schaltbetrieb	$T_{vj op}$		-50		125	$^\circ\text{C}$

## 4 Diode, Revers

**Tabelle 7 Höchstzulässige Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung		Werte	Einh.
Periodische Spitzensperrspannung	$V_{\text{RRM}}$		$T_{\text{vj}} = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$	5900	V
			$T_{\text{vj}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	6500	
			$T_{\text{vj}} = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$	6500	
Dauergleichstrom	$I_{\text{F}}$			500	A
Periodischer Spitzenstrom	$I_{\text{FRM}}$	$t_{\text{p}} = 1\text{ ms}$		1000	A
Grenzlastintegral	$I^2t$	$t_{\text{p}} = 10\text{ ms}, V_{\text{R}} = 0\text{ V}$	$T_{\text{vj}} = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$	210	$\text{kA}^2\text{s}$
Spitzenverlustleistung	$P_{\text{RQM}}$	$T_{\text{vj}} = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$		2000	kW
Mindesteinschaltdauer	$t_{\text{onmin}}$			10	$\mu\text{s}$

**Tabelle 8 Charakteristische Werte**

Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte			Einh.
			Min.	Typ.	Max.	
Durchlassspannung	$V_F$	$I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = 0 \text{ V}$	$T_{vj} = 25^\circ\text{C}$	3.00	3.50	V
			$T_{vj} = 125^\circ\text{C}$	2.95	3.50	
Rückstromspitze	$I_{RM}$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ\text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ\text{C}$	730		A
			$T_{vj} = 125^\circ\text{C}$	800		
Sperrverzögerungsladung	$Q_r$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ\text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ\text{C}$	570		$\mu\text{C}$
			$T_{vj} = 125^\circ\text{C}$	1050		
Abschaltenergie pro Puls	$E_{rec}$	$V_R = 3600 \text{ V}$ , $I_F = 500 \text{ A}$ , $V_{GE} = -15 \text{ V}$ , $-di_F/dt = 2000 \text{ A}/\mu\text{s}$ ( $T_{vj} = 125^\circ\text{C}$ )	$T_{vj} = 25^\circ\text{C}$	930		mJ
			$T_{vj} = 125^\circ\text{C}$	2000		

(wird fortgesetzt...)

**Tabelle 8** (Fortsetzung) Charakteristische Werte

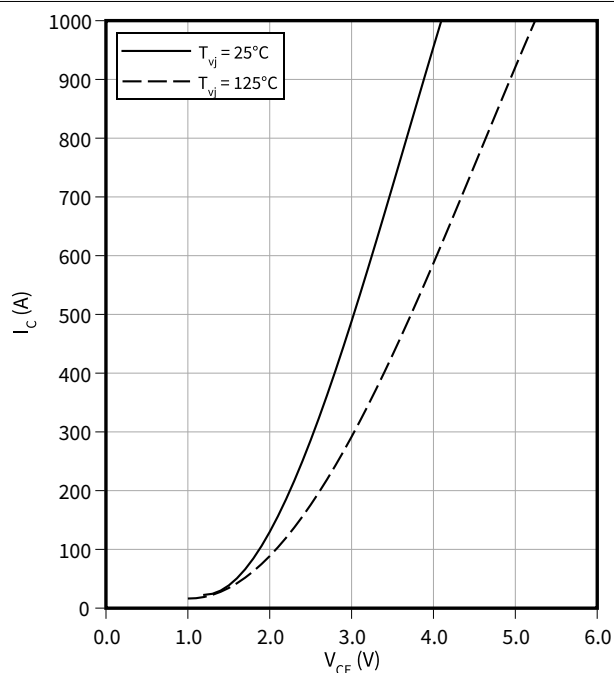
Parameter	Symbol	Notiz oder Prüfbedingung	Werte			Einh.
			Min.	Typ.	Max.	
Wärmewiderstand, Chip bis Gehäuse	$R_{thJC}$	pro Diode			28.0	K/kW
Wärmewiderstand, Gehäuse bis Kühlkörper	$R_{thCH}$	pro Diode, $\lambda_{paste} = 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		16.0		K/kW
Temperatur im Schaltbetrieb	$T_{vj op}$		-50		125	°C

## 5 Kennlinien

### Ausgangskennlinie (typisch), IGBT, Brems-Chopper

$$I_C = f(V_{CE})$$

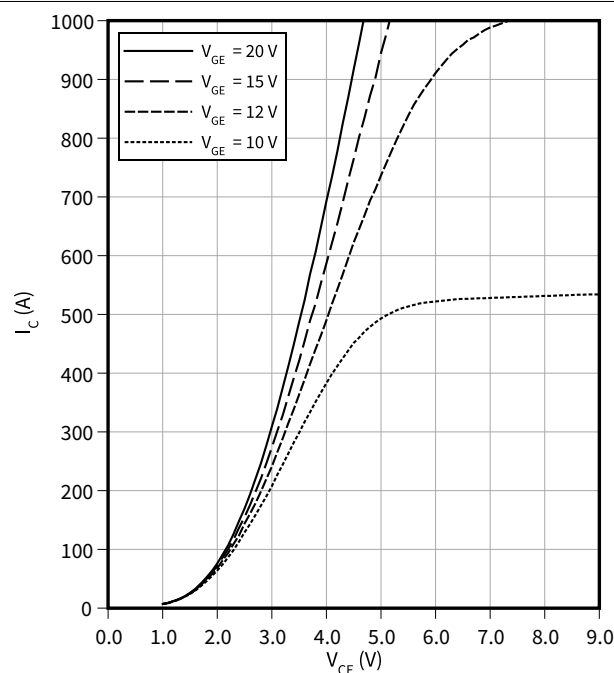
$$V_{GE} = 15 \text{ V}$$



### Ausgangskennlinienfeld (typisch), IGBT, Brems-Chopper

$$I_C = f(V_{CE})$$

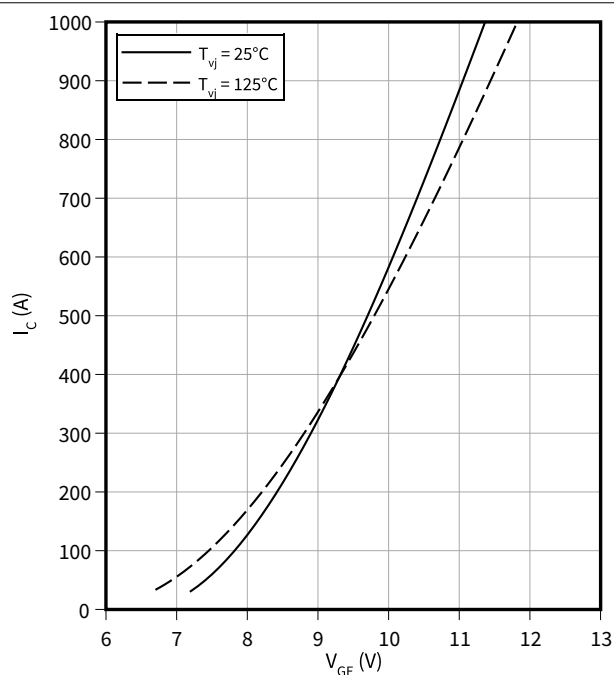
$$T_{vj} = 125 \text{ °C}$$



### Übertragungscharakteristik (typisch), IGBT, Brems-Chopper

$$I_C = f(V_{GE})$$

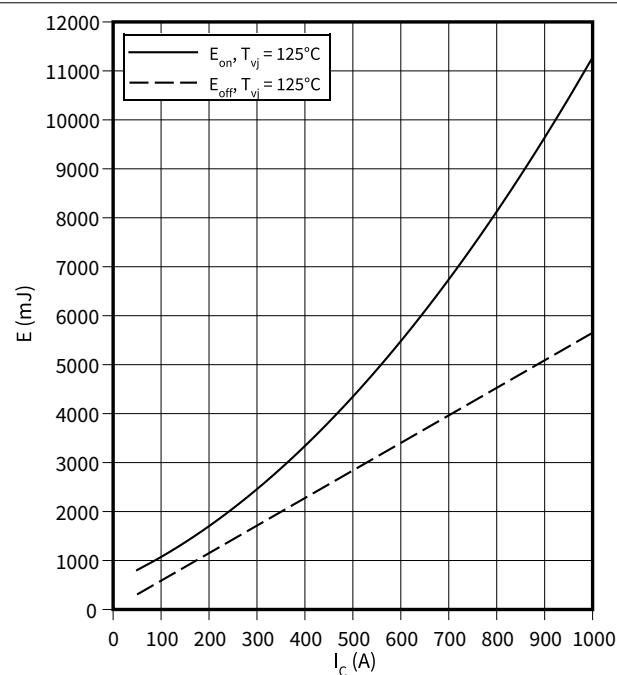
$$V_{CE} = 20 \text{ V}$$



### Schaltverluste (typisch), IGBT, Brems-Chopper

$$E = f(I_C)$$

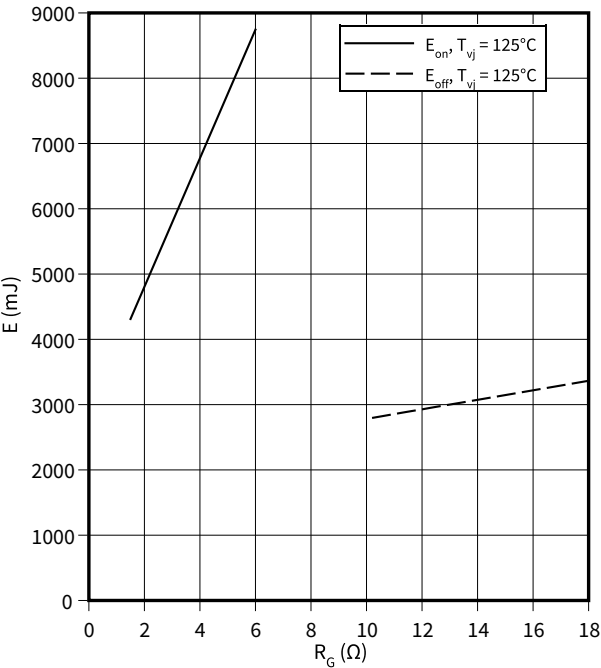
$$R_{Goff} = 10 \text{ } \Omega, R_{Gon} = 1.5 \text{ } \Omega, V_{CE} = 3600 \text{ V}, V_{GE} = \pm 15 \text{ V}$$





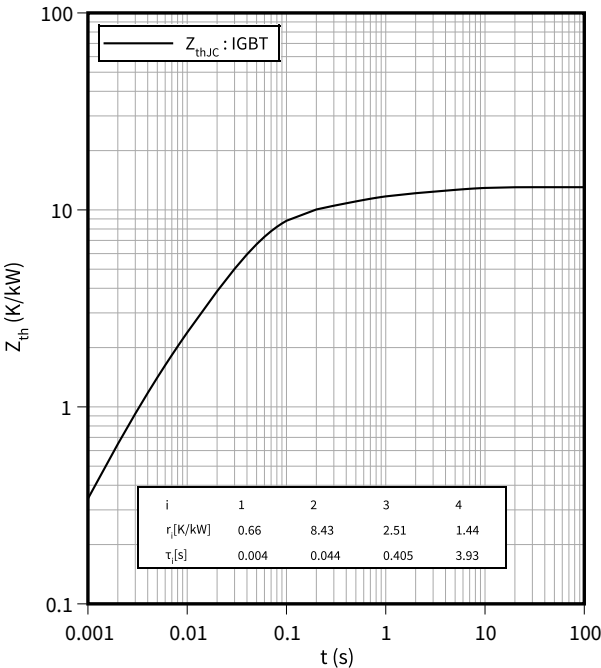
Schaltverluste (typisch), IGBT, Brems-Chopper

$E = f(R_G)$   
 $I_C = 500\text{ A}$ ,  $V_{CE} = 3600\text{ V}$ ,  $V_{GE} = \pm 15\text{ V}$



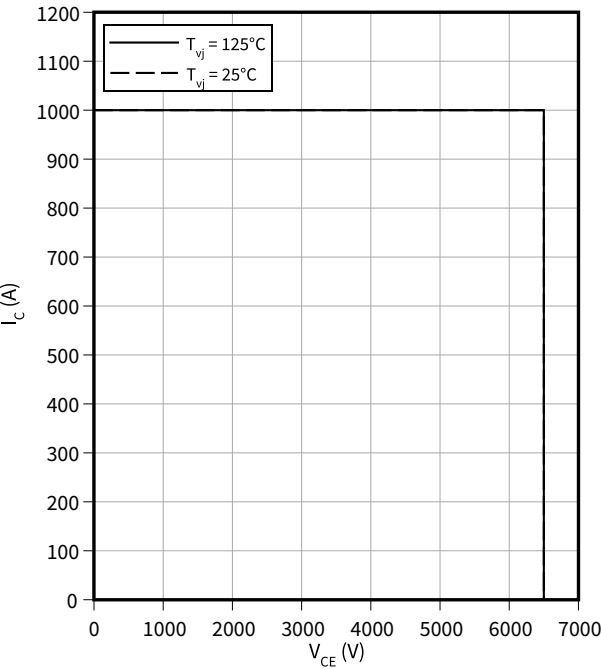
Transienter Wärmewiderstand , IGBT, Brems-Chopper

$Z_{th} = f(t)$



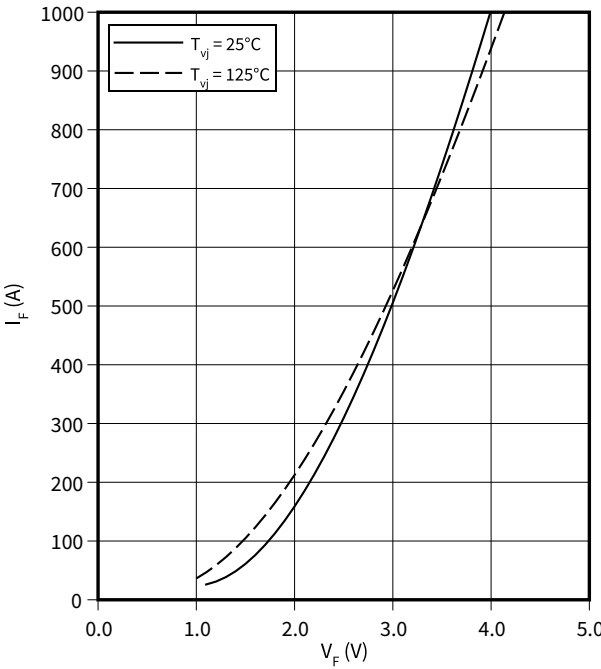
Sicherer Rückwärts-Arbeitsbereich (RBSOA), IGBT, Brems-Chopper

$I_C = f(V_{CE})$   
 $R_{Goff} = 10\ \Omega$ ,  $V_{GE} = \pm 15\text{ V}$ ,  $T_{vj} = 125\text{ °C}$



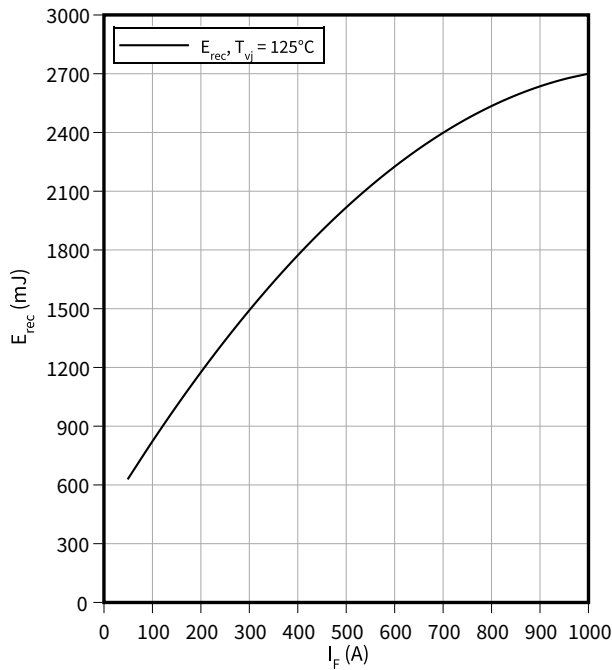
Durchlasskennlinie der (typisch), Diode, Brems-Chopper

$I_F = f(V_F)$



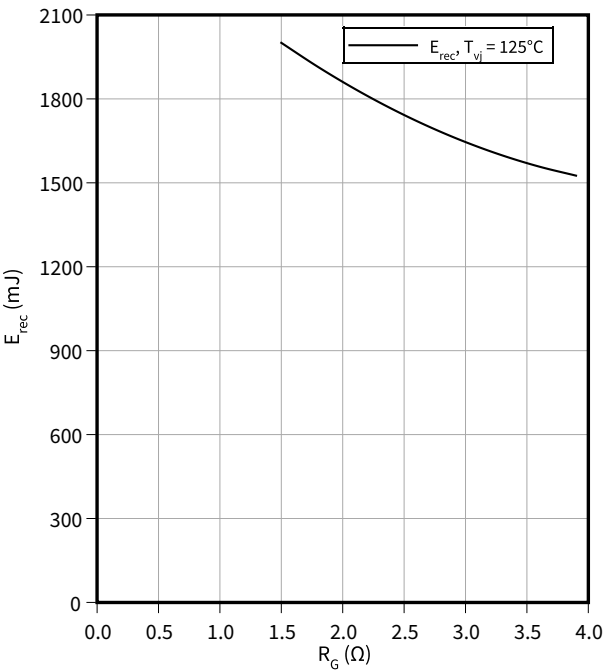
Schaltverluste (typisch), Diode, Brems-Chopper

$E_{rec} = f(I_F)$   
 $V_{CE} = 3600\text{ V}$ ,  $R_{Gon} = R_{Gon}(IGBT)$



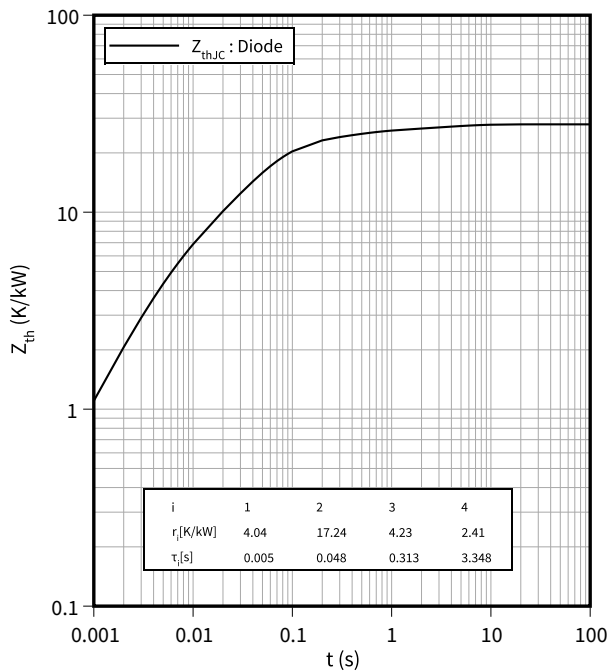
Schaltverluste (typisch), Diode, Brems-Chopper

$E_{rec} = f(R_G)$   
 $V_{CE} = 3600\text{ V}$ ,  $I_F = 500\text{ A}$



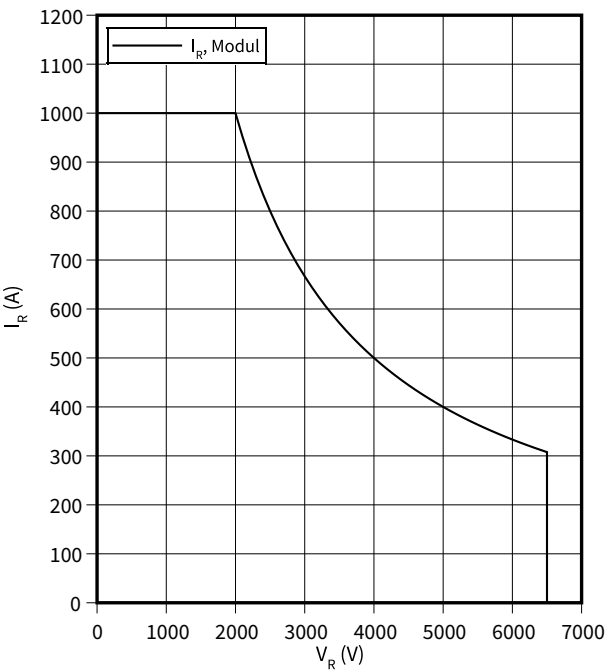
Transienter Wärmewiderstand , Diode, Brems-Chopper

$Z_{th} = f(t)$



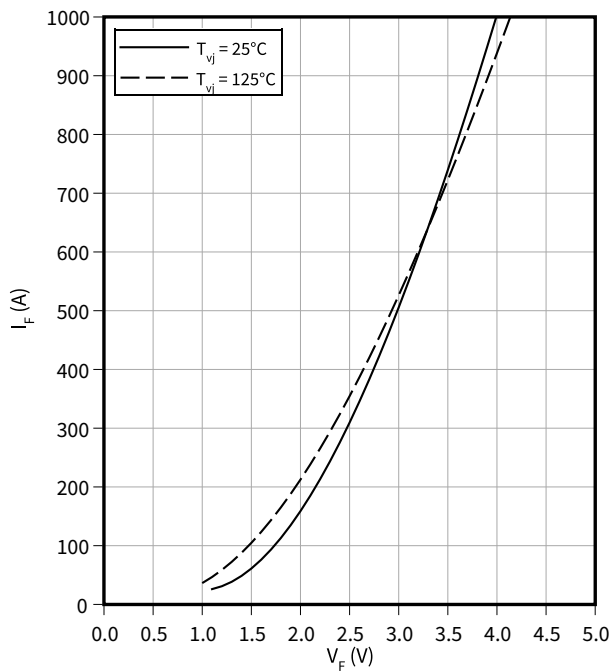
Sicherer Arbeitsbereich (SOA), Diode, Brems-Chopper

$I_R = f(V_R)$   
 $T_{vj} = 125\text{ °C}$



Durchlasskennlinie der (typisch), Diode, Revers

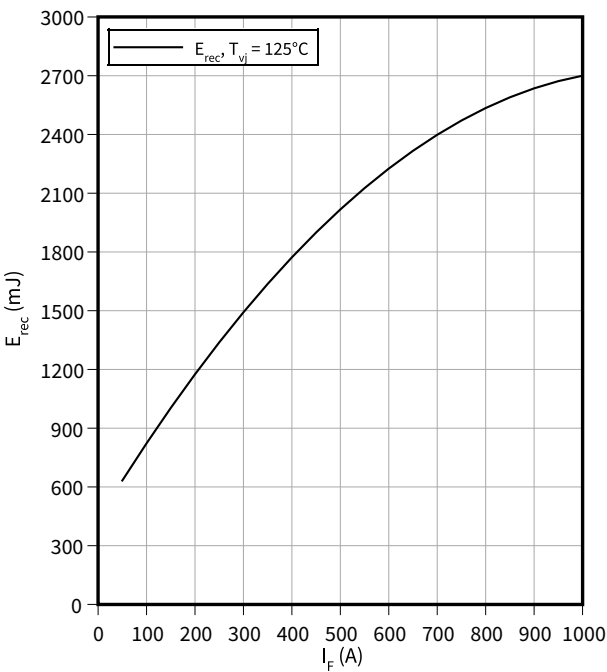
$I_F = f(V_F)$



Schaltverluste (typisch), Diode, Revers

$E_{rec} = f(I_F)$

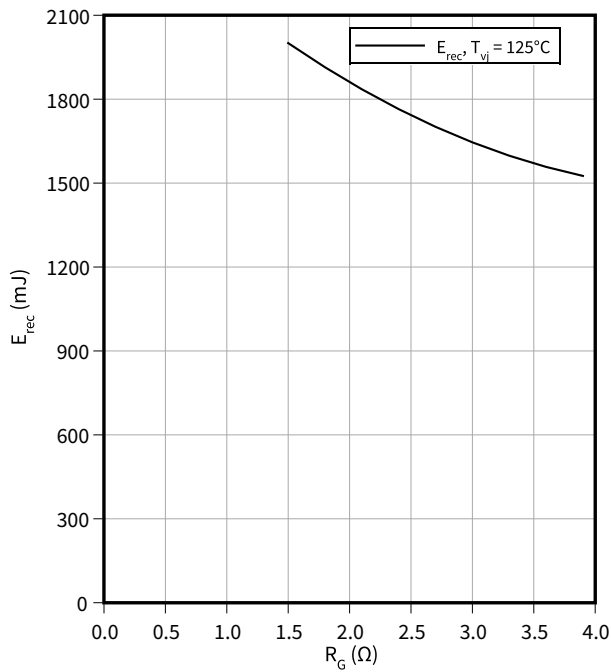
$V_{CE} = 3600\text{ V}, R_{Gon} = R_{Gon}(\text{IGBT})$



Schaltverluste (typisch), Diode, Revers

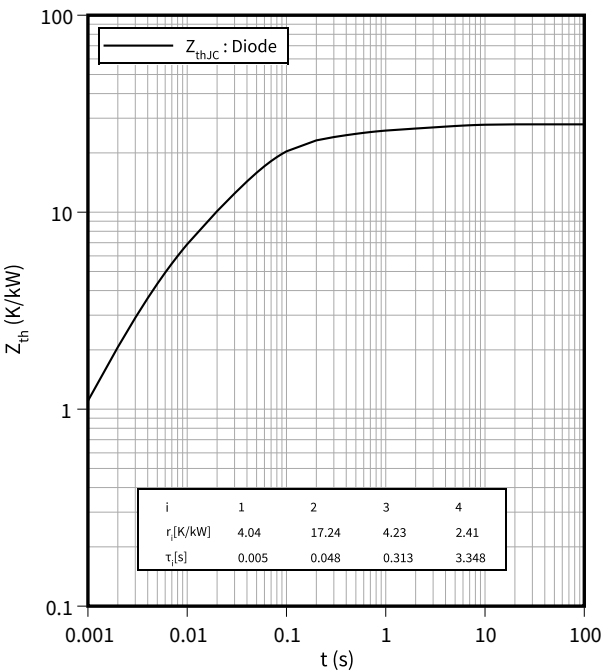
$E_{rec} = f(R_G)$

$V_{CE} = 3600\text{ V}, I_F = 500\text{ A}$



Transienter Wärmewiderstand , Diode, Revers

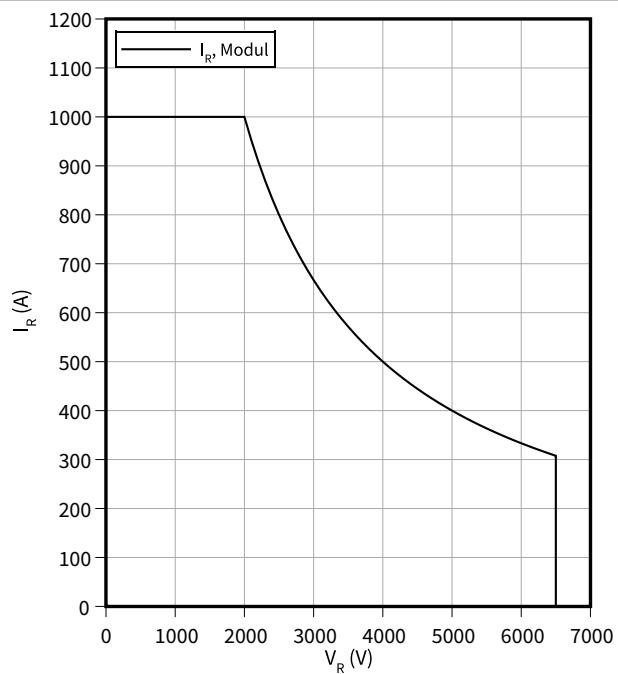
$Z_{th} = f(t)$



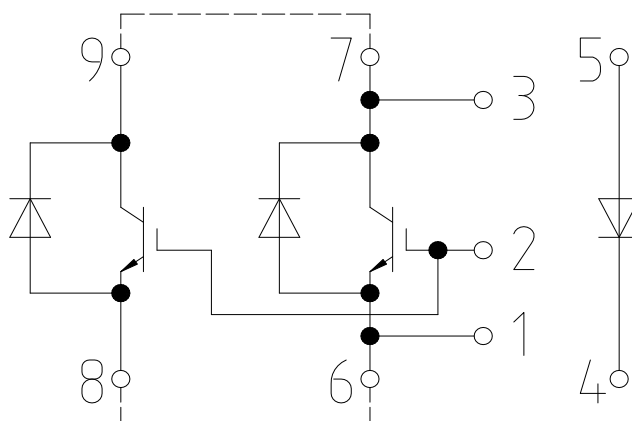
**Sicherer Arbeitsbereich (SOA), Diode, Revers**

$$I_R = f(V_R)$$

$$T_{vj} = 125\text{ °C}$$



## 6 Schaltplan



**Abbildung 1**

## 7 Gehäuseabmessungen

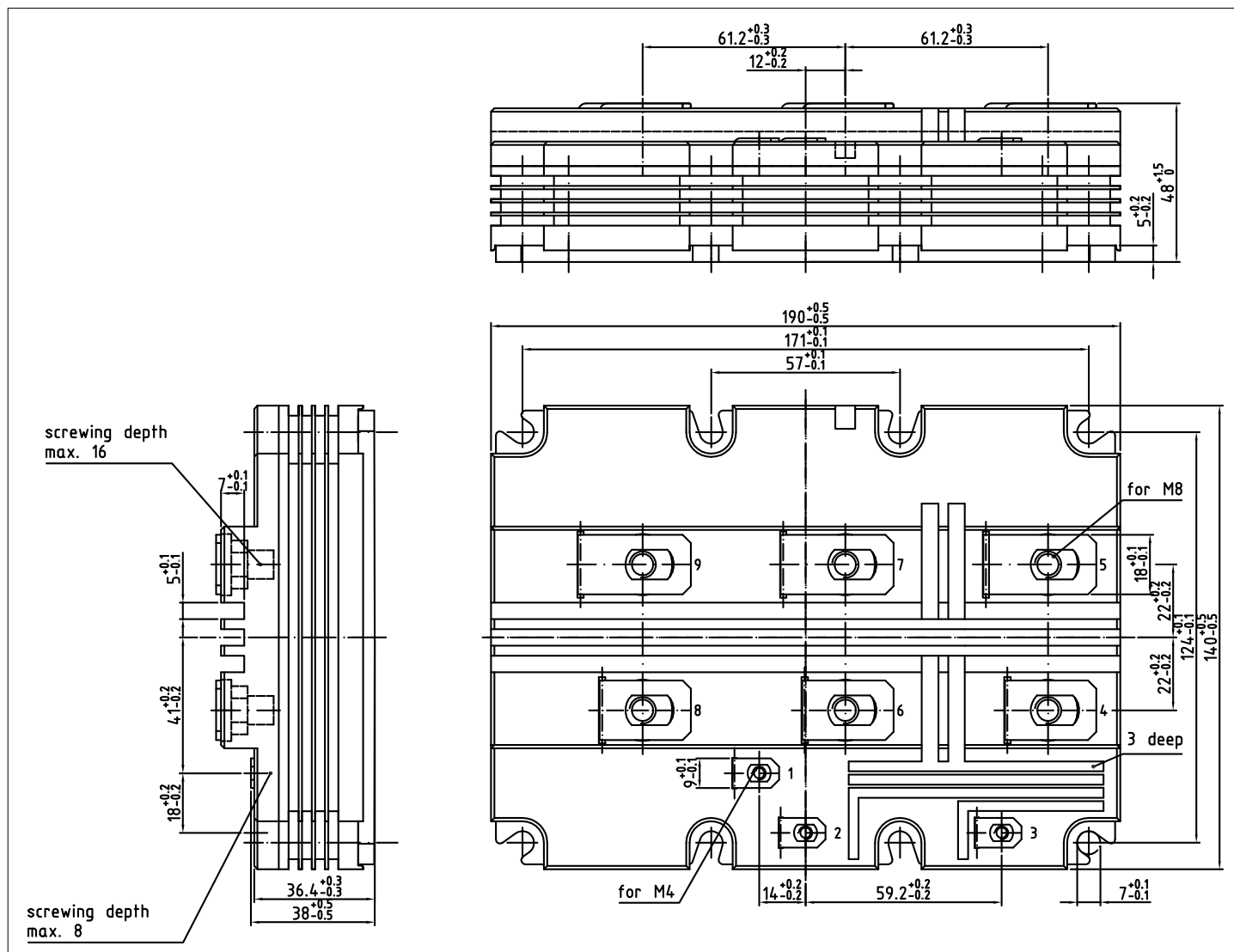


Abbildung 2

8 Modul-Label-Code



Module label code			
Code format	Data Matrix		Barcode Code128
Encoding	ASCII text		Code Set A
Symbol size	16x16		23 digits
Standard	IEC24720 and IEC16022		IEC8859-1
Code content	Content	Digit	Example
	Module serial number	1 – 5	71549
	Module material number	6 - 11	142846
	Production order number	12 - 19	55054991
	Date code (production year)	20 – 21	15
	Date code (production week)	22 – 23	30
Example	<div></div> <div>7154914284655054991153071549142846550549911530</div>		

Abbildung 3

## Änderungshistorie

Dokumentenrevision	Freigabedatum	Beschreibung der Änderungen
V2.0	2012-08-07	Preliminary datasheet
V2.1	2013-05-07	Preliminary datasheet
V3.0	2014-06-16	Final datasheet
V3.1	2016-08-30	Final datasheet
V3.2	2018-01-15	Final datasheet
V3.3	2019-09-06	Final datasheet
V3.4	2020-05-06	Final datasheet
n/a	2020-09-01	Datasheet migrated to a new system with a new layout and new revision number schema: target or preliminary datasheet = 0.xy; final datasheet = 1.xy
1.10	2021-10-27	Final datasheet



## Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

**Edition 2021-10-27**

**Published by**

**Infineon Technologies AG  
81726 Munich, Germany**

**© 2021 Infineon Technologies AG  
All Rights Reserved.**

**Do you have a question about any  
aspect of this document?**

**Email: [erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)**

**Document reference  
IFX-AAX227-008**

## WICHTIGER HINWEIS

Die in diesem Dokument enthaltenen Angaben stellen keinesfalls Garantien für die Beschaffenheit oder Eigenschaften des Produktes ("Beschaffenheitsgarantie") dar.

Für Beispiele, Hinweise oder typische Werte, die in diesem Dokument enthalten sind, und/oder Angaben, die sich auf die Anwendung des Produktes beziehen, ist jegliche Gewährleistung und Haftung von Infineon Technologies ausgeschlossen, einschließlich, ohne hierauf beschränkt zu sein, die Gewähr dafür, dass kein geistiges Eigentum Dritter verletzt ist.

Des Weiteren stehen sämtliche, in diesem Dokument enthaltenen Informationen, unter dem Vorbehalt der Einhaltung der in diesem Dokument festgelegten Verpflichtungen des Kunden sowie aller im Hinblick auf das Produkt des Kunden sowie die Nutzung des Infineon Produktes in den Anwendungen des Kunden anwendbaren gesetzlichen Anforderungen, Normen und Standards durch den Kunden.

Die in diesem Dokument enthaltenen Daten sind ausschließlich für technisch geschultes Fachpersonal bestimmt. Die Beurteilung der Eignung dieses Produktes für die beabsichtigte Anwendung sowie die Beurteilung der Vollständigkeit der in diesem Dokument

enthaltenen Produktdaten für diese Anwendung obliegt den technischen Fachabteilungen des Kunden.

## WARNHINWEIS

Aufgrund der technischen Anforderungen können Produkte gesundheitsgefährdende Substanzen enthalten. Bei Fragen zu den in diesem Produkt enthaltenen Substanzen, setzen Sie sich bitte mit dem nächsten Vertriebsbüro von Infineon Technologies in Verbindung.

Sofern Infineon Technologies nicht ausdrücklich in einem schriftlichen, von vertretungsberechtigten Infineon Mitarbeitern unterzeichneten Dokument zugestimmt hat, dürfen Produkte von Infineon Technologies nicht in Anwendungen eingesetzt werden, in welchen vernünftigerweise erwartet werden kann, dass ein Fehler des Produktes oder die Folgen der Nutzung des Produktes zu Personenverletzungen führen.