

1. Allgemeines

Für die einwandfreie Funktion von elektronischen Halbleiterbauelementen ist die Einhaltung einer vom Hersteller vorgegebenen maximalen Sperrschichttemperatur des Halbleiterkristalles unerlässlich.

Diese maximale Sperrschichttemperatur läßt sich ohne zusätzliche Kühlung nur bei geringen Leistungsanforderungen einhalten.

Bei höheren Leistungsanforderungen müssen die Halbleiter zusätzlich mit wärmeableitenden Kühlkörpern versehen werden.

Die thermische Leistung der Kühlkörper basiert in erster Linie auf der Wärmeleitfähigkeit des Materials, Größe der Oberfläche und Masse des Kühlkörpers.

Die Farbe der Oberfläche, die Einbaulage, der Einbauort, die Temperatur und die Geschwindigkeit der umgebenden Luft sind variable Größen und unterscheiden sich von Fall zu Fall erheblich.

Eine weitere einflussnehmende Größe ist die Art der Montage und die Art der Isolation des Halbleiters auf dem Kühlkörper oder umgekehrt. Diese läßt sich allerdings recht zuverlässig in Versuchen ermitteln und in die Gleichungen des Punktes 2 einfügen.

Es gibt international keine gültige Norm, die ein verbindliches Messverfahren für die Ermittlung von Wärmewiderständen an Kühlkörpern für die Elektronik festlegt.

Daher sind die in unserem Katalog angegebenen Diagramme und Werte unter praxisnahen Bedingungen ermittelt worden und bieten für den Normalfall die Möglichkeit, ohne weiteres einen geeigneten Kühlkörper auszuwählen.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass unsere Informationen und Angaben nach bestem Wissen erfolgen. Funktion und Einsatz liegen jedoch in der alleinigen Verantwortung des Anwenders, der die einwandfreie Tauglichkeit unserer Produkte für seine Anwendung vor einem beabsichtigten Gebrauch zu überprüfen hat.

Fischer Elektronik übernimmt keine ausdrückliche oder stillschweigende Gewährleistung für die Eignung, Funktion oder Handelsfähigkeit der Anwenderprodukte bei einem spezifischen oder allgemeinen Gebrauch, und kann bei Nichtbeachtung für keinen zufälligen Schaden oder Folgeschaden haftbar gemacht werden.

Fischer Elektronik behält sich außerdem das Recht vor, jederzeit technische Änderungen seiner Produkte vorzunehmen. Für alle Bestellungen gelten die Verkaufsbedingungen von Fischer Elektronik.

2. Berechnung des Wärmewiderstandes

Für die Auswahl eines geeigneten Kühlkörpers ist neben der Gehäusebauform und dem zur Verfügung stehenden Raum in erster Linie der Wärmewiderstand des Kühlkörpers ausschlaggebend.

Zur Berechnung des Wärmewiderstandwertes ist aus den verschiedenen gegebenen Werten des Halbleiterherstellers und der Schaltungsanwendung die folgende Gleichung zu erfüllen:

$$\text{Gleichung 1:} \quad R_{thK} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_u}{P} - (R_{thG} + R_{thM}) = \frac{\Delta\vartheta}{P} - R_{thGM}$$

Damit die maximale Sperrschichttemperatur im Anwendungsfall nicht überschritten wird, ist eine Prüfung der Temperatur erforderlich. Die Temperatur der Sperrschicht ist nicht direkt messbar. Nach Messung der Gehäusetemperatur läßt sie sich für die Praxis ausreichend genau berechnen, nach

$$\text{Gleichung 2:} \quad \vartheta_i = \vartheta_G + P \cdot R_{thG}$$

Die einzelnen Faktoren hierbei sind:

- ϑ_i = Maximale Sperrschichttemperatur in °C (Herstellerangabe) des Halbleiters.
Aus Sicherheitsgründen sollte hierbei ein Abschlag von 20 - 30 °C in Anwendung kommen.
- ϑ_u = Umgebungstemperatur in °C. Die Temperaturerhöhung durch die Strahlungswärme des Kühlkörpers sollte mit einem Zuschlag von 10 - 30 °C berücksichtigt werden.
- $\Delta\vartheta$ = Differenz zwischen maximaler Sperrschichttemperatur und Umgebungstemperatur.
- ϑ_G = Gemessene Temperatur des Halbleitergehäuses.
- P = Die am zu kühlenden Halbleiter maximal anfallende Leistung in Watt.
- R_{th} = Wärmewiderstand allgemein in K/W
- R_{thG} = Innerer Wärmewiderstand des Halbleiters (Herstellerangabe)

R_{thM} = Wärmewiderstand der Montagefläche. Für Gehäuse TO 3 können die nachstehend aufgeführten Richtwerte eingesetzt werden:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Trocken ohne Isolator | 0,05 - 0,20 K/W |
| 2. Mit Wärmeleitpaste WLP/ohne Isolator | 0,005 - 0,10 K/W |
| 3. Aluminiumoxydscheibe mit WLP | 0,20 - 0,60 K/W |
| 4. Glimmerscheibe 0,05 mm stark mit WLP | 0,40 - 0,90 K/W |

R_{thK} = Wärmewiderstand des Kühlkörpers. Der Wert ist direkt aus den Diagrammen ablesbar.

R_{thGM} = Summe aus R_{thG} und R_{thM} . Bei Parallelschaltungen mehrerer Transistoren berechnet sich der Wert R_{thGM} als Parallelschaltung der einzelnen Werte von $R_{thG} + R_{thM}$ nach der folgenden Formel:

$$\text{Gleichung 3: } \frac{1}{R_{thGM \text{ ges.}}} = \frac{1}{R_{thG1} + R_{thM1}} + \frac{1}{R_{thG2} + R_{thM2}} + \dots + \frac{1}{R_{thGn} + R_{thMn}}$$

Der hierbei gefundene Wert ist dann in die Gleichung 1 einzusetzen.

K = Kelvin. Nach den gesetzlichen Regelungen der physikalischen Einheiten werden °C Temperaturdifferenzen in Kelvin angegeben. (1°C = 1 K).

K/W = Kelvin pro Watt, Einheit des Wärmewiderstandes

Berechnungsbeispiele:

1. Ein TO 3-Leistungstransistor ($P = 60 \text{ W}$) darf eine max. Sperrschichttemperatur von 180 °C erreichen, der innere Wärmewiderstand beträgt $0,6 \text{ K/W}$. Bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C wird eine Montage mit Aluminiumoxydscheibe vorgesehen. Welchen Wärmewiderstand muss der Kühlkörper bieten?

Gegeben:

$P = 60 \text{ W}$	$R_{thG} = 0,6 \text{ K/W}$
$\vartheta_i = 180 \text{ °C} - 20 \text{ °C} = 160 \text{ °C}$ (Sicherheitsreserve)	$R_{thM} = 0,4 \text{ K/W}$ (Tabellenmittelwert)
$\vartheta_u = 40 \text{ °C}$	

Gesucht: R_{thK} Lösung nach Gleichung 1 $R_{thK} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_u}{P} - (R_{thG} + R_{thM}) = \frac{160 \text{ °C} - 40 \text{ °C}}{60 \text{ W}} - (0,6 \text{ K/W} + 0,4 \text{ K/W}) = \underline{1,0 \text{ K/W}}$

2. Gleiche Voraussetzungen wie Beispiel 1, jedoch Aufteilung der Leistung auf 3 Transistoren gleichen Typs:

Lösung nach Gleichung 1 und Gleichung 3 $\frac{1}{R_{thGM \text{ ges.}}} = \frac{1}{0,6 + 0,4 \text{ K/W}} + \frac{1}{0,6 + 0,4 \text{ K/W}} + \frac{1}{0,6 + 0,4 \text{ K/W}} = \frac{3}{1} \text{ W/K}$

$$R_{thGM \text{ ges.}} = \frac{1}{3} \text{ K/W} = \underline{0,33 \text{ K/W}}$$

In die oben gegebene Gleichung 1 eingesetzt ergibt sich: $R_{thK} = \frac{160 \text{ °C} - 40 \text{ °C}}{60 \text{ W}} - 0,33 \text{ K/W} = \underline{1,67 \text{ K/W}}$

Mit diesen errechneten Werten kann anhand der Übersichtstabelle (Seite A 13-17) eine Vorauswahl der einsetzbaren Profilkühlkörper getroffen werden. Mit den einzelnen Kühlkörper-Diagrammen kann dann die endgültige Bestimmung des Kühlkörpers erfolgen.

3. An einem Transistor, der mit 50 Watt belastet ist und einen inneren Wärmewiderstand von $0,5 \text{ K/W}$ besitzt, wird eine Gehäusestemperatur von 40 °C gemessen. Wie hoch ist die Sperrschichttemperatur?

Gegeben:

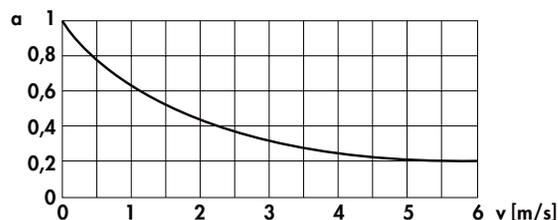
$P = 50 \text{ W}$	$R_{thG} = 0,5 \text{ K/W}$	$\vartheta_G = 40 \text{ °C}$
--------------------	-----------------------------	-------------------------------

Gesucht: ϑ_i Lösung nach Gleichung 2

$$\vartheta_i = \vartheta_G + (P \cdot R_{thG}) \quad \vartheta_i = 40 \text{ °C} + (50 \text{ W} \cdot 0,5 \text{ K/W}) = \underline{65 \text{ °C}}$$

Wärmewiderstände von beliebigen Profilen bei verstärkter Kühlung

R_{thKf}	$\approx a \cdot R_{thK}$
R_{thKf}	= Wärmewiderstand forcierte Kühlung
R_{thK}	= Wärmewiderstand natürliche Kühlung
a	= Proportionalitätsfaktor



Computergestützte Wärmesimulation für optimale Entwärmungskonzepte

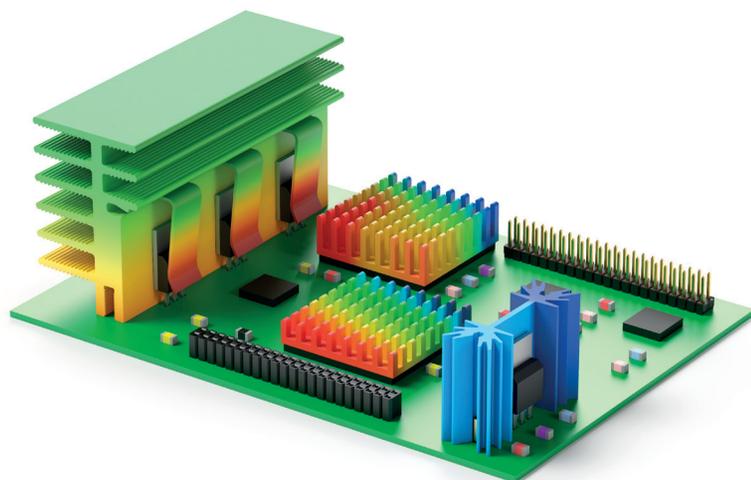
Leistung, Lebensdauer und Zuverlässigkeit elektronischer Halbleiterbauteile werden maßgeblich von der thermischen Belastung bestimmt, denen die einzelnen Komponenten ausgesetzt sind. Eine Überschreitung der maximalen Betriebstemperatur führt zu Fehlfunktionen. Eine Überschreitung der zulässigen Sperrschichttemperatur führt zur Zerstörung des Halbleiters. Erschwerend hinzu wiegt ein voranschreitender Trend in der Halbleiterindustrie, mit stetig steigenden Integrations- und Leistungsdichten elektronischer Bauelemente. Bei der Lösung von thermischen Problemen stellt sich zu Beginn die Frage, welche Art der Entwärmung in Betracht gezogen werden muss. Hierfür stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung: mittels natürlicher Konvektion (passiv) durch verschiedenartige Kühlkörperlösungen, mittels erzwungener Konvektion (aktiv mit Hilfe von Lüftermotoren, Lüfteraggregate) oder mittels flüssiger Medien (Flüssigkeitskühlung).

Elektronische Bauteile und Systeme verfügen allerdings über viele verschiedene Randparameter und Einbaubedingungen. Die Auswahl des optimalen thermischen Managements gestaltet sich deshalb oftmals als schwierig. Hierzu gibt es sicherlich Möglichkeiten das richtige Entwärmungskonzept über den thermischen Widerstand zu berechnen oder mittels Prototypen unmittelbar in der Applikation zu testen und zu verifizieren, nur sind heutzutage mehr denn je kundenspezifische mechanische Anpassungen gefragt und gefordert. Kleine mechanische Nachbearbeitungen, wie zusätzlich eingebrachte Gewinde oder Bohrungen, können bei der Berechnung des Wärmewiderstandes über Sicherheitsreserven der Temperatur berücksichtigt werden, allerdings erfordern umfangreiche Modifikationen eine nochmalige Überprüfung der thermischen Sachverhalte.



Um die Ermittlung der passenden Entwärmungskonzepte zu erleichtern, bietet Fischer Elektronik die computergestützte Wärmesimulation, auch als Dienstleistung an.

Berücksichtigte Faktoren bei der Wärmesimulation



Mit der computergestützten Wärmesimulation lassen sich die erforderlichen Eigenschaften des Kühlkörpers beziehungsweise des Entwärmungskonzeptes genau ermitteln. Basierend auf physikalischen Konzepten wie Erhaltung von Masse, Energie und Impuls, berücksichtigt die Software insbesondere die thermischen Voraussetzungen für eine natürliche oder forcierte Konvektion. Gleichzeitig ist das System auf die Entwärmung durch Flüssigkeiten ausgerichtet. Darüber hinaus berechnet die Wärmesimulation physikalische Effekte wie zum Beispiel Wärmestrahlung und Turbulenzen. Die Emissionsfaktoren der verschiedenen Oberflächen spielen ebenfalls eine Rolle. Als Ergebnis liefert die Simulationssoftware eine für die Applikation passgenaue Entwärmungslösung sowie eine enorme Hilfe bei der Entscheidungsfindung und Auslegung des Elektronikdesigns.

Vorteile einer computergestützten Simulation

Die computergestützte Wärmesimulation wird bereits in der Prototypenentwicklung eingesetzt. Dadurch lassen sich Entwicklungszyklen von Entwärmungskonzepten erheblich verkürzen. Nicht geeignete Konzepte können schnell und ohne erheblichen Materialaufwand wieder verworfen werden. Viele Features und Optionen des Simulationssystems verkürzen zudem den zeitlichen und apparativen Aufwand im Vergleich zu einer herkömmlichen Simulation in der Messkammer.

Gerne beraten wir Sie ausführlich zum Thema Wärmesimulation.

Kühlkörper-Profilübersicht → A 13 - 17
 Kühlkörper-Sonderanfertigung → A 137 - 138
 Sonderprofile → A 140
 Kühlkörper als Sicht- & Dekorteile → A 10

Kühlkörper für Solid State Relais → A 11 - 12
 Druckgusskühlkörper → A 125
 Zuordnungstabelle → A 18 - 20
 Bestellbeispiel Kühlkörper → A 21

Anmerkungen:

1. Die in unseren Diagrammen angegebenen Werte gelten für Kühlkörper mit schwarz eloxierter Oberfläche und für senkrechte Einbaulage und freier Konvektion.

Korrekturfaktoren: für naturfarbene Oberfläche + 10 bis 15 % und für horizontale Einbaulage + 15 bis 20 %

2. Unsere extrudierten Kühlprofile werden nach den geltenden Normen DIN EN 12020 Präzisionsprofile (vormals DIN 17615) gepresst. Für Profile, die einen umschreibenden Kreis von 350 mm überschreiten, gelten die Toleranzen nach DIN EN 755 (vormals DIN 1748)

Wichtige Hinweise:

Für bestimmte elektronische Bauteile, besonders großflächige Module, IGBT etc., sind für deren Montage, besondere Anforderungen an die Ebenheit der Montagefläche von Kühlkörpern etc. vom Bauteilehersteller vorgegeben, die nicht von den Standardtoleranzen abgedeckt werden. Um den Anforderungen zu entsprechen, ist diese Ebenheit nur durch Planfräsen der Montageflächen zu erreichen. Daneben ist auch zu berücksichtigen, dass für das Erreichen höherer Anzugsdrehmomente in Aluminiumwerkstoffen evtl. die Verwendung von Drahtgewindeeinsätzen (Heli-Coil u.ä.) erforderlich sein kann. Beachten Sie auch die Hinweise der Halbleiterhersteller.

3. Die im Katalog aufgeführten Kühlkörperprofile enthalten zwischen den Kühlrippen sogenannte Strangkennzeichnungen zur Profilidentifikation. Um Fehlanwendungen zu vermeiden ist deren Größe und Position vor einer mechanischen Bearbeitung oder Platzierung von Bauelementen durch den Anwender zu überprüfen.

4. Profilgepresste Gewindekanäle sind keine normgerechten Gewinde, da sie keine Gewindesteigung enthalten. Die Steigung wird lediglich durch versetzte Stege (Rippen) einer Gewindesteigung nachgebildet. Die sachgerechte Verwendung liegt in der Verantwortung des Anwenders.

5. Für die mechanische Bearbeitung unserer Kühlkörper gelten – soweit nicht anders angegeben – die Freimaßtoleranzen nach DIN ISO 2768 m. Für alle ICK S Typen gilt DIN ISO 2768c.

6. Die im Katalog angegebenen Kühlkörperlängen [\longleftrightarrow] und Lochbilder [\odot] vermitteln nur einen Überblick über unser Standardprogramm. Wir fertigen für Sie jedes unserer Strangpressprofile in jeder gewünschten Länge und gewünschten Art der Bearbeitung nach Ihrer Zeichnung oder nach Ihrem Muster.

Wir bohren, senken, fräsen, sägen, schleifen und schneiden Gewinde in Ihren speziellen Kühlkörper für Ihr Anwendungsproblem. Mit unserem leistungsfähigen Werkzeugbau und dank unseres modernen Maschinenparks mit CNC-Bearbeitungszentren, Mehrspindelbohrmaschinen (bis zu 26 Bohrungen/Gewinde gleichzeitig), Fräsmaschinen, Stanzautomaten usw. sind wir in der Lage, kurzfristig sowohl Einzelstücke als auch größte Serien von Kühlkörpern preiswert zu fertigen.

7. Serienmäßig liefern wir unsere Kühlkörper aus der Legierung EN AW 6060 – T66 warm ausgehärtet (ehemalige Bezeichnung: AlMgSi05 – F22 nach DIN 1748). Die Oberflächen sind standardmäßig Aluminium natur/enfettet (AL) oder schwarz eloxiert (SA). Auf Wunsch eloxieren wir naturfarbig (ME) oder dekorativ in jeder technisch machbaren Farbe.

8. Sollten Sie trotz unserer Auswahl von ca. 400 Standardprofilen, 13 Kleinkühlkörpern und 50 Fingerkühlkörpern keine passende Ausführung finden, richten wir Kühlkörper nach Ihren Wünschen ein. Wir sind sicher, auch für Sie eine Lösung Ihres Kühlproblems anbieten zu können.

9. Hinweise zu Fertigungstoleranzen.

Alle Maßangaben für Artikel, Fertigteile und bearbeitete Teile in diesem Katalog sind, wenn nicht anders angegeben, mit Toleranzen nach DIN ISO 2768 m. Ausgenommen hiervon sind u. a.: Strangpressprofile, Druckussteile, Gerätegriffe, Schwingungsdämpfer für die gesonderte Normen gelten.

Stand - August 2014

Die Angaben in diesem Katalog wurden sorgfältig erstellt und geprüft. Dennoch bleiben Irrtümer und Druckfehler, vor allem aber technische Änderungen durch Weiterentwicklung und Verbesserung unserer Produkte, vorbehalten.

Alle Warenzeichen werden anerkannt, auch wenn sie nicht gesondert gekennzeichnet oder erwähnt werden.

Fehlende Kennzeichnung bedeutet nicht, dass eine Ware oder ein Warenzeichen frei sind.

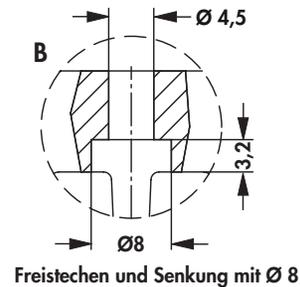
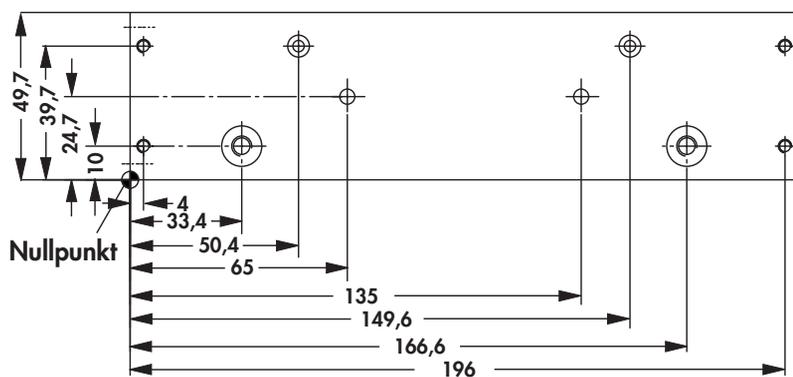
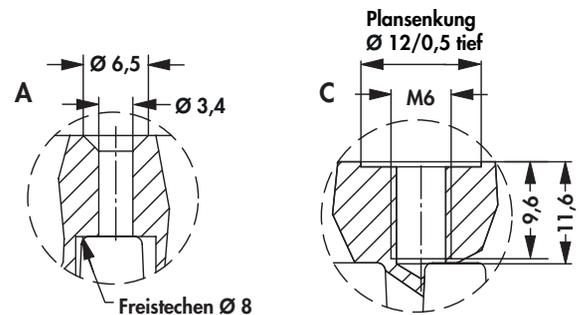
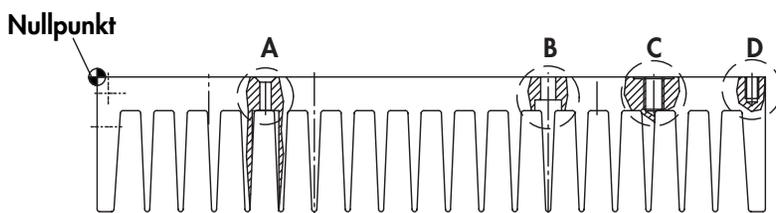
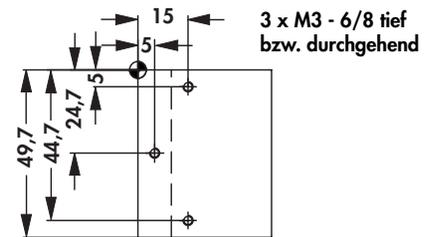
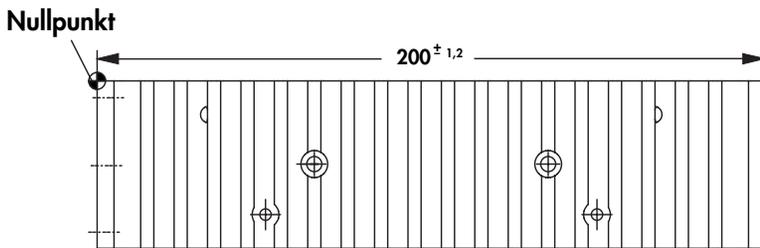
Der auszugsweise Nachdruck oder die Vervielfältigung des Kataloges ist nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung durch Fischer Elektronik gestattet. Alle Angaben in diesem Katalog, Texte, Abbildungen, Dokumente und Beschreibungen unterliegen dem Urheberrecht und dem Schutzvermerk zur Beschränkung der Nutzung von Dokumenten und Produkten gemäß DIN ISO 16016. Alle Rechte vorbehalten.

© Copyright Fischer Elektronik 1969 ... 2014

Allgemeine Hinweise

Sacklöcher werden nach dem Eloxieren gefertigt. Durchgangslöcher werden vor dem Eloxieren gefertigt. Bei absoluten Sicht- und Dekor- teilen wird ein zusätzliches lackieren empfohlen oder das Einbringen von zusätzlichen Befestigungsgewinden oder -bolzen.

Ein Teil der Strangkühlkörperprofile wird nach der DIN EN 12020 gepresst (umschreibender Kreis kleiner 350 mm). Für Profile, die einen umschreibenden Kreis von 350 mm überschreiten, gilt DIN EN 755. Die Bearbeitungstoleranzen erfolgen nach DIN ISO 2768 m.



Hinweise für Bemaßungen, gezeigt am SK 47 - Allgemeines:

Die Durchbiegung kann konkav 0,8 mm, konvex 0,2 mm betragen. Wird eine bestimmte Ebenheit der Bodenfläche gefordert, so kann sich die Bodenstärke durch Planfräsen um maximal 0,8 mm verringern. Dieser Umstand muß bei Bohrtiefen für Sacklöcher berücksichtigt werden.

Senkungen und Bohrdurchmesser werden, wenn nicht ausdrücklich anderes gefordert, nach DIN 74 mittel gefertigt.

Die Gewindetiefe sollte folgendermaßen berechnet werden.

Beispiel M 5:

Gewinde: $\langle M \rangle 5 \times 1,6 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$

Kernbohrung: $8 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$

Beispiele:

Ausschnitt A: Durchgangsbohrung nach DIN 74 A m 3, Senkung Bodenseite, Freistechen der Rippen.

Ausschnitt B: Durchgangsbohrung mit Freistechen der Rippen nach DIN 74 H m 4, Senkung Rippenseite.

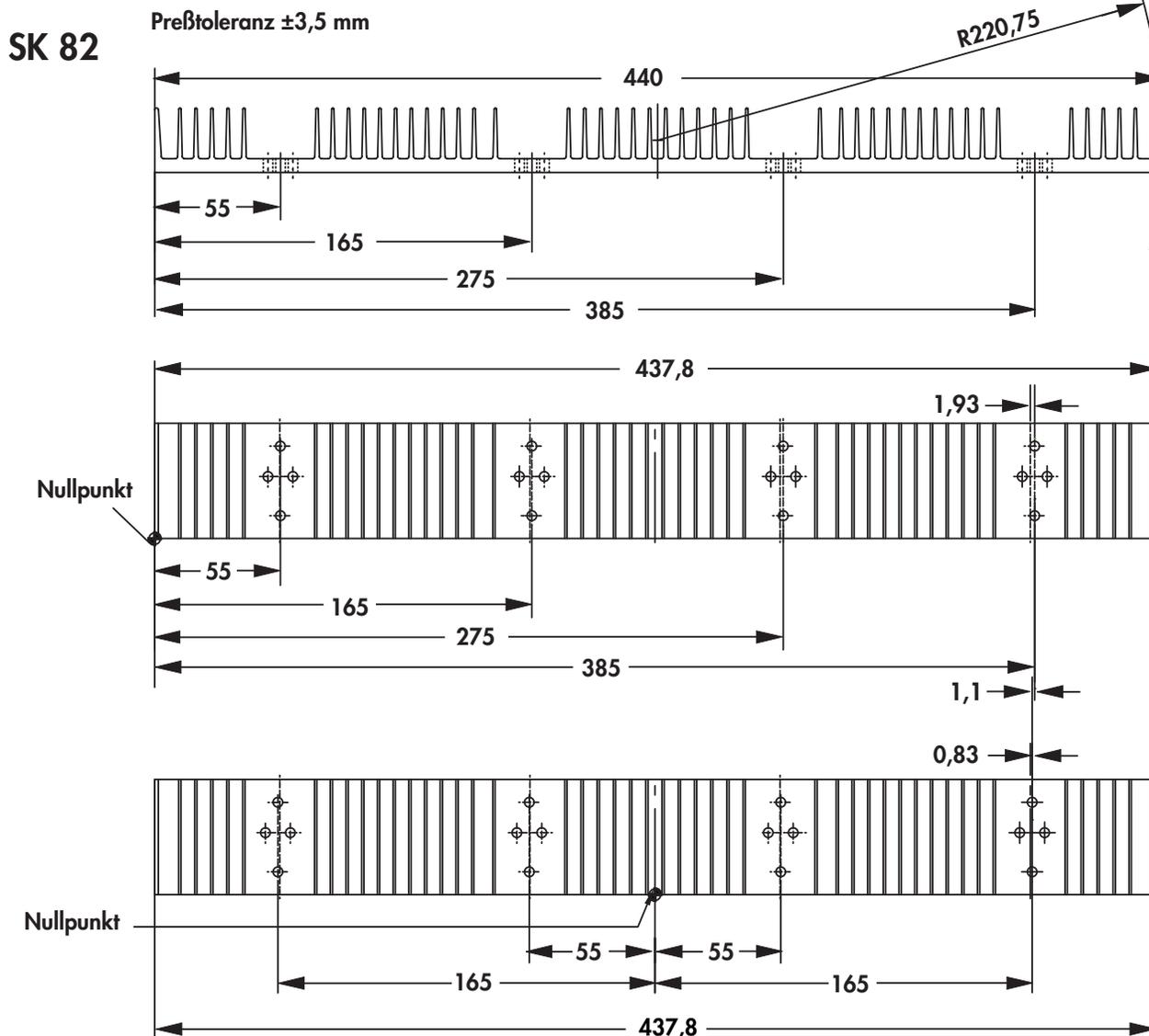
Ausschnitt C: Gewinde M 6: Gewindetiefe $1,6 \times 6 \text{ mm} = 9,6 \text{ mm}$, Bohrtiefe $9,6 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 11,6 \text{ mm}$.
Bohrloch am Rippenfuß freigestochen. Plansenkung $\varnothing 12 \times 0,5$ auf Bodenseite.

Ausschnitt D: Sackgewinde M 4: Gewindetiefe $1,6 \times 4 \text{ mm} = 6,4 \text{ mm}$, Bohrtiefe $6,4 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 8,4 \text{ mm}$.

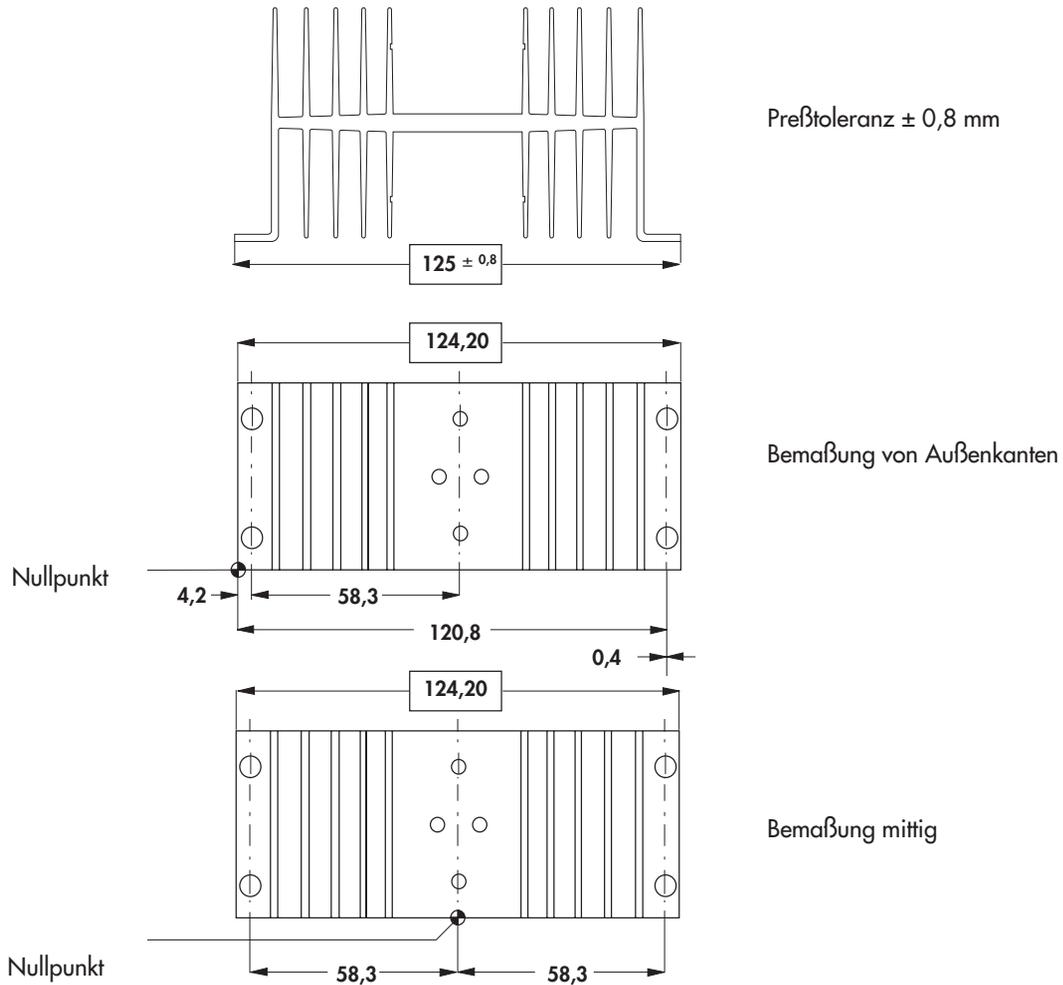
Preßtoleranzen – Fertigungstoleranzen

Es ergibt sich häufig die Problemstellung, dass bedingt durch die Preßtoleranzen, die Fertigungstoleranzen nicht eingehalten werden können. An zwei Beispielen wird dargestellt, wie durch geeignete Bemaßung (hier: Verlagerung des Nullpunktes von der Außenkante zur Profilmittellinie) die Fertigungstoleranzen halbiert werden können.

Bei Berücksichtigung der ungünstigsten Preßtoleranzen ergibt sich zwischen beiden Bemaßungsarten, bezogen auf die Symmetrieachse, eine Differenz von 1,1 mm.



SK 34



Bei Berücksichtigung der ungünstigsten Preßtoleranzen ergibt sich zwischen beiden Bemaßungsarten, bezogen auf die Symmetrieachse, eine Differenz von $0,4$ mm.

Planfräsen

Wenn beim Planfräsen von Kühlkörpern, Lüfteraggregaten etc. fertigungstechnisch der Fräserdurchmesser kleiner als die zu fräsende Fläche ist, entstehen durch paralleles Fräsen sogenannte „Fräsbahnen“ mit Absätzen oder Kanten (s. Skizze). Selbst bei Einhaltung der Rauhtiefenangabe für die Oberfläche ist es zweckmäßig, die Bauteilebereiche anzugeben, in denen keine Fräskanten erlaubt sind.

