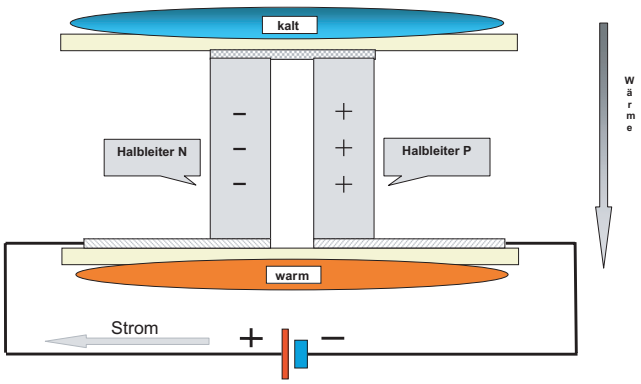
QUICK-COOL PELTIER - Elemente

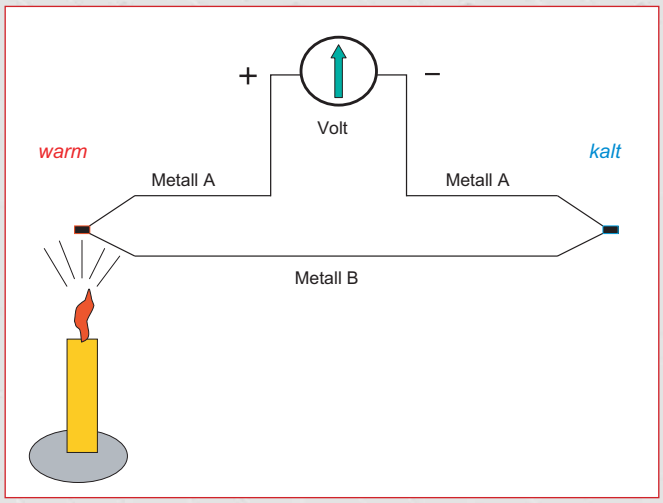
Über Peltier – Elemente

Peltier - Elemente sind thermoelektrische Elemente (TE), die als Wärmepumpe arbeiten.
Damit kann man Kühlen und Heizen.
Diese Wirkung beruht auf einem Vorgang, bei dem Gleichstrom durch ein thermoelektrisches Element fließt und dazu führt, daß Wärme von einer Seite des Elementes zur anderen Seite transportiert wird.
Das Ergebnis ist, daß eine Seite kalt und die gegenüberliegende Seite warm wird.
Der Temperaturunterschied kann bis zu 73°C bei einem einfachen Element und bis zu 100°C bei mehrstufigen Elementen betragen.

Aufbau Prinzip

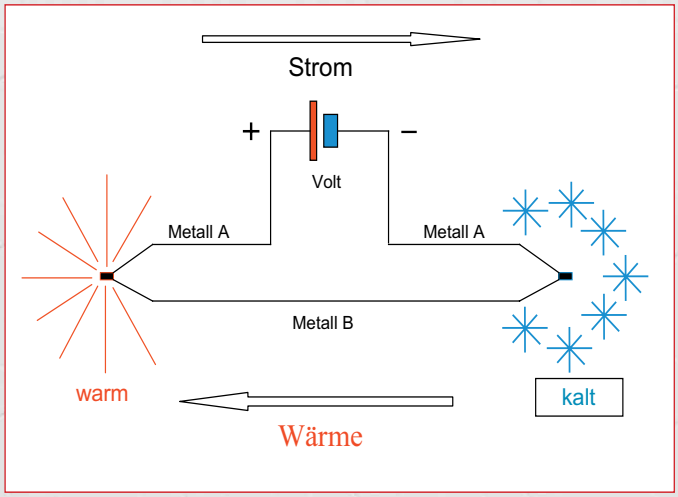


Nachdem der deutsche Physiker Thomas Johann Seebeck (1770 – 1831) im Jahr 1821 die Thermoelektrizität entdeckte und damit die heute bekannte Temperaturmessung mit Thermoelementen ermöglichte, entdeckte der französische Physiker Jean Charles Athanase Peltier (1785-1845) im Jahre 1834 die Umkehrung dieses thermoelektrischen Effektes.



Verbindet man zwei Drähte aus unterschiedlich elektrisch leitenden Materialien jeweils an den beiden Enden und eine dieser Verbindungstellen hat eine andere Temperatur als die andere, dann entsteht dazwischen eine Spannungsdifferenz. Dieser Effekt (Seebeck) wird zur Temperaturmessung genutzt. Diese Elemente bezeichnet man als Thermoelemente.

Legt man aber eine Spannung an, fließt ein Strom, der Wärme von der einen Verbindungsstelle zur anderen transportiert. Die eine Verbindung wird kalt und die andere Verbindung wird warm.
Dieser Wärmetransport wird durch den Elektronenfluss hervorgerufen. Diese Elemente nach dem Peltier-Effekt sind thermoelektrische Elemente.
(Gesetz der intermediären Metalle und Gesetz der intermediären Temperaturen)



Für die Peltier-Elemente sind Materialien günstig, die eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine niedrige Leitfähigkeit für Wärme haben. Da die meisten elektrischen Leiter auch eine hohe Wärmeleitfähigkeit haben, wählt man dotierte Halbleiter, um einen guten Wirkungsgrad zu erreichen.
Als Halbleitermaterial wird Bismuth Tellurid (Bi2Te3), Antimon Tellurid (Sb2Te3), Bismuth Selenide (Bi2Se3) und andere eingesetzt. In n-Halbleitern wird die Wärme entgegengesetzt zum Stromfluß und in p-Halbleitern in gleicher Stromrichtung transportiert.

Welche besonderen Vorteile erreicht man mit dem Einsatz von thermoelektrischen Elementen:

- ökologische Reinlichkeit und Sicherheit, wegen des Fehlens von irgendwelchen Gasen und Flüssigkeiten.
- Keine Geräusche oder Erschütterungen
- Kühlen oder Heizen einfach durch Umpolen des Gleichstromes
- praktisch unbegrenzte Möglichkeiten im Einsatz bis zu kleinsten Baugrößen
- Betrieb in allen Lagen, sogar unabhängig von Erdanziehung und Schwerelosigkeit
- Erzeugung von elektrischer Energie direkt aus Wärme (Power Generator)
- und noch ein bißchen mehr....

Qualität der Peltier-Elemente

- Forschung und Weiterentwicklung sorgen für einen hohen technologischen Stand der Quick-Ohm Produkte.
- Die ständige Anpassung an die Bedürfnisse der Kunden wird damit ermöglicht.
- Das beste thermoelektrische Material mit hoher mechanischer Festigkeit hilft, Ausfälle durch Transport, Montage und bei der Anwendung zu vermeiden.
- Quick-Ohm legt den größten Wert auf Zuverlässigkeit. Speziell für diesen Zweck sind modifizierte Elemente (M) entwickelt worden. Diese Elemente haben eine sehr hohe Zyklenfestigkeit, die mehr als ein dutzendmal höher ist, als bei den Standardelementen.
- Bei besonderen Anforderungen für die Elemente kann Quick-Ohm verschiedene Schutzarten gegen Feuchtigkeit und Kondensation bieten.
- Es werden die besten Rohmaterialien, auch für Keramiksubstrate und Zubehörteile, eingesetzt, die von den Lieferanten weltweit zu erhalten sind.
- Alle Fertigungsschritte werden sorgfältig geprüft. Alle Elemente, die an die Kunden verschickt werden, werden mit äußerster Sorgfalt geprüft. Sie durchlaufen auch Ultraschall- und Temperaturprüfungen für alle elektrischen und thermoelektrischen Parameter. Darüber werden Prüfbescheinigungen ausgestellt.
- Die Produktion ist ISO 9001 : 2000 zertifiziert
- Die Verpackung schützt die empfindlichen Elemente vor Erschütterungen und Stößen während des Transportes.

Hoch zuverlässige Elemente der M-Serie

Die M-Serie bietet zwei weitere Eigenschaften:

1. Einen langfristigen stabilen Betrieb bei ständig wechselnden Temperaturen.
2. Die Eigenschaft, den hohen mechanischen Belastungen beim Einbau und beim Betrieb zu widerstehen.

Thermische Zyklenfestigkeit

Wechselhafte thermische Belastung im Betrieb der Elemente, wie bei EIN/AUS Betrieb, ist der Hauptgrund für eine erhebliche Verkürzung der Lebensdauer. Die Elemente werden dadurch mehr belastet, als bei mehr oder weniger kontinuierlichem Betrieb.

Die drastische Verbesserung der Zyklusfestigkeit beruht auf verschiedenen Konstruktionsmerkmalen.

Durch einen Temperatur - Test, 40°C für 3 Minuten, dann 90°C für 3 Minuten, dann wieder 40°C für 3 Minuten) wird die Zyklusfestigkeit der Standard-Elemente und der modifizierten Elemente (M-Serie) geprüft. Der Prüfvorgang 40/90 beinhaltet eine Umpolung des Stromes zur künstlichen Alterung, wie in Bild 1 dargestellt. Das Testergebnis, wie in der Tabelle für das PELTIER-Element QC-127-1.4-6.0 angegeben, zeigt eine durchschnittliche Lebensdauer-erhöhung für das modifizierte Element um das 500-fache.

Mechanische Festigkeit eines Elementes

Der von früher gut bekannte Ausfall eines Einzelelementes während des Betriebes hat etwas zu tun mit schleichender Zerstörung durch die Auswirkungen der Montage mittels Einklemmen. Nebenbei, auch gut montierte Elemente sind Erschütterungen und Stößen ausgesetzt und können auch dadurch zerstört werden. Hierbei sind die mechanische Festigkeit und die Montagemethode die kritischen Punkte. Thermoelektrische Werkstoffe mit verbesserten mechanischen Eigenschaften wurden speziell für die M-Serie entwickelt. Diese Ausführung bietet eine beträchtliche Verstärkung der Elemente.

Beim Schocktest, wie in Bild 2 dargestellt, werden eine Reihe von Stößen auf die Versuchsanordnung mit eingespanntem Element gebracht. Damit wird das Verhalten der Elemente simuliert, wie in einem echten Einbau. Der Test bestätigt die Wirksamkeit dieser verbesserten Eigenschaften für das modifizierte Element.

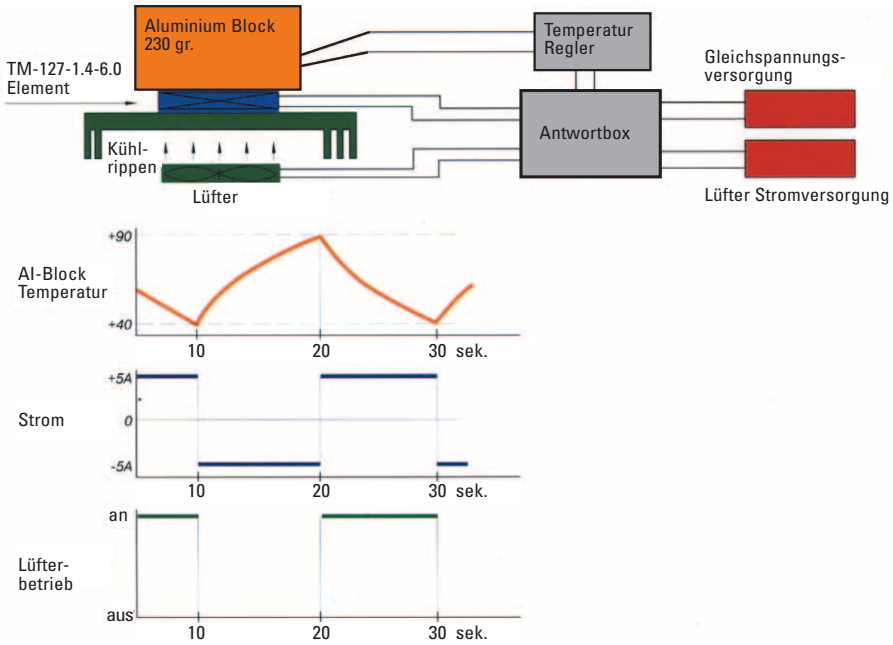
Extremtest für Alterungsvergleich:

(entspricht nicht den normalen Betriebsbedingungen)

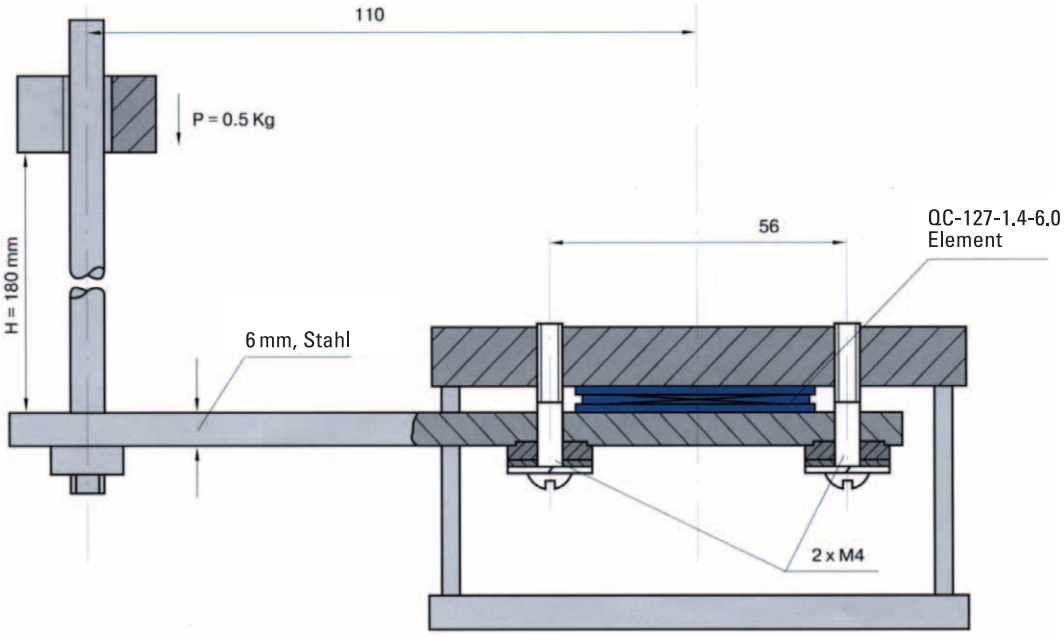
TECHNOLOGIE	40/90 Test		Schock Test
	Zeit in Stunden vor Ausfall	Anzahl der Zyklen vor Ausfall	Anzahl der Stöße vor Ausfall
Standard Element QC-127-1.4-6.0	49,2	649	352
Modifiziertes Element QC-127-1.4-6.0 M	**3795**	**1500 – 2000 x 10^3**	**7756**

Hinweis: Das Ausfallkriterium für die Elemente: 5 % Widerstandsänderung

Anordnung für 40°/90°C Zyklentest



Aufbau des Schockversuches

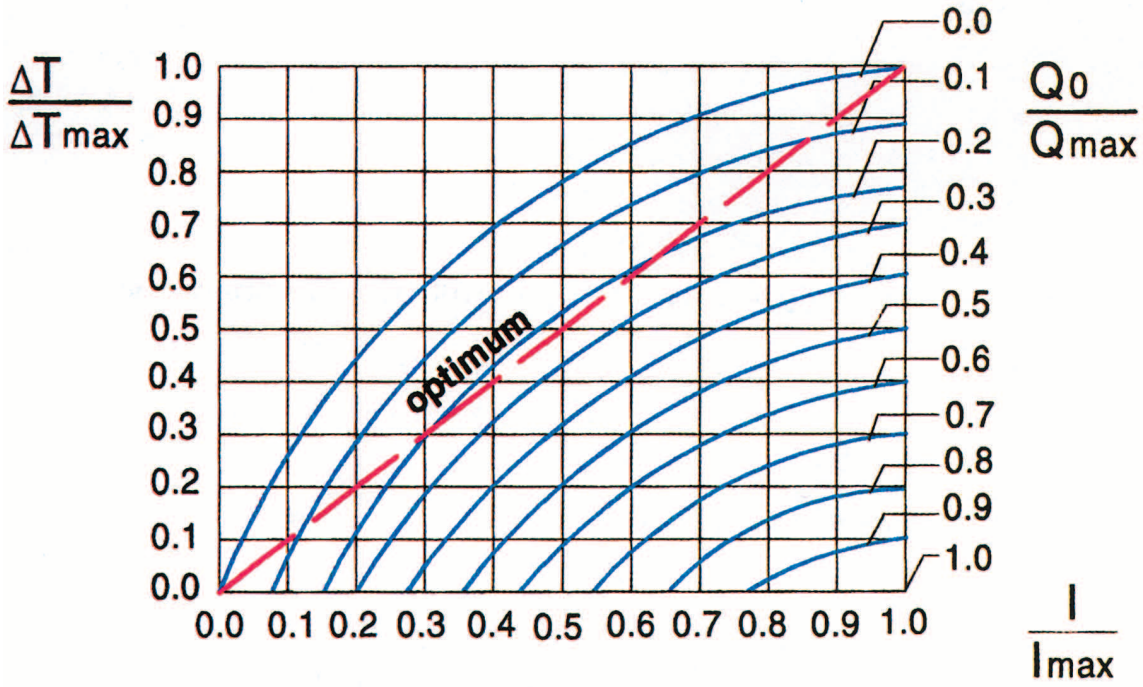


Die richtige Auswahl von Peltier-Elementen

Aus dem Verhältnis der Betriebsparameter können mit dem Leistungs-Diagramm die Maximalwerte der einzelnen Parameter für das vorgesehene Element ermittelt werden.
Die diagonale Optimum-Gerade Q_0 / Q_{max} korrespondiert mit der maximalen Kühlkapazität, die das gewählte Element erreichen soll.
In dem Leistungs-Diagramm ist der Schnittpunkt der horizontalen Linie $\Delta T / \Delta T_{max}$ und der diagonalen Optimum-Geraden Q_0 / Q_{max} das Optimum.
Der Schnittpunkt der horizontalen Linie mit der vertikalen Achse ist das Maximum des Wertes Q_0 / Q_{max}.
Zur Bestimmung des Optimums und des Maximums der Kühlkapazität für das vorgesehene Element dividiere man den errechneten Wert der Gesamtwärmeleistung durch den aus dem Diagramm entnommenen relativen Wert.

Nach der QUICK-COOL-Spezifikations-Liste wählt man ein Element aus, mit Q_{max} größer als die notwendige Kühlleistung Q_c, aber kleiner als das Optimum Q_{max}.
Es ist empfehlenswert, daß das gewählte Element mit einem Q_c nahe bei dem Optimum Q_{max} liegt, weil sich dadurch ein besserer Leistungsfaktor ergibt.
Ein Element, dessen Q_c nahe zum Maximum Q_{max} liegt, ist zwar preiswerter, hat aber im Ergebnis eine kleinere Kühlkapazität.
Die Beschreibung zu diesem Leistungsdiagramm soll den sogenannten Coeffizient of Performance "COP " aufzeigen, der den Nutzen zum Aufwand darstellt.
Das ist die erreichte Kühlleistung zur aufgewendeten elektrischen Leistung.
Dieser COP hängt ab von der Differenztemperatur ΔT an dem Peltier-Element.
Je größer die Differenztemperatur ist, desto kleiner ist der Leistungsfaktor COP, weil dadurch weniger Wärme mit mehr Aufwand durch das Peltier-Element gepumpt wird.

Leistungs-Diagramm



Beispiel

Bestimmung von $\Delta T / \Delta Tmax$: = 36°C / 72 °C = 0,5

Ermittlung des *Optimalen* Q_{max} : Schnittpunkt $\Delta T / \Delta T_{max} = 0,5$
mit der Optimum Geraden
ergibt einen Wert von 0,25 für Q_0 / Optimum Q_{max}.
Optimum Q_{max} = Q_0 / 0,25 = 120 Watt

Ermittlung des *Maximalen* Q_{max} : Schnittpunkt $\Delta T / \Delta Tmax$ = 0,5
mit der vertikalen Achse
von Q_0 / Q_{max} ergibt einen Wert von 0,5
Maximum Q_{max} = Q_0 / 0, 5 = 60 Watt

Zu wählen ist ein Peltier-Element mit Q_{max} zwischen 60 und 120 Watt.
Bei der Wahl eines Peltier-Elementes mit Q_{max} nahe am optimalem Q_{max} wird ein hoher Leistungsfaktor COP erreicht. Das Verhältnis I/I_{max} läßt sich aus dem Leistungsdiagramm ablesen und beträgt in diesem Beispiel 0,5.
Der Strom für das Peltier-Element sollte zwischen 0,3 und 0,7 von I_{max} betragen.

Wie wählt man das richtige Element

Die Betriebsarten der PELTIER - Elemente sind zahlreich, aber die wichtigsten davon sind diese:

Die Betriebsart mit dem maximalen Energie-Nutzeffekt ist bestimmt durch niedrige Energie Verbrauchskosten zur Erzielung der besten Kühlung. So wird der beste Wirkungsgrad erreicht.

Die Betriebsart mit der maximalen Kühlleistung ist die am meisten gewünschte Art. Deshalb werden die meisten Elemente nach dieser Eigenschaft ausgewählt.

Dazu gibt es zwei notwendige Parameter zur Auswahl der richtigen Elemente:
- Wärmetransportleistung des Elementes (Q_{max})
- Temperatur-Differenz zwischen kalter Seite und warmer Seite (ΔT)

Die gesamte Wärmemenge $\mathbf{Q_w}$, die vom Peltier-Element abgeführt werden muß, besteht aus der Wärmeabgabe des zu kühlenden Objektes $\mathbf{Q_c}$ und der zugeführten elektrischen Energie $\mathbf{Q_{el.}}$

$$Q_w = Q_c + Q_{el}$$

Die Temperaturdifferenz ist der Unterschied zwischen der Temperatur an der Peltier-Elemente Seite, bei der die Wärme abgeführt wird und der Temperatur der Peltier-Elemente Seite, der die Wärme zugeführt wird.
Die unten stehende Tabelle zeigt die Anzahl der Stufen pro Element für die jeweilige Temperaturdifferenz.

maximale Temperaturdifferenz im Vakuum, °C	Anzahl der übereinander montierten Elemente
72	**1**
94	**2**
110	**3**
117	**4**

Ist die gewünschte Temperaturdifferenz kleiner als 50°C , dann sind Elemente mit mehr als einer Stufe nicht effektiv.

Einbau von Peltier-Elementen

Ein thermoelektrisches Element für jedwede Anwendungen enthält verhältnismäßig zerbrechliches Halbleitermaterial, bei dem unter strengster Beachtung der Behandlungsvorschriften und Reihenfolge der Zusammenbau erfolgen muß.
Die Nichteinhaltung der Behandlungsvorschriften führt zur Leistungsminderung oder zu Ausfällen. Ein eingebautes Peltier-Element sollte aus diesem Grunde nicht auch als Stützbauteil im Gerät dienen. Die Montagefläche des Elementes sollte ohne Schmutz sein und darf keine Unebenheit und Nichtparallelität größer 0,020 mm haben. Werden zwei Elemente oder mehr zusammen eingebaut, darf der Höhenunterschied nicht mehr als 0,050 mm betragen.

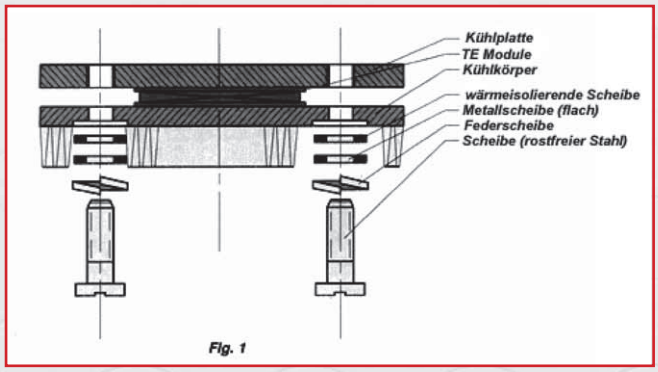


Fig. 1

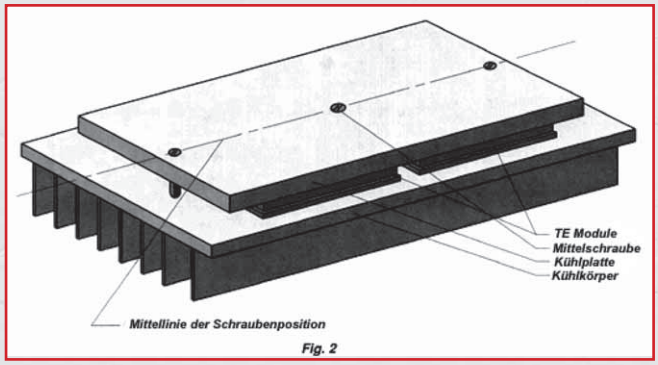


Fig. 2

Wie Elemente eingebaut werden

Üblicherweise werden die Elemente zwischen dem Kühlkörper und der Kühlplatte eingeklemmt. Die empfohlene Montageart ist in den Bildern Fig.1 und Fig.2 dargestellt. Zum Einbau der Peltier-Elemente, die zwischen den Kühlkörpern der kalten und der warmen Seite eingeklemmt werden, sollte eine Wärmeleitpaste verwendet werden. Da Wärmeleitpasten die Wärme schlecht leiten aber immer noch besser leiten als Luft, dienen diese dazu , die Luft aus den Rauhtiefen zu verdrängen. Wenig Wärmeleitpaste hilft viel.
Spezialfolien und Spezialkleber sind weitere Alternativen.

Hinweis: Von der Verwendung der üblichen Wärmeleitpaste ist Abstand zu nehmen, da die Trägerflüssigkeit sehr schnell altert bzw. herausdiffundiert und damit der Wärmeübergang erschwert wird und sich das Peltier-Element übermäßig erwärmt. Das kann zur vorzeitigen Zerstörung des Peltier-Elementes führen. Wärmeleitpasten ohne Silicon sollten bevorzugt werden.

Ungeachtet der Anzahl von 2, 3 oder 4 Klemmschrauben sollte die Presskraft ca. 13 – 15 kp/cm² liegen. Unter diesen Voraussetzungen wird der Wärmeleitwiderstand minimiert. Nachdem die geforderten Drehmomente (s. Berechnungsbeispiel) erreicht sind, müssen die Teile für eine Stunde ruhen. Danach sollte das Drehmoment nochmal geprüft und, falls nötig, korrigiert werden.

Zusätzliche Anmerkung: Bei Einhaltung der vorgesehenen Presskraft liegt der thermische Widerstand der Leitpaste mit Dicken über 0,03 mm bei 0,03 – 0,05°C/W bei einer Fläche von 40 x 40 mm. Natürlich hängen diese Angaben auch von der Sorte der Leitpaste ab.

Beispiel:

TM-127-1.4-6.0M (QUICK-COOL Allgemein-Spezifikation) sollte der Anpressdruck 210 – 240 kp sein. Werden die Elemente mit moderner Wärmeleitpaste montiert, dann können die Temperaturverluste auf der warmen Seite 2,7°C betragen. Werden 2 Klemmschrauben mit 4 mm Ø eingesetzt, sollte das Drehmoment 0,11 – 0,12 kgm betragen.
Wenn die erforderlichen Klemmkräfte für ein Element bekannt sind, kann man das Drehmoment pro Schraube berechnen:

$$T_{(\text{Drehmoment pro Schraube})} = \frac{2{,}8 \times 10^{-4} \times p \times d}{n}$$

p = gewünschte Anpresskraft [kg]
d = Schraubendurchmesser [mm]
n = Anzahl der Klemmschrauben

Korrosionsschutz der Peltier-Elemente

Korrosionsschutz der PELTIER - Elemente ist die Verhinderung eines Korrosionsprozesses an den Lötverbindungen bei Vorhandensein von Feuchtigkeit, welche aus der Umgebung bei Taupunktunterschreitung entsteht. Außer der Korrosion kann angesammeltes Wasser auch eine wärmeleitende Verbindung zwischen den Keramik-Platten herstellen, wodurch dann der Wirkungsgrad verringert wird.

QUICK-OHM bietet zwei Methoden für den Korrosionsschutz mit unterschiedlichen Auswirkungen und Arbeitsaufwand an:

1. Methode des internen Schutzes (Beschichtung)

Wir empfehlen Ihnen die Beschichtung der Elemente im Betrieb bei Minustemperaturen und bei Plustemperaturen unterhalb des Taupunktes. Die Beschichtungen überziehen alle Teile im PELTIER-Element (besonders die Pellet-Lötverbindungen). Langzeitprüfungen in unterschiedlichen Umgebungen für die mit Antikorrosionslack beschichteten Elemente zeigen deutlich, daß ein solcher Schutz für einen weiten Temperaturbereich von -60 °C bis +150 °C eingesetzt werden kann. Darüber hinaus wird der Wirkungsgrad nicht vermindert, weil dadurch keine Wärmebrücke entsteht.

2. Methode des externen Schutzes (Abdichtung)

Externer Schutz wird erreicht durch Abdichtung der äußeren Seiten der PELTIER-Elemente mittels Epoxy- oder Silikon-Versiegelung.
Im Vergleich mit Silikon ist eine Epoxy-Versiegelung besonders geeignet bei starker Dampfkondensation, die bei Plusgraden unter dem Taupunkt entsteht.
Mit Epoxy gedichtete Elemente brauchen keinen weiteren externen Schutz beim Einbau in ein Gerät.
Silikon- und Epoxy-Dichtungen vermindern die Leistungsfähigkeit um ca. 4%.
Die meisten Antikorrosionsschutz-Dichtmassen, wie sie in der Industrie für thermoelektrische Produkte eingesetzt werden, haben eine gute Haftung mit dem Lack für die Beschichtung und bieten daher einen zusätzlichen Schutz.

Auf Kundenanforderung macht QUICK-OHM den doppelten Schutz, z.B. Beschichtung und Silikon- oder Epoxy-Versiegelung.

Korrosionsschutz Index:

*** Beschichtung..... "C"**
*** Silikon Dichtung..... "S"**
*** Epoxy Dichtung..... "X"**

Bemerkungen zur Speisung der Elemente

Thermoelektrische Elemente sind Bauteile für Gleichstrom.

Hat der Gleichstrom zur Speisung eine Welligkeit, dann vermindern sich die typischen Werte nach folgender Formel:

$$\Delta T / \Delta t_{max} = 1 / (1 + K^2)$$

dabei ist K der Brummfaktor.

z.B.
Bei ΔTmax = 72 °C und Gleichstrom mit Welligkeit der Spannungsquelle von K= 0,2 (20%) sind

$$\Delta T / \Delta t_{max} = 1 / (1 + 0{,}2^2) = 0{,}96$$
$$\Delta T = 0{,}96 \ \Delta t_{max} = 0{,}96 \times 72 = 69 \ °C$$

QUICK-OHM empfiehlt K ≤0,1 (10%)

Bei Verwendung von getakteten Netzteilen kann der Brummfaktor nach dieser Formel bestimmt werden:

$$K = I (Imp) / I (DC) \times T (Imp) / T$$

I(Imp), T(Imp) sind Amplitude und Dauer der Strompulse
I(DC) ist der Wert des Gleichstromes
T ist die Periodendauer des Pulses

Bei kurzzeitigen Pulsen im Speisekreis mit T ≤ 1 x 10^{-3} sec auf einer 10-fach größeren Amplitude von I(max) ergeben sich keine Nachteile für die Lebensdauer der Peltier-Elemente.

1. BASIC-DATEN IN DEN FOLGENDEN TABELLEN

I_{max} – Eingangsstrom bei ΔT_{max}, (A)

U_{max} – Eingangsspannung bei ΔT_{max}, (V)

Q_{max} – Maximale Wärmepumpleistung bei I_{max}, ΔT = 0°C, (W)

ΔT_{max} – Maximale Temperatur-Differenz bei Erreichung von I_{max} Q_c= 0 °C

2. TYPENNUMMERSCHLÜSSEL

QC 127 – 1.4 – 6.0M CS

- CS – Optionen
- 6.0M – max. Strom (A)
- 1.4 – Pellet Querschnitt (1,4 x 1,4 mm)
- 127 – Anzahl der Thermopaare
- QC – Quick - Cool

2 QC 127 – 6.3 - 6.0

- 6.0 – max. Strom (A)
- 6.3 – Anzahl der Thermopaare in der 1. Stufe
- 127 – Anzahl der Thermopaare in der 2. Stufe
- QC – Quick - Cool
- 2 – Anzahl der Stufen

3. OPTIONEN

M – Ausführung für zyklischen Betrieb
C – Beschichtung gegen Korrision
S – Silikon Außendichtung als Feuchtigkeitsschutz
X – Epoxyd Außendichtung als Feuchtigkeitsschutz
H – Ausführung für hohe Temperaturen bis zu 200°C

Bevorzugte und lagermäßige PELTIER-Elemente sind fett markiert.
Die Angaben in der Tabelle sind die Leistungen der PELTIER-Elemente bei Betrieb

für die Warmseite bei T_{warm} = 300 K (= 27°C)