

# Temperaturverhalten

Ursachen und Auswirkungen thermischer Einflüsse auf Detektoren



---

## Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

Pyroelektrische Detektoren auf der Basis von Lithiumtantalat haben aufgrund der hervorragenden Eigenschaften dieses Materials ohne zusätzliche Kühlung oder Temperaturstabilisierung eine hohe Empfindlichkeit und ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis. Da Lithiumtantalat wegen seiner hohen Curie-Temperatur von 603 °C seine pyroelektrische Eigenschaft bis weit über den angegebenen Betriebstemperaturbereich des Detektors hinaus behält, bestimmen die Eigenschaften der im Detektor verwendeten Komponenten und deren Verbindungstechnologie die Grenzwerte der Betriebs- und Lagertemperatur. Jedoch auch innerhalb dieses Bereiches ändern sich die Eigenschaften des Detektors aufgrund der Temperaturabhängigkeiten der verwendeten elektronischen Bauteile geringfügig. Wenn im Folgenden vom „Temperaturkoeffizienten eines Detektors“ die Rede ist, sollte man sich immer darüber im Klaren sein, dass der Detektor ein komplexes System ist und sich das Temperaturverhalten nicht einfach mit der Angabe eines einzelnen Zahlenwertes charakterisieren lässt, wie das bei einfachen passiven Komponenten der Fall ist.

### 3.1 Ursachen

Um das Temperaturverhalten eines pyroelektrischen Detektors zu beschreiben, muss man zum einen das Verhalten bei quasistationären Verhältnissen und zum anderen das Verhalten bei Temperaturveränderungen der Umgebung betrachten.

Ein thermisch eingeschwungenes System vorausgesetzt, überlagern sich die Temperaturabhängigkeiten der einzelnen, im Detektor verwendeten Komponenten in Abhängigkeit von ihrer Verschaltung und der in der jeweiligen Anwendung gewählten Modulationsfrequenz.

Bei zeitlichen Veränderungen der Umgebungstemperatur überlagern sich diese meist sehr niederfrequenten Vorgänge dem modulierten Detektorsignal und führen zu einer instabilen oder sich verändernden Offsetspannung. Das kann damit erklärt werden, dass eine Änderung der Gehäusetemperatur auch eine sehr langsame Änderung der Temperatur des pyroelektrischen Chips hervorruft. Jedoch ist die damit erzeugte Änderung der Temperatur deutlich größer und länger andauernd, als jene, die durch eine typische Strahlungsquelle hervorgerufen werden. Folglich wird ein niederfrequentes Signal mit zum Teil sehr großer Amplitude generiert, welches dazu führen kann, dass das Detektorsignal in Sättigung geht.

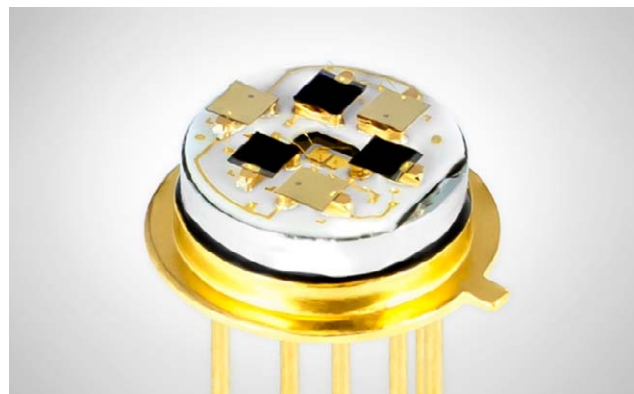


Abbildung 14: Zusätzliche Chips zur thermischen Kompensation (ohne schwarze Absorptionsschicht)

Eine elegante Möglichkeit diesen temperaturbedingten Schwankungen der Offsetspannung zu begegnen, ist die thermische Kompensation. Hierfür wird ein zweites, gleichgroßes pyroelektrisches Element, welches unempfindlich gegenüber der auftreffenden Strahlung ist, dem aktiven Element antiparallel geschaltet. Dadurch entstehen bei einer äußeren Temperaturänderung in beiden Elementen gleich große Ladungen unterschiedlicher Polarität, welche sich gegenseitig kompensieren. Auf diese Weise der Einfluss einer äußeren Temperaturänderung auf die Offsetspannung erheblich verringern.

Da die Temperaturabhängigkeit im eingeschwungenen Zustand und die Signalschwankungen bei Temperaturänderungen auf unterschiedliche Ursachen zurückgeführt werden können, müssen sie separat betrachtet werden. Auch bedarf es unterschiedlicher Methoden, die genannten Effekte wirksam zu unterdrücken.

---

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

## 3.2 Komponenten

Im Folgenden werden die Komponenten, welche in einem pyroelektrischen Detektor verwendet werden, hinsichtlich ihrer Temperaturabhängigkeit beschrieben. Mit diesem Wissen lassen sich anschließend die experimentell ermittelten Abhängigkeiten ausgewählter Detektoreigenschaften von der Temperatur interpretieren. In Abbildung 15 werden anhand zweier typischer Detektoren die Elemente bezeichnet, die signifikant zur Temperaturabhängigkeit des Detektors beitragen.

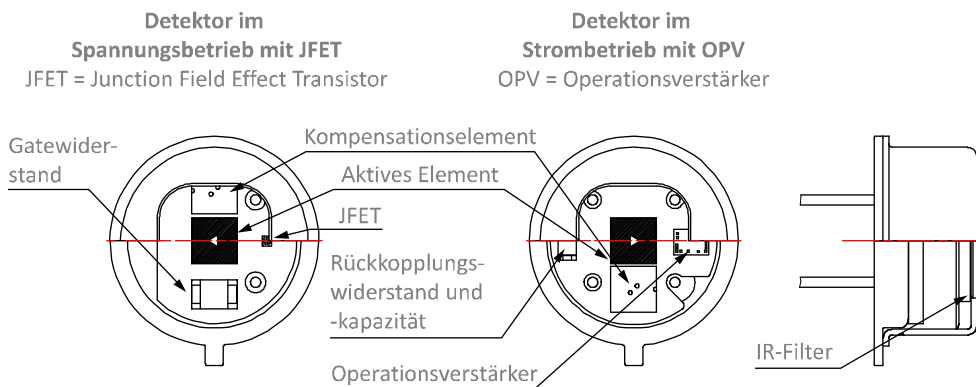


Abbildung 15: Temperaturabhängige Komponenten in einem pyroelektrischen Detektor

### Das pyroelektrische Material

Einer der für die pyroelektrische Wandlung entscheidenden Parameter ist die Curie-Temperatur des verwendeten pyroelektrischen Materials. Beim Überschreiten dieser findet im Material ein Phasenübergang statt, bei dem zusätzlich die permanente Polarisierung des Materials verloren geht.

Bei InfraTec wird als pyroelektrisches Material ausschließlich einkristallines Lithiumtantalat verwendet. Dieses hat nicht nur den Vorteil eines geringen niederfrequenten Rauschens, sondern verfügt auch über eine Curie-Temperatur von 603 °C. Daher ist das Risiko einer Depolarisierung des Materials auch weit über den Betriebstemperaturbereich der Detektoren hinaus praktisch ausgeschlossen.

Betrachtet man das Temperaturverhalten des Detektors innerhalb seines spezifizierten Temperaturbereiches, so ist vor allem der intrinsische Temperaturkoeffizient des pyroelektrisch erzeugten Stromes von Bedeutung. Er hat im Falle von Lithiumtantalat einen typischen Wert von 3.800 ppm/K im Temperaturbereich von -25 °C ... 85 °C.

Üblicherweise wird das pyroelektrische Material einseitig mit einer im infraroten Spektralbereich „schwarzen“ Beschichtung versehen, um eine möglichst hohe und spektral unabhängige Absorption der Strahlung zu erreichen. InfraTec setzt dafür zwei unterschiedliche Technologien ein. Bei Verwendung von Detektoren mit der spektral besonders gleichmäßigen Metallschwarzschrift ist zu beachten, dass diese bei Temperaturen über 60 °C irreversibel geschädigt wird. Die maximale Betriebs- und Lagertemperatur dieser Detektoren ist deshalb etwas niedriger als bei den meisten anderen Detektoren.

Da die auf das pyroelektrische Element treffende Strahlung auch zu einer Änderung der quasistationären Chiptemperatur führt, bedarf es nach dem Beginn der Bestrahlung einer Einschwingzeit, bis sich die mittlere Chiptemperatur nicht weiter ändert. Diese Zeit hängt von der Wärmekapazität des pyroelektrischen Chips und seiner Halterung sowie der Anbindung dieser Komponenten an die Umgebung ab. Auch spielen die eingestrahelte Leistung und die Umgebungstemperatur für diese Einschwingzeit eine Rolle.

---

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

## Passive Komponenten

---

### Widerstände

Die als Gatewiderstand oder Rückkoppelwiderstand verwendeten Höchstohmwiderstände besitzen einen stark negativen Temperaturkoeffizienten (TK) ihres Widerstandswertes. Ein typischer TK für 100 G $\Omega$ -Widerstände, wie sie in InfraTec Detektoren verwendet werden, ist -2.000 ppm/K. Die Veränderung des Widerstandes wirkt sich abhängig von der Betriebsart unterschiedlich auf die Performance des Detektors aus, was in Abschnitt 3.3 ausführlich erläutert wird.

### Kapazitäten

Die im Strombetrieb verwendeten elektrischen Kapazitäten werden je nach Nennwert durch gedruckte, parallele Leiterstrukturen oder durch NPO<sup>1</sup>-Kondensatoren realisiert. Diese Bauelemente besitzen einen extrem geringen Temperaturkoeffizienten, so dass die temperaturbedingte Veränderung der Kapazität keinen messbaren Einfluss auf das Verhalten der Detektoren hat.

## Aktive Komponenten

---

Das Übertragungsverhalten des JFET wird im Wesentlichen von zwei gegenläufigen Temperaturabhängigkeiten beeinflusst (vgl. Abbildung 16):

- Zum einen führt eine höhere Temperatur zu einer Verkleinerung der Verarmungszone der p-n-Übergänge, was sich in einer Verringerung der Abschnürspannung (pinch-off voltage) äußert (ca. -2 mV/K). Folglich steigt bei konstanter Gate-Source Spannung der Drainstrom bei steigender Temperatur an.
- Zum anderen verringert eine höhere Temperatur die Beweglichkeit der Ladungsträger (~ 0,7 ppm/K), da die stärkeren Gitterschwingungen den Stromfluss zunehmend behindern, wodurch der Drainstrom sinkt.

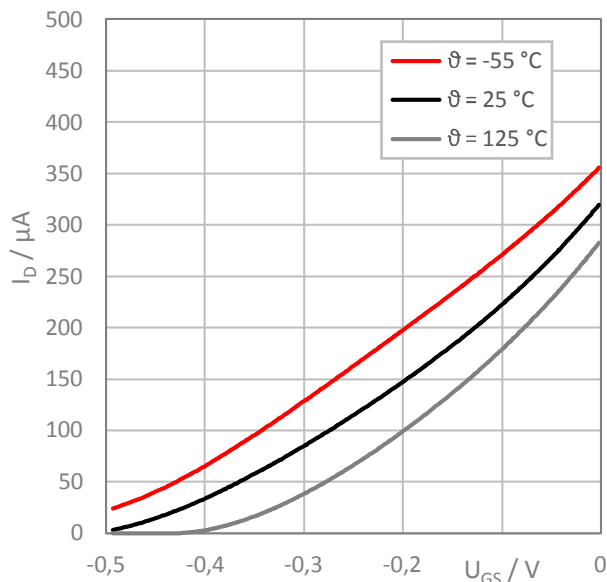


Abbildung 16: Typische Übertragungskennlinien des verwendeten JFET bei verschiedenen Temperaturen

Weiterhin erhöhen sich der Gateleckstrom und das Eingangsstromrauschen von JFETs exponentiell mit ansteigender Temperatur. So beträgt der typische Leckstrom eines JFET bei Raumtemperatur deutlich weniger als 1 pA, während er bei 125 °C auf weit über 10 pA ansteigen kann.

---

<sup>1</sup> Übliche Bezeichnung für Klasse-1-Keramik Kondensatoren mit einem nominellen TK von 0 ppm/K

---

## Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

Auf Auswirkungen und mögliche Maßnahmen, um den Einfluss dieser Temperatureffekte zu verringern, wird in Abschnitt 3.3 näher eingegangen.

### Integrierter Operationsverstärker

Die bei InfraTec verwendeten integrierten OPVs wurden unter dem Aspekt eines geringen Eingangsruhestroms (input bias current) und eines geringen Eingangsspannungsrauschens ausgewählt. Wie bei allen Halbleiterbauelementen steigt auch bei den verwendeten OPV der Eingangsstrom mit steigender Temperatur überproportional an.

Wie aus Abbildung 17 ersichtlich ist, bleibt er jedoch im Betriebstemperaturbereich eines pyroelektrischen Detektors noch relativ niedrig und steigt erst ab ca. 85 °C stark an. Auch andere Parameter, wie die Differenzverstärkung (open loop gain), variieren mit der Temperatur, was sich jedoch durch die schaltungstechnisch realisierte, starke Gegenkopplung nicht auf das Detektorverhalten auswirkt.

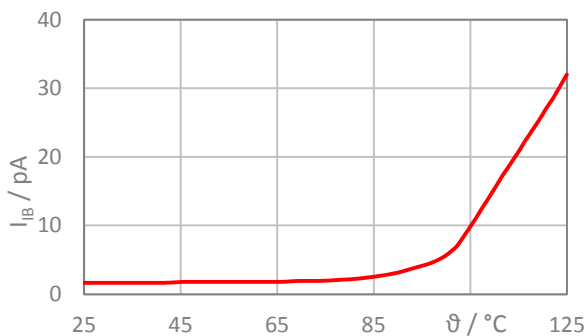


Abbildung 17: Eingangsruhestrom des Operationsverstärkers in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (siehe Datenblattangaben)

### Optische Filter

Das Temperaturverhalten von optischen Filtern und Fenstern trägt ebenso zu einer temperaturabhängigen Änderung der Empfindlichkeit des Detektors bei. Die dafür relevanten Parameter und die Auswirkungen einer Temperaturänderung auf das spektrale Verhalten von Infrarotfiltern werden ausführlich im Kapitel „Filter und Fenster“ des InfraTec-Produktkataloges beschrieben.

---

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

## 3.3 Auswirkungen auf das Detektorverhalten

In den meisten Anwendungen wird nicht der pyroelektrisch erzeugte Strom selbst, sondern eine ihm proportionale Spannung am Detektorausgang gemessen. Die Wandlung des Stromes in die messbare Spannung geschieht abhängig von der Betriebsart wie in Abschnitt 3 beschrieben. Somit überlagern sich die thermischen Effekte der internen Beschaltung und der pyroelektrischen Wandlung, was abhängig von der Betriebsart zu unterschiedlichen Ergebnissen führt.

In den nachfolgenden Abschnitten sind die Ergebnisse von Messungen mit einem sehr einfachen Messaufbau dargestellt. Sie sollen zeigen, wie die einzelnen Detektorparameter von der Umgebungstemperatur und ihrer Änderungsgeschwindigkeit abhängen. Dafür wurde eine temperierbare Detektoraufnahme und ein schwarzer Strahler (black body) der Temperatur  $T_{BB}=500$  K als Strahlungsquelle verwendet. Zur Modulation der Strahlung wurde ein mechanischer Chopper verwendet. Der Chopper wird nicht mit dem Detektor temperiert, sondern bei Raumtemperatur betrieben. Bei allen dargestellten Messwerten handelt es sich um typische Werte, von denen die Messwerte einzelner Detektoren abweichen können.

### 3.3.1 Spannungsbetrieb mit JFET

#### Empfindlichkeit

Wie aus Gleichung (27) ersichtlich ist, hängt die Empfindlichkeit im Spannungsbetrieb bei hinreichend großen Modulationsfrequenzen ( $> 2$  Hz) von Material- und Geometrieparametern ab und sinkt mit  $1/f$ . Von diesen Parametern sind der pyroelektrische Koeffizient  $p$ , die spezifische Wärmekapazität  $c_p$ , die Dichte  $\rho$  und die relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  von der Temperatur abhängig und beeinflussen somit das Temperaturverhalten des Detektors.

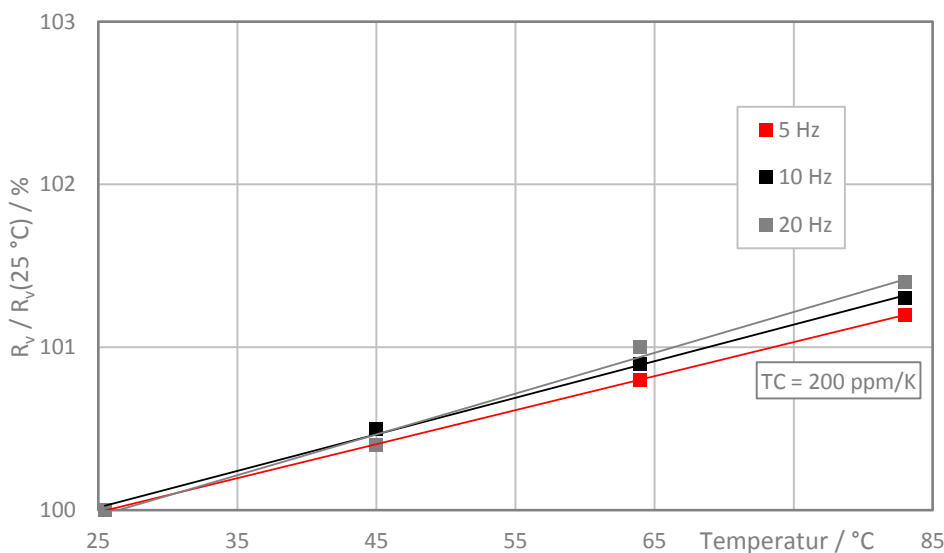


Abbildung 18: Veränderung der Empfindlichkeit eines LME-302 bei Änderung der Temperatur der Umgebung und der Modulationsfrequenz

Abbildung 18 zeigt die Messergebnisse eines unkompensierten Detektors LME-302 bei unterschiedlichen Modulationsfrequenzen.

Aus theoretischen Betrachtungen und den dargestellten Messungen lässt sich abschätzen, dass der Temperaturkoeffizient von Detektoren im Spannungsbetrieb ohne Berücksichtigung der optischen Filter typischerweise im Bereich von  $-1.000 \dots 500$  ppm/K liegt.

---

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

---

## Rauschen

Der Gateleckstrom des JFET steigt, wie bereits unter dem Punkt „aktive Komponenten“ erwähnt, mit steigender Temperatur exponentiell an. Aus der direkten Proportionalität des Gateleckstromes und des Stromrauschens gemäß (30) erkennt man leicht, dass somit auch das Stromrauschen  $N_I$  exponentiell ansteigt.

Bei Detektoren mit hinreichend großen Gatewiderständen und damit geringem thermischen Rauschen kann das Stromrauschen somit einen dominanten Einfluss auf das Gesamtrauschen des Detektors erlangen. Im Ergebnis steigt die Rauschdichte dann exponentiell mit der Temperatur an.

## Offsetspannung

Aus den Ausführungen in Abschnitt 3.2 geht hervor, dass sich die Offsetspannung, welche im Spannungsbetrieb das Messsignal überlagert, ebenfalls mit der Temperatur ändert. Hierfür sind die Verringerung der Abschnürspannung, die Verringerung des Gatewiderstandes und die Erhöhung des Gate-Leckstromes mit steigender Temperatur verantwortlich. Da der Leckstrom jedoch viel stärker als die verbleibenden Parameter ansteigt, steigt auch die Offsetspannung eines Detektors im Spannungsbetrieb stets mit steigender Temperatur an.

Ändert sich die Umgebungstemperatur mit der Zeit, so überlagert sich der Offsetspannung eine niederfrequente Spannung mit zum Teil sehr großer Amplitude. Dadurch kann die Ausgangsspannung bis auf die Höhe der Versorgungsspannung steigen und damit den Ausgang in Sättigung bringen. Aufgrund der für den Spannungsbetrieb üblichen, großen elektrischen Zeitkonstante  $\tau_{el}$  dauert es bisweilen sehr lange, bis sich die Offsetspannung eines solchen Detektors wieder einem stationären Wert annähert. Abhilfe kann die Wahl eines geringeren Gatewiderstandes bringen, weil damit die durch die Temperaturänderung erzeugte Spannungsamplitude geringer ist und das Ausgangssignal, aufgrund der kleineren elektrischen Zeitkonstanten, schneller wieder eingeschwungen ist.

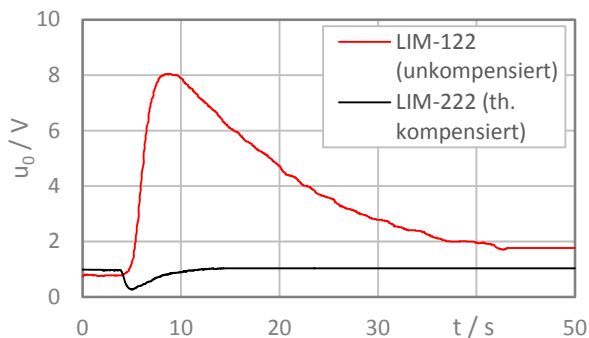


Abbildung 19: Zeitlicher Verlauf der Offsetspannung nach einem sprunghaften Anstieg der Temperatur für verschiedene Spannungsbetriebsdetektoren

Eine weitere Möglichkeit, die Schwankungen der Offsetspannung aufgrund von Temperaturänderungen zu minimieren, ist die thermische Kompensation. Hierfür wird, wie bereits in Abschnitt 3 beschrieben, ein zweiter, strahlungsempfindlicher pyroelektrischer Chip mit dem strahlungsempfindlichen, aktiven Chip so verschaltet, dass die pyroelektrischen Ströme, die durch Änderungen der Umgebungstemperatur entstehen, sich gegenseitig kompensieren.

Die Wirkung dieser Kompensation auf die Offsetspannung zeigt Abbildung 19. Hierfür wurden ein thermisch kompensierter und ein unkompensierter Detektor einer sprungartigen Änderung der Umgebungstemperatur ausgesetzt. Es lässt sich leicht erkennen, dass der Einfluss der Temperaturänderung auf die Offsetspannung durch die thermische Kompensation deutlich reduziert wird. Die Amplitude wird geringer und der thermische Einschwingvorgang kürzer. Aufgrund technologischer Toleranzen ist eine vollständige Kompensation nicht möglich. Je nachdem, ob die vom strahlungsempfindlichen oder die vom kompensierenden Chip erzeugten Ladungen überwiegen, ist die Veränderung der Offsetspannung bei einer Temperaturerhöhung positiv oder auch negativ.

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

Es gibt zwei unterschiedliche Möglichkeiten der Verschaltung des aktiven mit dem Kompensationselement, wie Tabelle 6 dargestellt. Im Spannungsbetrieb verändert sich in beiden Fällen auch das elektrische Verhalten des Detektors durch das Hinzufügen der elektrischen Kapazität des Kompensationselementes.

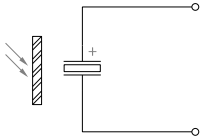
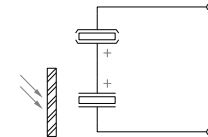
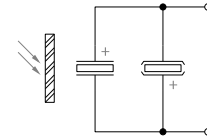
	<b>Keine Kompensation</b>	<b>Serielle Kompensation</b>	<b>Parallele Kompensation</b>
Schaltung			
Signal	100 %	100 %	50 %
Rauschen	100 %	170 %	70 %

Tabelle 6: Vergleich der Detektorparameter unter dem Einfluss der thermischen Kompensation im Spannungsbetrieb

Die serielle Kompensation bietet den Vorteil des doppelten Ausgangssignales bezüglich der parallelen Variante. Dem gegenüber steht eine geringere Stabilität des Arbeitspunktes insbesondere in langanhaltenden Temperaturrampen. Erfahrungsgemäß erfolgt die Nutzung der Serienkompensation deshalb nur selten, zumal das realisierbare Signal-Rausch-Verhältnis mit typisch  $1/170 \% = 59 \%$  eines unkompensierten Detektors über 15 % schlechter als der theoretische Wert von  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ist. Wir empfehlen deshalb für einen stabilen Betrieb in schnelleren Temperaturrampen ( $> 2 \text{ K/min}$ ) sowie für eine geringe Signaldrift während mehrstündiger Aufheiz- oder Abkühlprozesse unbedingt die Parallelkompensation, zumal deren Signal-Rausch-Verhältnis auch in Serienstückzahlen nahezu dem theoretischen Wert von 70 % erreicht.

## 3.3.2 Strombetrieb mit OPV

### Empfindlichkeit

Im Strombetrieb ist das pyroelektrische Element virtuell kurzgeschlossen und der pyroelektrische Strom fließt durch den Rückkoppelzweig. Somit wird die Temperaturabhängigkeit vom pyroelektrischen Koeffizienten  $p$ , der spezifischen Wärmekapazität  $c_p$ , der Dichte  $\rho$  und dem Rückkoppelwiderstand  $R_{fb}$  bestimmt. Letzterer führt zusätzlich zu einer Änderung der elektrischen Zeitkonstante  $\tau_{el}$ , weshalb der Temperaturkoeffizient eines Detektors im Strombetrieb auch von der verwendeten Modulationsfrequenz abhängt. Wählt man die Modulationsfrequenz weit oberhalb der elektrischen Eckfrequenz  $f_{el}$ , so ergibt sich ein Temperaturkoeffizient von ca. 2.000 ppm/K, während darunter der Einfluss des stark negativen Temperaturkoeffizienten des Rückkoppelwiderstandes immer mehr zunimmt. Dadurch verringert sich der Temperaturkoeffizient des Detektors mit kleineren Modulationsfrequenzen.

Der Detektor LME-335, welcher beispielhaft vermessen wurde, besitzt eine elektrische Zeitkonstante von 20 ms und somit eine elektrische Eckfrequenz von  $f_{el} \approx 8 \text{ Hz}$ . Die Änderungen des Temperaturkoeffizienten mit der Modulationsfrequenz zeigt Abbildung 20.



# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

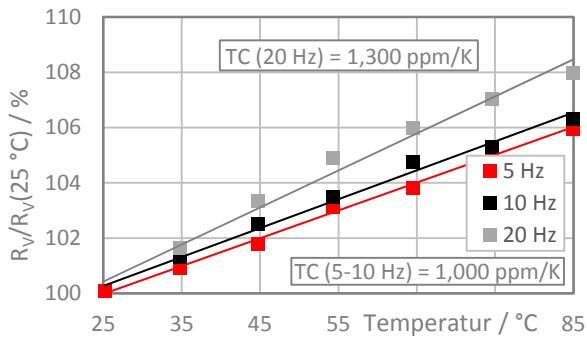


Abbildung 20: Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit des LME-335

Unabhängig von der Modulationsfrequenz liegen typische Temperaturkoeffizienten für Detektoren im Strombetrieb (ohne Berücksichtigung des Einflusses von Temperaturabhängigkeiten der optischen Filter) bei -500 ... 2.000 ppm/K.

## Rauschen

Bei Detektoren im Strombetrieb stellen der Eingangsruhestrom und der Rückkoppelwiderstand temperaturabhängige Rauschquellen dar. Besonders bei hohen Rückkoppelwiderständen und niedrigen Frequenzen verursachen sie einen starken Anstieg der Rauschdichte, wie in Abbildung 21 dargestellt.

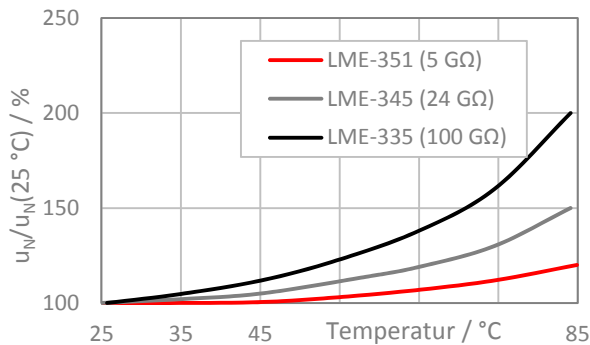


Abbildung 21: Rauschdichteerhöhung ausgewählter Strombetriebsdeteektoren in Abhängigkeit von der Temperatur

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

## Offsetspannung

Wie aus Abbildung 22 entnommen werden kann, setzt sich die Offsetspannung eines Detektors mit OPV aus der Offsetspannung  $u_{OS}$  des OPV selbst und dem Spannungsabfall zusammen, den der Eingangsruhestrom  $I_{IB}$  über dem Rückkoppelwiderstand  $R_{fb}$  verursacht. Obwohl beide genannten Größen abhängig von der Temperatur sind, ist der Einfluss des Eingangsruhestromes aufgrund der großen Rückkoppelwiderstände als dominant zu betrachten. Insbesondere bei Detektoren mit großen Rückkoppelwiderständen kann es deshalb bei hohen Temperaturen zu Offsetspannungen im Bereich mehrerer 100 mV kommen.

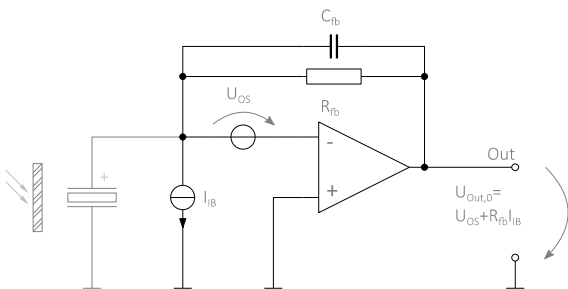


Abbildung 22: Relevante Einflussgrößen der Offsetspannung bei Strombetriebsdetektoren mit OPV

In Abbildung 23 sieht man, wie sich der Rückkoppelwiderstand und die Temperatur auf die Offsetspannung auswirken.

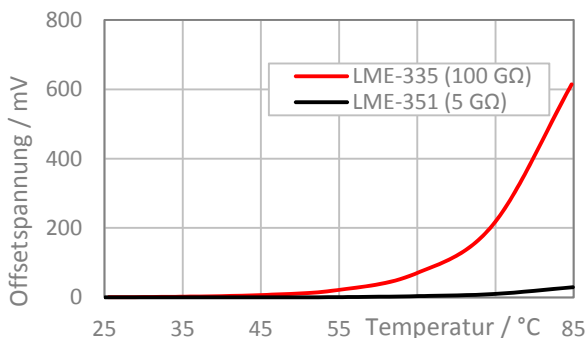


Abbildung 23: Auswirkung unterschiedlicher Rückkoppelwiderstände von Strombetriebsdetektoren auf die Offsetveränderung in Abhängigkeit von der Temperatur

Bei Änderungen der Umgebungstemperatur des Detektors wird auch im Strombetrieb ein niederfrequentes Signal großer Amplitude erzeugt, welches sich dem modulierten Messsignal überlagert. Um dieses Signal weitgehend zu unterdrücken, gibt es auch im Strombetrieb die Möglichkeit der thermischen Kompensation. Anders als im Spannungsbetrieb wird die thermische Kompensation ausschließlich als Parallelkompensation ausgeführt, da die damit verbundene Erhöhung der Kapazität am Eingang des OPV nur einen sehr geringen Einfluss auf das elektrische Verhalten des Detektors besitzt.

Eine weitere einfache Methode zur Verringerung der Effekte, die sich aus Temperaturänderungen für die Offsetspannung ergeben, besteht darin, den Rückkoppelwiderstand deutlich zu verringern. Die geringere Verstärkung sorgt dafür, dass auch temperaturbedingte Signaländerungen weniger verstärkt werden. Diese Verbesserung des Temperaturverhaltens bedingt jedoch eine Reduzierung der Empfindlichkeit des Detektors. Beispielhaft wurden drei Detektoren in unterschiedlichen Kombinationen aus thermischer Kompensation und geringerem Rückkoppelwiderstand einer sprunghaftigen Änderung der Temperatur ausgesetzt. Die in Abbildung 24 dargestellten Messergebnisse zeigen, dass die beiden genannten Maßnahmen sowohl unabhängig voneinander als auch kombiniert verwendet werden können.

## Temperaturverhalten und thermische Kompensation

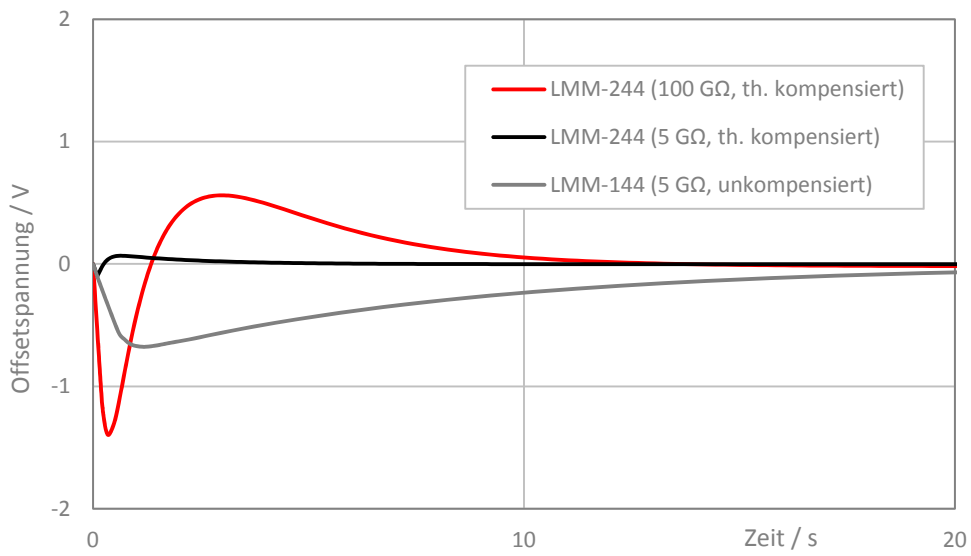


Abbildung 24: Einschwingverhalten der Offsetspannung nach einem sprunghaften Temperaturanstieg

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

## 3.4 Zusammenfassung und Vergleich

Für die Auswahl eines für eine bestimmte Anwendung optimalen Detektors spielt das Temperaturverhalten eine zum Teil entscheidende Rolle. So sind zum einen das Temperaturverhalten im stationären Fall und zum anderen die Reaktion des Detektors auf Temperaturänderungen von Interesse.

Unabhängig von der Betriebsart steigen die Leckströme der Verstärkerelemente mit steigender Temperatur überproportional stark an. Daraus resultiert eine entsprechende Zunahme des Rauschens und der Offsetspannung mit der Temperatur.

Die Temperaturkoeffizienten der Empfindlichkeit tendieren im Spannungsbetrieb stark zu negativen Werten (bis etwa -1.000 ppm/K), wogegen sie im Strombetrieb eher positiv sind (bis etwa 2.000 ppm/K), jedoch maßgeblich von der Modulationsfrequenz und deren Lage bezüglich der elektrischen Eckfrequenz beeinflusst werden.

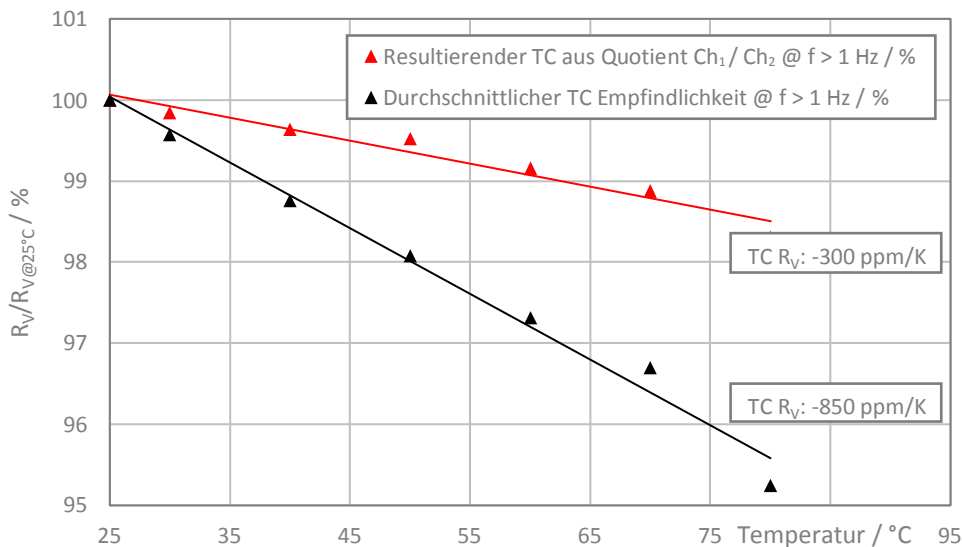


Abbildung 25: Temperaturkoeffizienten eines Zweikanal-Spannungsbetriebs-Detektors LIM-222-GH

Eine übliche Methode zur Verringerung der Einflüsse von Alterung und Verschmutzung des optischen Pfades stellt die Verwendung eines Referenzkanales mit Quotientenbildung der Signale beider Kanäle dar. Somit kann auch der Temperaturkoeffizient der Gesamtanordnung reduziert werden, da hier nur die Differenz der Temperaturkoeffizienten beider Kanäle wirksam ist.

Abbildung 25 und Abbildung 26 illustrieren, wie Kanäle mit ähnlichen Temperaturkoeffizienten dazu verwendet werden können sich gegenseitig zu kompensieren. Diese Methode ist sowohl im Spannungs- als auch im Strombetrieb anwendbar.

# Temperaturverhalten und thermische Kompensation

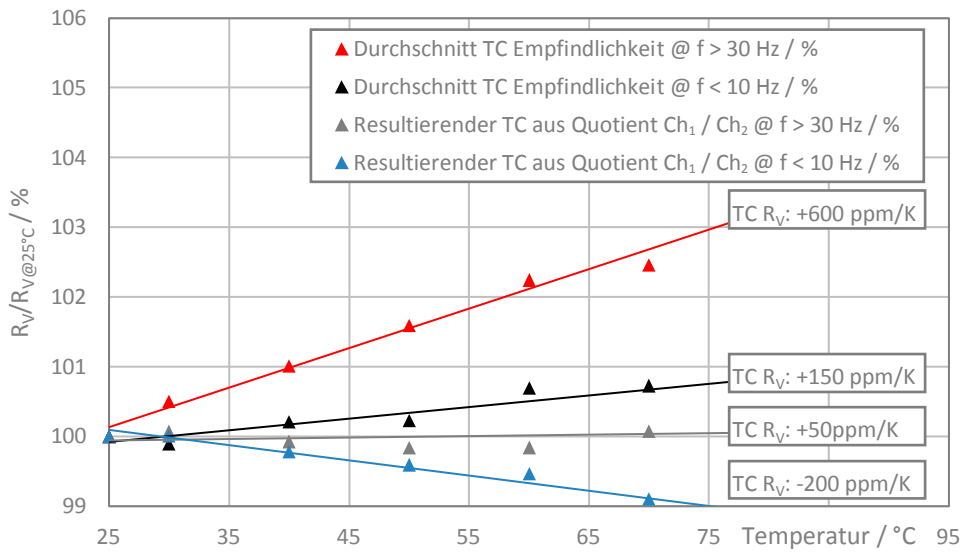


Abbildung 26: Temperaturkoeffizienten eines Zweikanal-Strombetriebs-Detektors LIM-262-GH

Alle hier angestellten Überlegungen und Untersuchungen gelten ausschließlich dem pyroelektrischen Detektor selbst. Sie setzen voraus, dass alle anderen Einflussgrößen konstant und unabhängig vom Detektor sind. Während der Entwicklung eines Messsystems sollte der Entwickler jedoch zusätzlich die teils komplexen Wechselwirkungen zwischen dem Detektor und anderen externen Komponenten wie z. B. Infrarotquellen, dem optischen Pfad, Wärmekapazitäten von Aufnahmen und Halterungen berücksichtigen und bewerten, da auch sie einen maßgeblichen Einfluss auf das Temperaturverhalten des Gesamtsystems haben können.



Headquarters  
**InfraTec GmbH**  
**Infrarotsensorik und Messtechnik**  
Gostritzer Str. 61 – 63  
01217 Dresden / GERMANY  
Phone +49 351 871-8625  
Fax +49 351 871-8727  
E-mail [sensor@InfraTec.de](mailto:sensor@InfraTec.de)  
Internet [www.InfraTec.de](http://www.InfraTec.de)

USA office  
**InfraTec infrared LLC**  
Plano, TX / USA  
Phone +1 877 797 6748  
Fax +1 877 389 2668  
E-mail [sensor@InfraTec-infrared.com](mailto:sensor@InfraTec-infrared.com)  
Internet [www.InfraTec-infrared.com](http://www.InfraTec-infrared.com)

Chesterfield  
**InfraTec infrared Ltd.**  
Chesterfield / UK  
Phone +44 1246 267562  
Fax +44 1246 269381  
E-mail [sensor@InfraTec.co.uk](mailto:sensor@InfraTec.co.uk)  
Internet [www.InfraTec.co.uk](http://www.InfraTec.co.uk)

China office  
**InfraTec Representative  
Greater China**  
c/o German Industry & Commerce  
Greater China  
Shanghai / PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA  
Phone +8621 68758536 ext 1633  
E-mail [sensors@InfraTec.cn](mailto:sensors@InfraTec.cn)  
Internet [www.InfraTec.cn](http://www.InfraTec.cn)



Latest information on the internet.