

# Frostmelder und Brandwächter

## Projekte für Elektronikeinsteiger

Teil 7

Temperaturfühler zählen zu den wichtigsten elektronischen Sensoren. Sie sind in allen Bereichen der Technik zu finden und überwachen Temperaturen im Automotor und in Großrechnern genauso wie in Prozesssteuerungen der chemischen Industrie. Im Bereich der Robotik überwachen sie häufig Temperaturen von stark belasteten Aktoren und Motoren. Mithilfe von Robotern lassen sich damit zudem auch Temperaturen an Orten messen, die dem Menschen nicht direkt zugänglich sind. Neben der Erfassung von Umgebungstemperaturen können sie auch als Frostmelder, Brand- oder Überhitzungswächter für heiß gelaufene CPUs im PC dienen. In diesem Beitrag sollen die nützlichen Helfer genauer betrachtet werden. Zudem werden einige wichtige und hilfreiche Anwendungen vorgestellt.



### Über den Autor

Dr. Günter Spanner ist als Autor zu den Themen Elektronik, Sensortechnik und Mikrocontroller einem weiten Fachpublikum bekannt. Schwerpunkt seiner hauptberuflichen Tätigkeit für verschiedene Großkonzerne wie Siemens und ABB ist die Projektleitung im Bereich Entwicklung und Technologie-Management. Der Dozent für Physik und Elektrotechnik hat zudem zahlreiche Fachartikel und Bücher veröffentlicht sowie Kurse und Lernpakete erstellt.

### Erforderliches Material:

- NTC 10k $\Omega$  oder NTC-Modul
- LED oder LED-Modul mit integriertem Vorwiderstand
- Widerstände: 1 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$
- 2 Transistoren, z. B. Modul BC847 oder BC547
- 10-k $\Omega$ -Potentiometer

### Temperaturabhängige Widerstände

Normalerweise sollten Widerstände einen möglichst konstanten Wert aufweisen. Vor allem Metallschichtwiderstände erfüllen diese Anforderung sehr gut. So ändert etwa ein 1-k $\Omega$ -Metall-

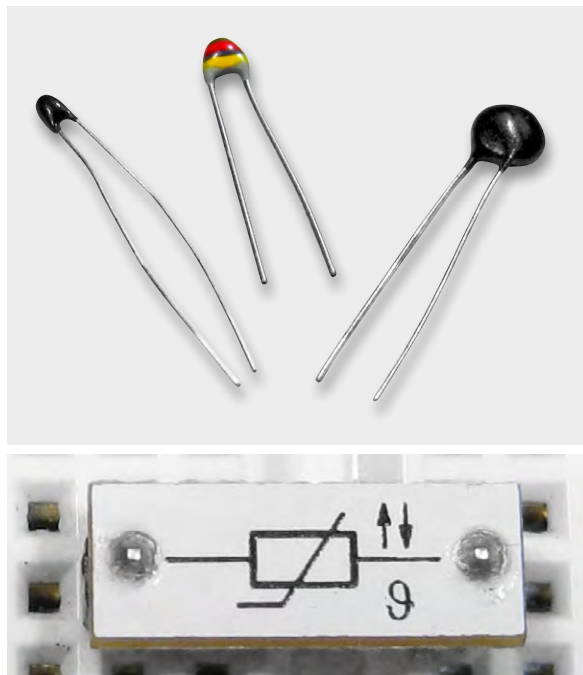


Bild 1: NTC-Widerstand (oben) und NTC-Modul (unten)

schichtwiderstand seinen Wert bei einer Temperaturänderung von 10 °C nur um weniger als 1  $\Omega$ . Im Gegensatz dazu sollen als Temperatursensoren eingesetzte Spezialwiderstände eine möglichst große Abhängigkeit von der Temperatur aufweisen. Sogenannte NTCs (Negative Temperature Coefficient) zeichnen sich dadurch aus, dass ihr Widerstandswert mit zunehmender Temperatur stark abnimmt. Sie werden deshalb auch als Heißleiter bezeichnet. Heißleitendes Verhalten zeigen reine Halbleitermaterialien und verschiedene andere Legierungen mit negativem Temperaturkoeffizienten. Bauteile, bei denen speziell das temperaturabhängige Verhalten ausgenutzt wird, sind üblicherweise mit Bindemitteln versetzte, gepresste und gesinterte Metalloxide. Der Widerstand lässt sich durch das Mischverhältnis verschiedener Materialien in einem weiten Bereich einstellen. Ein weit verbreiteter Typ ist der NTC 10k $\Omega$ . Die Bezeichnung deutet darauf hin, dass dessen Widerstandswert bei Raumtemperatur (25 °C) 10 k $\Omega$  beträgt.

Bild 1 zeigt einen solchen NTC in der klassischen bedrahteten Bauform und als NTC-Modul, wie es in den PADS-Sets (siehe Materialliste) enthalten ist. Ein solcher NTC ist bestens für verschiedene Praxisanwendungen geeignet. Im Folgenden werden dazu einige Beispiele vorgestellt.

### Frostwarnung – Für den Schutz vor Glatteis und Wasserschäden

Tiefe Temperaturen bergen verschiedene Gefahren. Insbesondere wenn die Temperaturwerte unter null Grad fallen, wird es im Straßenverkehr gefährlich. Aber bereits ab etwa einer Lufttemperatur von +3 °C kann es zu Glatteisbildung kommen. Dies bedeutet für Fahrzeuge, dass die Bremswege wesentlich länger werden. Radfahrer sind besonders gefährdet, da die geringere Bodenhaftung auf Eis leicht zu Stürzen führen kann. Aber auch in Haus und Hof entstehen bei Temperaturen um 0 °C und darunter besondere Gefahren. Da sich Wasser beim Gefrieren ausdehnt, kann es zu sogenannten Frostschäden kommen. Hierbei sprengt das sich ausdehnende Wassereis Leitungen und Rohre. Auch für Gewächshausbesitzer oder andere Pflanzenliebhaber führt der Frost zu Problemen. So gibt es viele Pflanzenarten, die bei tiefen Temperaturen eingehen. Diese müssen also rechtzeitig ins Haus oder in den Keller geholt werden.

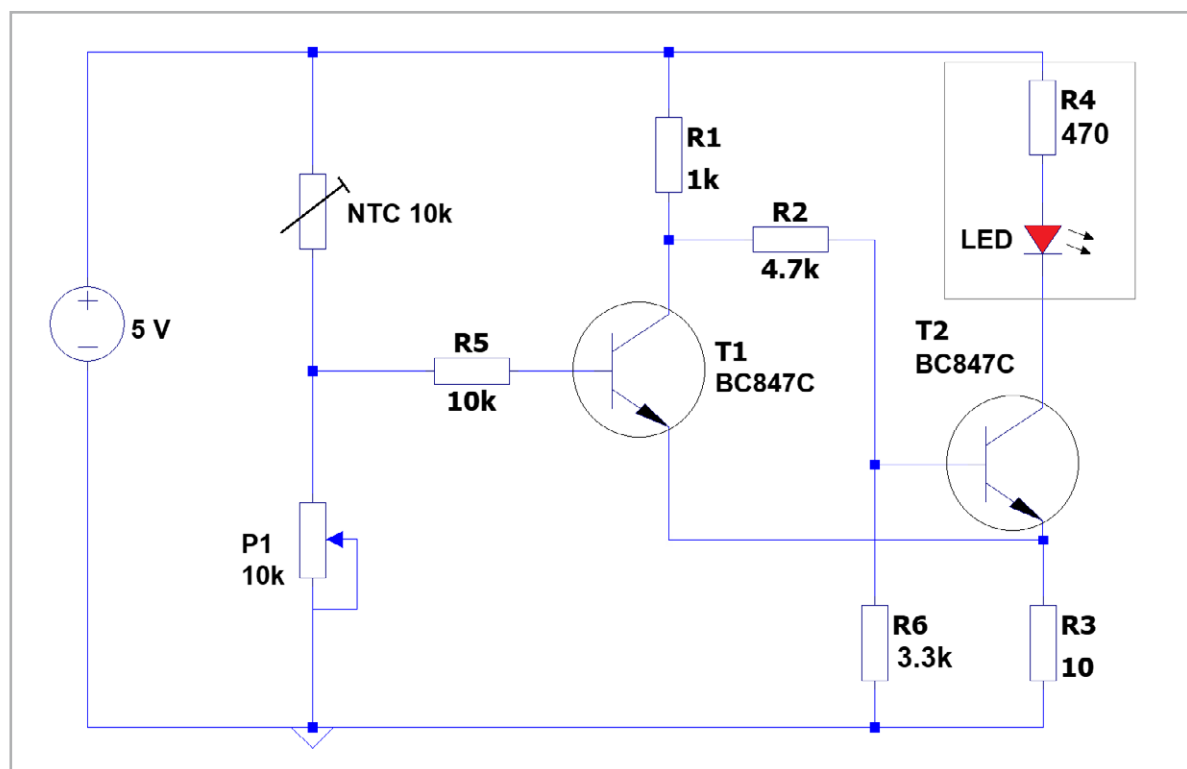
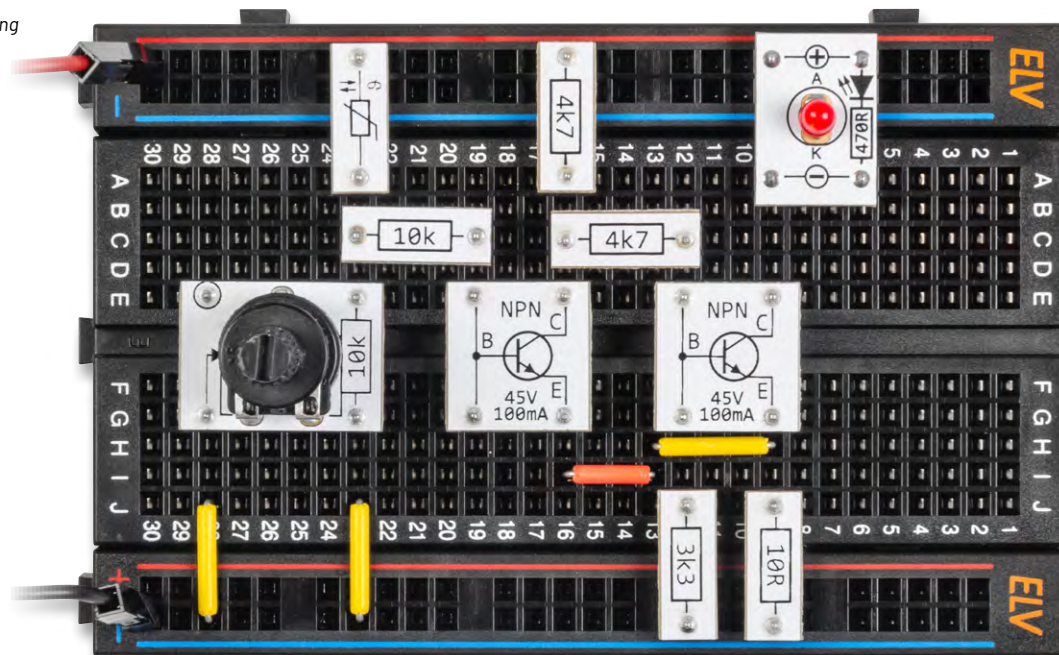


Bild 2: Schaltbild für einen Frostwächter

Bild 3: Breadboard-Aufbau zur Schaltung in Bild 2



Möchte man vor eintretenden tiefen Temperaturen gewarnt werden, leistet ein sogenannter Frostwarner gute Dienste. Mithilfe eines NTCs kann eine solche nützliche Einrichtung leicht aufgebaut werden. Bild 2 und Bild 3 zeigen ein entsprechendes Schalt- und Aufbaubild.

In der Schaltung nach Bild 2 bilden das Potentiometer und der NTC einen Spannungsteiler. Das Potentiometer wird so eingestellt, dass die LED erlischt bzw. gerade nicht angeht. An diesem Punkt ist die Spannung an der Basis von Transistor T1 so weit angestiegen, dass dieser leitet. Da die Basis von T2 am Kollektor von T1 liegt, sperrt T2 und die LED erlischt.

Wenn man nun den NTC mittels eines Eiswürfels abkühlt, fällt die Spannung an der Basis von T1 ab und der Transistor sperrt. Damit steigt die Spannung an der Basis von T2 und die LED leuchtet nach kurzer Zeit auf.

Durch den gemeinsamen Emitterwiderstand R3 wird damit auch das Potential am Emitter von T1 angehoben. Diese Rückkopplung bewirkt, dass die LED nahezu schlagartig eingeschaltet wird. Wären die beiden Transistoren nur einfach hintereinandergeschaltet, würde die LED lediglich langsam heller werden. Diese Zwischenhelligkeiten sind aber bei einer Frostwarnung nicht erwünscht. Durch Vergleich mit einem geeichten Thermometer kann man erreichen, dass die LED bei ca.  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu leuchten beginnt und so vor aufkommendem Bodenfrost warnt.

### Temperatur- oder Brandwächter

Natürlich kann der NTC nicht nur tiefe Temperaturen erfassen. Auch bei höheren Werten kann er nutzbringend eingesetzt werden. Bild 4 zeigt, dass er bis zu Temperaturwerten von ca.  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  verwendbar ist. Darüber verläuft die Temperaturkurve zu flach, um genauere Messwerte zu liefern.

Eine wichtige Anwendung im Bereich höherer Temperaturen ist der sogenannte Übertemperaturalarm. Dieser arbeitet ähnlich wie der Frostwächter,

allerdings mit entgegengesetztem Vorzeichen. Soll beispielsweise die Temperatur der CPU in einem Computer überwacht werden, kann man einen Alarmwert von ca.  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  vorsehen. Solange die CPU-Temperatur unter diesem Wert liegt, ist alles in Ordnung. Nähert sich die Chip-Temperatur allerdings diesem Wert, sollte man entweder einen zusätzlichen Ventilator einschalten oder die Leistung des Rechners drosseln. Steht eine Relaisverbindung zur Verfügung, ist sowohl die optische Warnung als auch die zusätzliche Kühlung mittels eines Ventilators kein Problem. Bild 5 zeigt eine entsprechende Schaltung.

Der Temperaturschalter ist ähnlich aufgebaut wie der Frostwächter. Allerdings kann hier auf die zweite Transistorstufe verzichtet werden. Ein Ansteigen der Temperatur führt hier zu einem Anstieg der Basisspannung von T1. Ab einem bestimmten Temperaturwert wird T1 damit leitend. Der genaue Wert dieser Schwelle kann wieder am Potentiometer eingestellt werden. Sobald T1 leitend wird, erhält der Steuereingang „E“ des Relaismoduls eine positive Spannung. Das Relais schaltet damit vom Ruhezustand in den aktiven Zustand um. Damit wird der Lastkreis geschlossen und der Ventilator startet. Sobald die Temperatur abfällt, beginnt der umgekehrte Vorgang. Die erwünschte Schaltschwelle wird hier durch das Relais gewährleistet, da dieses technisch bedingt nur die Zustände „Ein“ oder „Aus“ annehmen kann.

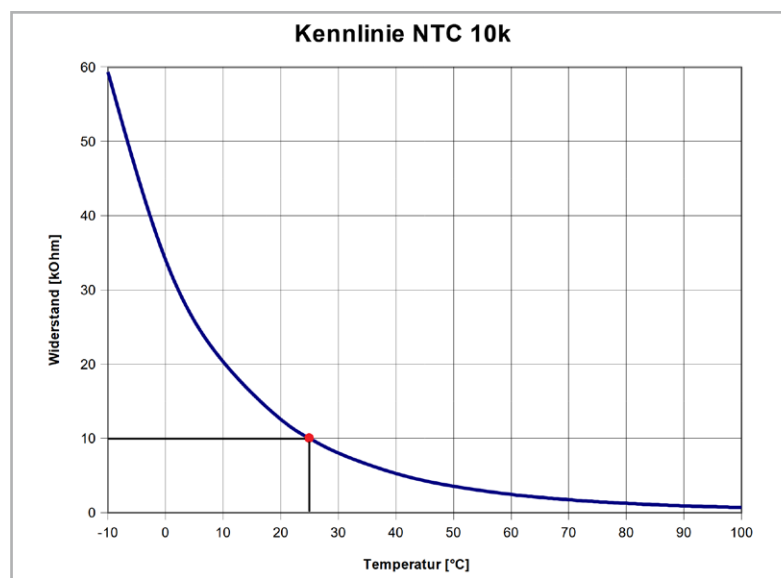


Bild 4: Kennlinie des NTC 10k

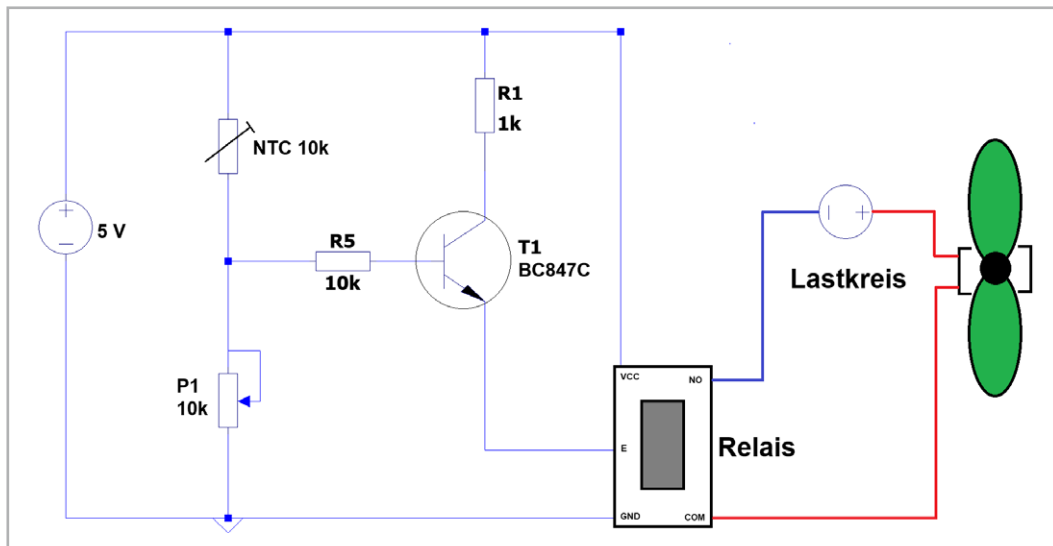


Bild 5: Temperaturschalter

Die Schaltung ist auch als Brandmelder geeignet. Häufig werden Brände über den entstehenden Rauch detektiert. Aber auch die Temperatur ist ein wichtiger Hinweis auf einen entstehenden Brand. Besonders in Silo-Anlagen kann eine erhöhte Temperatur auf einen sich anbahnenden Brand hindeuten. Hier hat die Temperaturmessung sogar den Vorteil, dass man einen Brand verhindern kann. Während bei einem Rauchmelder bereits Feuer und Rauch vorhanden sein müssen, um einen Alarm auszulösen, kann

bei einem Temperaturmelder bereits ab ca. 50 °C ein Alarm ausgelöst werden. Der Betreiber der Silo-Anlage erhält somit eine Warnung, bevor es zum Ausbruch eines Feuers kommt. Im Idealfall können dann sogar noch Gegenmaßnahmen ergriffen und größere Schäden vermieden werden.

Auch in elektrischen Anlagen oder bei Motoren in Kraftfahrzeugen sind exakt eingestellte Temperaturmelder sehr nützlich. So können in einem Auto oft größere Motorschäden verhindert werden, wenn man den Motor abstellt, sobald eine Übertemperaturanzeige aufleuchtet. In vielen Fällen ist ein Mangel an Schmiermitteln die Ursache. Durch

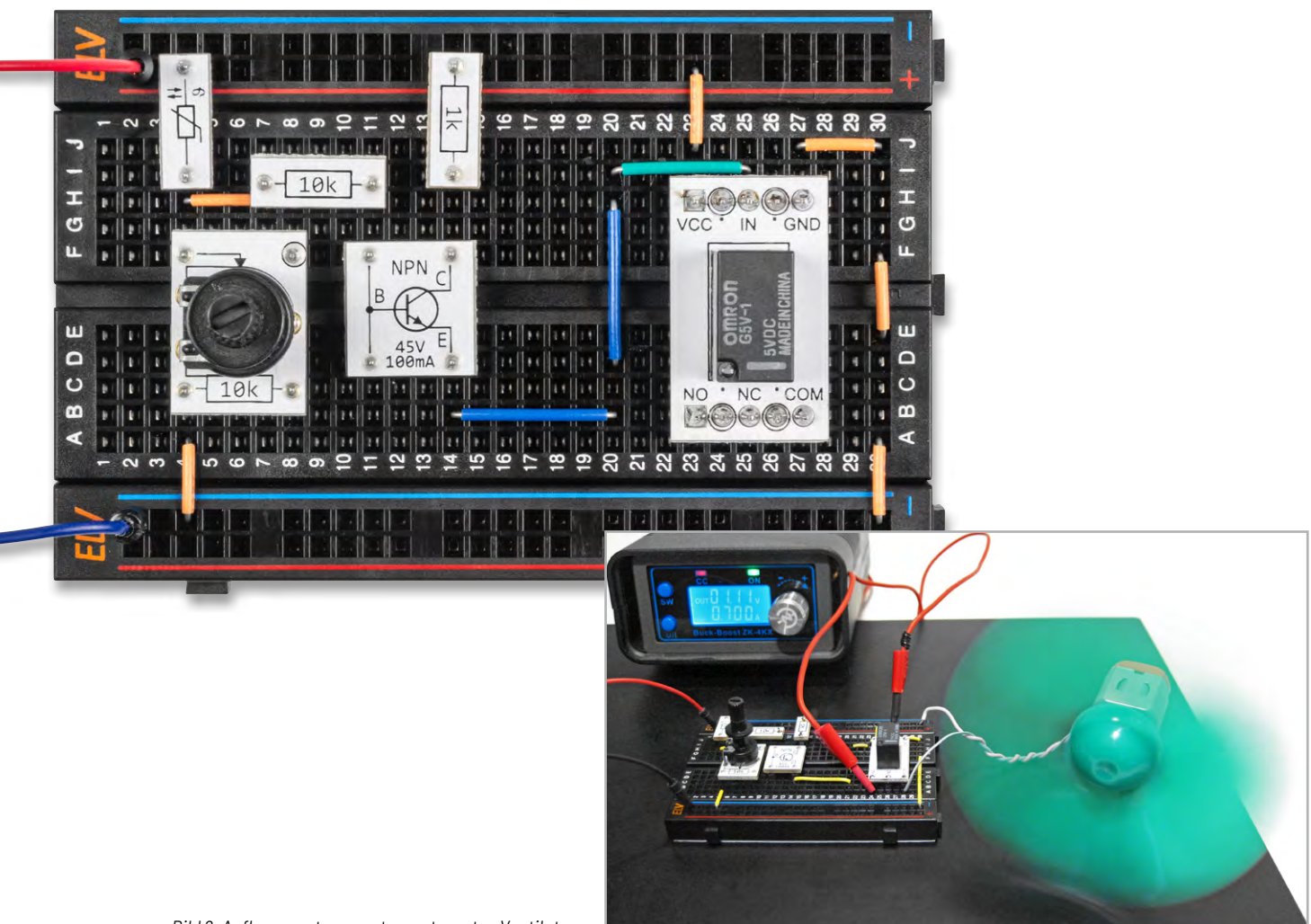


Bild 6: Aufbau zum temperaturgesteuerten Ventilator

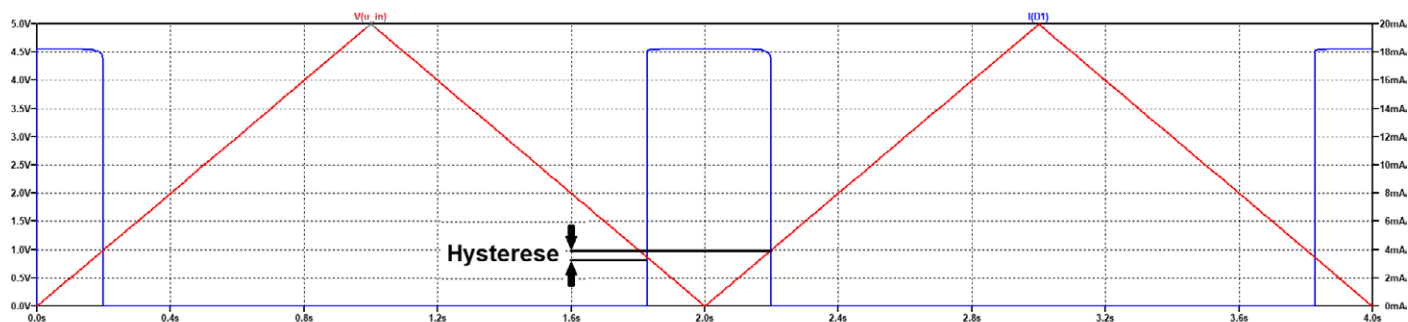


Bild 7: Schaltschwellen des Frostwächters

rechtzeitiges Nachfüllen von Motor- oder Getriebeöl nimmt der Motor dann keinen Schaden, wenn die Übertemperaturanzeige beachtet wird.

Bild 6 zeigt einen Temperaturwächter. Der Transistor steuert hier ein Relais, das wiederum einen Ventilator in Gang setzt. Die Schwellentemperatur kann, genau wie beim Frostwächter, über das Potentiometer eingestellt werden. Die Schaltung ist z. B. in der Lage, in einem Fahrzeug den Kühlerventilator zu aktivieren. Aber auch in einem Computer oder einem Netzgerät können so Ventilatoren temperaturabhängig geschaltet werden.

Natürlich kann man den Aufbau auch nutzen, um sich im Sommer automatisch Kühlung zu verschaffen, sobald die Zimmertemperatur z. B. 24 °C überschreitet.

Bild 6 zeigt, dass das Relais problemlos 0,7 W (1 V x 0,7 A) schaltet. Die maximale Schaltleistung ist mit 30 V/1 A angegeben, damit lassen sich auch größere Lasten bis 30 W steuern.

## Schaltswelle und Hysterese

Beim Frostmelder spielen zwei Größen eine wichtige Rolle: die Schwellenwert und die sogenannte Hysterese. Beide sind wichtige Konzepte in der Regelungstechnik und Elektronik, insbesondere bei der Steuerung von Sensoren und Aktoren:

1. Die **Schaltswelle** ist der Wert, bei dem ein bestimmtes Ereignis ausgelöst wird. In der Regelungstechnik bezieht sich die Schwellenwert auf den Punkt, an dem ein System von einem Zustand in einen anderen übergeht. Dies kann zum Beispiel der Punkt sein, an dem ein Heizsystem eingeschaltet wird, wenn die Temperatur unter einen bestimmten Wert fällt, oder der Punkt, an dem ein Alarmsystem aktiviert wird, wenn ein Sensor einen kritischen Wert misst. Die Schwellenwert ist also der Schwellenwert, der definiert, wann eine Aktion ausgelöst wird.
2. **Hysterese** ist ein Konzept, das die Abhängigkeit des Systems von seinem vorherigen Zustand beschreibt. In einfachen Worten bedeutet dies, dass die Reaktion des Systems auf eine Änderung nicht nur vom aktuellen Wert abhängt, sondern auch davon, welchen Zustand es vorher hatte. Hysterese führt dazu, dass das System gewissermaßen träge wird und nicht unmittelbar auf Änderungen reagiert. Dies kann in vielen Systemen erwünscht sein, um instabiles oder „flackerndes“ Verhalten zu vermeiden.

Ein bekanntes Beispiel für Hysterese ist ein Thermostat in einem Raumheizungssystem. Die Heizung schaltet sich ein, wenn die Temperatur unter die untere Schwellenwert fällt, aber sie schaltet sich nicht sofort aus, wenn die Temperatur wieder über die Schwellenwert steigt. Stattdessen bleibt die Heizung eingeschaltet, bis die Temperatur einen höheren Wert erreicht, der über der Schwellenwert plus der Hysterese liegt. Dadurch wird vermieden, dass die Heizung ständig ein- und ausschaltet, wenn die Temperatur nahe der Schwellenwert schwankt.

In der Schaltung nach Bild 2 wird die LED ebenfalls mit einer gewissen Hysterese umgeschaltet. Damit wird vermieden, dass die LED in

der Nähe der Null-Grad-Marke unkontrolliert flackert. Bild 7 verdeutlicht dieses Verhalten. Das Einschalten der LED (blaue Kurve) erfolgt bei einer etwas höheren Eingangsspannung (rote Kurve) als das Ausschalten. Die Spannungsdifferenz wird als Hysterese bezeichnet.

## Experimente und Anregungen

- In welchen Grenzen lässt sich die Schalttemperatur des Frostwächters bzw. des Temperaturschalters variieren?
- Wie groß ist die Hysterese in der Schaltung anhand Bild 2?
- Wie könnte man die Hysterese verändern?
- Wie kann man aus dem temperaturgesteuerten Ventilator eine Heizungsregelung bauen?
- Was muss geändert werden, damit die Heizung bei abnehmender Temperatur ein- und nicht ausgeschaltet wird?

## Ausblick

Mit einem NTC können Temperaturen erfasst und ausgewertet werden. Damit lassen sich wichtige und interessante Geräte wie Feuermelder oder Frostwarngeräte aufbauen. Zusammen mit den in Teil 6 vorgestellten optischen Sensoren ist der Anwender nun in der Lage, verschiedene Umwelteinflüsse zu erfassen und gegebenenfalls zu kontrollieren.

Neben den Sensoren sind Oszillatoren wichtige Grundeinheiten in der Elektronik. Oftmals werden sie von Sensoren gesteuert, sodass etwa eine variable Frequenz entsteht, die dann von einem digitalen Messsystem erfasst werden kann. Eine besondere Variante von Oszillatoren wird auch in der elektronischen Musikerzeugung eingesetzt. Prinzipiell hat man mit einem steuerbaren Oszillator bereits die wichtigste Komponente eines Synthesizers vor sich. Im nächsten Teil der Artikelserie wird diese Variante in Form einer elektronischen Miniorgel näher betrachtet. **ELV**

Kleiner Elektromotor, z. B. Velleman  
 DC-Motor, 3 VDC, 300 mA Artikel-Nr. [109081](#)  
 Breadboard Artikel-Nr. [251467](#)  
 Transistoren, Relais und NTC sind  
 im Set PAD-PRO-EXSB enthalten Artikel-Nr. [158980](#)