

Mit Thermosäule oder Wärmebild

Die Körpertemperatur lässt sich auf verschiedene Weisen kontrollieren. Vor allem die Rahmenbedingungen bestimmen dabei, wie verlässlich die Messung ist.

Michael Vogel



Die Handgepäckkontrolle am Flughafen ist eine gute Gelegenheit, um die Körpertemperatur mit einer Wärmebildkamera zu untersuchen.

Um die Ausbreitung eines gefährlichen Erregers einzudämmen, gilt es beispielsweise am Flughafen, Personen mit Fieber zu erkennen und zu isolieren. Anders als im privaten Umfeld oder beim Arzt, wo die Temperaturkontrolle mittels Fieberthermometer üblich ist, braucht es dazu automatisierte Lösungen. Im Zuge der Corona-Pandemie gibt es in Deutschland Überlegungen, entsprechende Systeme zu installieren – etwa auch beim Einlass in öffentliche Gebäude oder Fabriken. Weil in der Europäischen Union medizinische Daten besonders zu schützen sind, ist in jedem Einzelfall die rechtliche Grundlage des automatisierten Monitorings zu prüfen. Technisch betrachtet ist das Messen der Körpertemperatur einfach umsetzbar. Zwei Typen von Sensoren erlauben es, mit Körperkontakt bzw. in Körpfernähe zu messen oder aus größerem Abstand.

Das klassische Fieberthermometer ist ein metallischer Messfühler. Er-

wärmt sich der Fühler bei Körperkontakt, steigt eine Flüssigkeit in einem dünnen Glasrohr durch thermische Ausdehnung an. Ursprünglich handelte es sich dabei um Quecksilber, das allerdings inzwischen verboten ist. Heutzutage beherrschen digitale Modelle den Markt, welche in ihrer Messspitze einen temperaturabhängigen Widerstand nutzen: einen NTC („negative temperature coefficient“). Dieser leitet aufgrund seines negativen Temperaturkoeffizienten den elektrischen Strom bei höheren Temperaturen besser. Die Kennlinie

ist zwar nicht linear; im engen Messbereich für die Körpertemperatur bereitet dies aber keine Probleme, zumal ein NTC sehr empfindlich reagiert. Als Materialien finden vor allem Metalloxide Verwendung.

Mit solchen Thermometern ist die Temperatur an verschiedenen Körperstellen messbar: rektal, in der Achselhöhle oder unter der Zunge (Abb. 1). Geeignete Kennlinien korrigieren, dass die Temperatur im Körperinnern höher ist als an den Messpunkten. Laut medizinischer Studien eignen sich weder Achselhöhle noch Mund, um Fieber zuverlässig zu messen: An beiden Stellen ist es schwierig, die korrekte Position der Thermometerspitze über die gesamte Messdauer beizubehalten. Das gelingt bei der rektalen Messung wesentlich zuverlässiger. Am bequemsten ist es, die Temperatur mit einem digitalen Ohr- oder Stirnthermometer zu ermitteln. Zwar leidet auch hier die Zuverlässigkeit, doch für den Hausgebrauch sind die Werte ausreichend verlässlich.

Die meisten dieser Thermometer arbeiten mit einer Thermosäule in ihrer Messspitze, also mehreren Thermoelementen, die thermisch parallel und elektrisch in Reihe geschaltet sind. Dadurch addieren sich die sehr geringen Thermospannungen auf, und die Spannung für die Signalverarbeitung fällt höher aus. Solche Sensoren gibt es bereits als Komplettsystem in einem Gehäuse. Bei der Messung verursacht nicht der Mess-

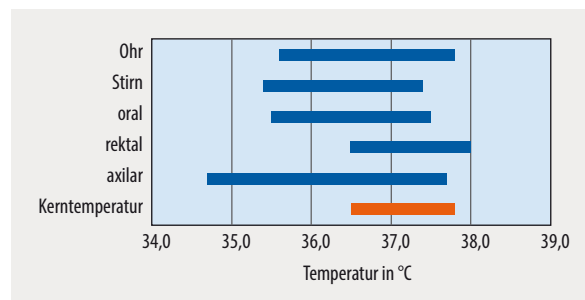


Abb. 1 Die Kerntemperatur des Körpers variiert von Mensch zu Mensch und schwankt im Laufe des Tages (orange). Das Ergebnis einer Temperaturmessung hängt vom Ort und der Ausführung ab (blau).

fehler des Sensors die größte Unsicherheit, sondern der systematische Fehler, den störende äußere Einflüsse verursachen oder der durch falsches Halten des Thermometers zustandekommt. Beispielsweise ist bei der Messung im Ohr die Temperatur des Trommelfells maßgeblich. Daher darf der Sensor ausschließlich das Trommelfell „sehen“ – und nicht einen Teil des Gehörgangs, der eine niedrigere Temperatur aufweist. Bei der kontaktlosen Stirnmessung führt etwa die Umgebungstemperatur oder die Verdunstungskälte durch Schweiß auf der Stirn zu systematisch falschen Messungen. Manche Stirnthermometer arbeiten mit Sensoren, die neben der Thermosäule einen NTC-Widerstand nutzen, um parallel zur Fiebermessung die Umgebungstemperatur zu kontrollieren. Entscheidend ist aber auch, dass sich der Patient bereits akklimatisiert hat.

Per Bild zur Temperatur

Die bisher beschriebenen Thermometer dienen unmittelbar der Fiebermessung und besitzen eine medizinische Zulassung. Strahlungsthermometer wie Wärmebildkameras liefern dagegen meist nur Hinweise auf eine relativ erhöhte Körpertemperatur und keine Absolutwerte. Daher kommen sie typischerweise bei der automatisierten Kontrolle vieler Menschen in möglichst kurzer Zeit zum Einsatz.

Die Kontrolle der Körpertemperatur ist eine eher nachrangige Anwendung von Wärmebildkameras, die in

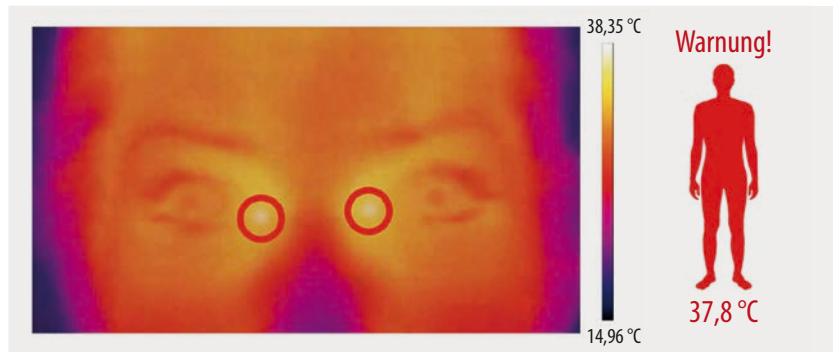


Abb. 2 Die Wärmebildkamera erfasst das Gesicht der Person. Der Abgleich mit einem Referenzstandard erlaubt es, die Temperatur an der wärmeintensivsten Stelle im Gesicht zu bestimmen (rote Kreise). Diese entspricht der tatsächlichen Körpertemperatur.

erster Linie dazu dienen, Kältebrücken an Gebäuden aufzuspüren oder Flächen zu überwachen, auf denen leicht brennbare Materialien lagern. Empfindlich reagieren solche Kameras auf Wellenlängen im mittleren und langwelligen Infrarot, also zwischen 2 und 14 μm . Um mit ihnen die Körpertemperatur zu kontrollieren, sind sie mit einer Matrix aus Mikrobolometern als Bildsensoren ausgestattet. Trifft Infrarotstrahlung auf diese – häufig siliziumbasierten – Mikrobolometer, ändert sich deren elektrischer Widerstand durch die Absorption der Strahlung. Aus den Signalen entsteht ein farbcodiertes Bild: Das Wärmebild einer Person mit erhöhter Körpertemperatur unterscheidet sich deutlich von demjenigen einer gesunden Person.

Für gewöhnlich sind solche Systeme stationär installiert, und die Kontrollpersonen treten einzeln in wenigen Metern Abstand vor die Kamera. Die Distanz gibt das verwendete

Objektiv vor. Besonders die Augenpartie an der nasenzugewandten Seite eignet sich für solche Kontrollen (**Abb. 2**): Dort ist mit der Bindehaut die Schleimhaut der Augenhöhle relativ großflächig zu sehen. Um die Messung nicht zu verfälschen, muss das Gesicht unbedeckt bleiben; auch Brillen würden stören.

Mit relativ wenig Aufwand lassen sich auf diese Weise Personen identifizieren, deren Körpertemperatur genauer kontrolliert werden sollte. Erst diese anschließende Fiebermessung mit einem Thermometer zeigt, ob tatsächlich eine akute Erkrankung das auffällige Wärmebild verursacht hat. Manchmal hat dieses auch ganz triviale Ursachen, beispielsweise wenn ein Passagier versucht hat, seinen Anschlussflug noch zu erreichen – und vom Rennen überhitzt ist.^{#)}

^{#)} Ich danke Thomas Strobel von der Beurer GmbH, Ulm, und Roland Elsässer von der Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, für hilfreiche Erläuterungen.

MBE KOMPONENTEN | DR. EBERL

- Compact research MBE system with small footprint; low energy and liquid nitrogen consumption
- Applications: II-VI, III-V, IV-IV, metals, magnetic materials, topological insulators, nanowire growth, oxides, organics
- 9 source ports: effusion cells, e-beam evaporators, etc.
- Substrate: flag-style plate 10x10 mm² or wafer $\leq 2''$
- UHV pumping system: base pressure $< 5 \times 10^{-11}$ mbar
- Stainless steel LN2 cooling shroud
- In-situ monitoring

