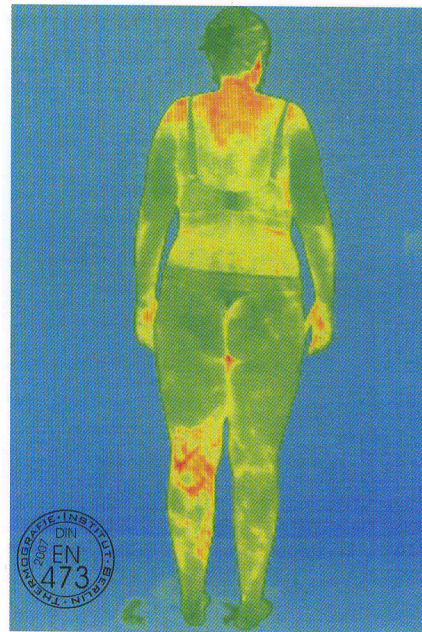


**Abb. 13.** Gesunder Pferdehuf (oben) sowie kranker Pferdehuf (unten) mit Nekrose (mit frdl. Genehmigung Thomas Zimmermann, Thermographieinstitut Berlin).



**Abb. 14.** Durchblutungsstörung im Bereich des linken Knies aufgrund einer Thrombose (mit frdl. Genehmigung Thomas Zimmermann, Thermographieinstitut Berlin).

turkontrolle bei Halbleiterlasern für die Telekommunikation entwickelt. Solche miniaturisierten Peltierelemente (Abb. 12) sind durch die typischen Vorteile von Mikrosystemen, wie schnelle Ansprechzeiten und kleine Flächen gepaart mit einem hohen Wirkungsgrad in der Energiewandlung charakterisiert.

Von der Infineon Technologies AG und dem Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik wurde eine neue Generation von thermoelektrischen Komponenten entwickelt [16]. Die Mikropeltierkühler (MicroPelt) sind durch hohe Kühlleistungsdichten  $> 100\text{W}/\text{cm}^2$ , erreichbare Temperaturdifferenzen von  $> 40\text{K}$  und Ansprechzeiten in der Größenordnung von  $10\text{ms}$  charakterisiert [17, 18]. Abbildung 12 unten zeigt die Kühlung durch das Peltierelement von einer Ausgangstemperatur von  $67,6^\circ\text{C}$  auf  $51,1^\circ\text{C}$ . Um den Zusammenhang zwischen den Ansteuerparametern und den erzielten Temperaturen zu untersuchen, wurden die Peltierelemente mit einer rechteck- bzw. treppenförmigen Modulation der Betriebsspannung angesteuert.

- Anwendungen in der Human- und Tiermedizin

Thermographische Verfahren haben mittlerweile auch Einzug in die Veterinär- und Humanmedizin gehalten (siehe z. B. [19]). Abbildung 13 zeigt als Beispiel den Vergleich eines gesunden Pferdehufs mit einem kranken Huf, bei dem sich durch lokales Absterben (Nekrose) die Hufkapsel von der Lederhaut gelöst hat. Diese als Hufrehe bezeichnete Krankheit ist bei Wildpferden unbekannt und tritt gelegentlich bei Sportpferden auf. Sie hat durch die Entzündung eine eindeutige thermische Signatur, deshalb kann eine solche IR-Aufnahme einen Hinweis auf eine mögliche Nekrose geben, was dann durch weitere Untersuchungen bestätigt werden sollte. Man vermutet als Ursache Überbelastungen bzw. lokale Stoffwechselstörungen.

Obwohl es viele erfolgreiche Untersuchungen zum Einsatz von Thermographie in der Tiermedizin gibt, hat sich die

Methode nur im Bereich des Pferdesports etablieren können. Thermographieaufnahmen eignen sich übrigens auch zur Dopingkontrolle an Reitpferden. Aufgetragene Substanzen haben bekannte thermische Signaturen (Erwärmung oder auch Abkühlung) (private Mitteilung T. Zimmermann, siehe [19]). Offensichtlich hätten einige Ereignisse bei der Olympiade in Peking vermieden werden können, wenn jedem Reiter bewusst gewesen wäre, dass solche Untersuchungen prinzipiell auch aus der Ferne möglich und Doping-Versuche daher zwecklos sind.

Als abschließendes Beispiel zeigt Abbildung 14 eine Durchblutungsstörung bei einer Frau im linken Kniebereich. Ursache ist eine Thrombose, also eine Gefäßerkrankung, bei der sich Blutgerinnsel in Gefäßen bilden. Thrombosen, am häufigsten sind solche in den Venen des Beinbereichs, können durch Ablagerungen zu einer Verengung der Venen führen, was gefährliche Durchblutungsstörungen bis hin zum Gefäßverschluss zur Folge haben kann. Die Thermographie bietet sich aufgrund der eindeutigen thermischen Signatur als diagnostische Methode an. Sinnvoll ist auch der Einsatz in der Mammographie. Allerdings erfordert die Durchführung solcher Untersuchungen vorgegebene Standardbedingungen, was – um thermische Gleichgewichtsbedingungen mit der Umgebung zu realisieren – auch zeitaufwendig ist. In Deutschland wird Thermographie – abgesehen von Forschungszwecken – bislang noch selten medizinisch genutzt, es gibt allerdings vermehrt kleine Fachtagungen. In anderen Ländern wie Brasilien und den USA ist sie weiter verbreitet [20, 21].

**Ausblick**

Thermographie ist eine äußerst vielseitige Analysemethode, die in vielen verschiedenen Bereichen der Wissenschaft und Technik erfolgreich eingesetzt wird. Bei der heutigen rasanten Entwicklung im Bereich der Mikrosystemtechnik ist zu erwarten, dass es auch in Zukunft viele qualitative und