

# Was leistet die Computer Regulations- Thermographie / CRT-

-J. Paul-



## 1. EINLEITUNG

Diese in der Medizin relativ neue diagnostische (Methode 30 Jahre) basiert auf einer grundlegenden Eigenschaft aller warmblütigen Lebewesen, der Fähigkeit, alle Körpertemperaturen selbst und aktiv zu regeln. Um die obige Frage eingehender zu beantworten, muss daher zunächst einmal erläutert werden, was überhaupt unter Thermoregulation zu verstehen ist.

In stammesgeschichtlicher Hinsicht gehört der Mensch zu den Säugetieren, einem der jüngsten der Evolution. Vom Standpunkt des Energiehaushaltes unterscheidet man zwei Arten von Lebewesen, die poikilothermen, d.h. wechselwarmen Tiere und die Warmblüter, die als homoiotherm bezeichnet werden. Zur letzten Gruppe gehören nur die am weitesten entwickelten Wirbeltiere, die Vögel und die Säugetiere und damit natürlich auch der Mensch. Die Warmblütigkeit bietet gegenüber der Poikilothermie den Vorteil

einer größeren Anpassungsfähigkeit an unkomfortable Temperaturmilieus, d.h. die Mobilität und Aktionsfähigkeit bleibt erhalten. Wechselwarme Lebewesen regeln ihre Körpertemperatur durch bestimmte Verhaltensweisen, z.B. durch das Aufsuchen einer anderen, angenehmeren thermischen Umgebung. Die Warmblüter hingegen besitzen ein komplexes System von Regelkreisen, welches die Körpertemperatur immer nahezu konstant auf einem Wert hält, der weit über der Umgebungstemperatur liegen kann. Sie sind daher unabhängiger von ihrer jeweiligen Umgebung und nicht in dem Masse wie wechselwarme Tiere auf Verhaltensregelung angewiesen. Die Entwicklung homoiothermer Lebewesen und ihrer komplexen Regulationsmechanismen kann daher als eine weitere „Großleistung“ der Evolution nach Erreichung der Unabhängigkeit von Wasser als Lebensraum angesehen werden.

---

## 2. BIOPHYSIKALISCHE ASPEKTE DER THERMOREGULATION

Eine grundlegende Eigenschaft von Wärme, die physikalisch als Energieform begriffen wird, besteht darin, dass sie immer vom wärmeren, also energiereicheren Körper zum kälteren fließt und niemals umgekehrt. Des weiteren entsteht sie immer dann, gewissermaßen als Abfallprodukt, wenn eine Energieform in eine andere umgewandelt wird. Permanent ablaufende Umwandlungen von verschiedensten Energieformen ineinander mit dem Zweck der Selbsterhaltung, Entfaltung und Regeneration ist eine Grundeigenschaft allen Lebens. Katabole, d.h. abbauende und aufbauende, sogenannte anabole biochemische Prozesse laufen hier ständig miteinander wechselwirkend und gleichzeitig ab. Ein Organismus wird seine ganze Lebensspanne über permanent von Energieströmen durchflossen, er tauscht über Atmung, Nahrungsaufnahme, Ausscheidung und seine physische Bewegung dauernd Energie mit seiner Umgebung aus. Ein Muskel z.B. wandelt in Form von Glucose und Sauerstoff vorliegende chemische Energie über eine Art Verbrennungsprozess in mechanische Bewegungsenergie um. Diese Umwandlung gelingt nie vollständig, da als zweite Energieform

Wärme immer mitentsteht. Da ein Muskel, genau wie andere Organe auch, zur effektiven Erfüllung seiner Aufgaben eine bestimmte 'Arbeitstemperatur' benötigt, muss die überschüssige Wärme abgeführt werden, damit eine Überhitzung des Organs vermieden wird. Normalerweise sind die Arbeitstemperaturen der menschlichen Organe und Zellsysteme jedoch wesentlich höher als die Umgebungstemperatur des Körpers. Durch dieses Temperaturgefälle entsteht ein permanenter Wärmeenergiestrom aus dem Körper heraus, der bei zu niedrigen Umgebungstemperaturen zu einer Auskühlung des Organismus führen würde, wenn dieser nicht über verschiedene Möglichkeiten verfügen würde, regelnd auf diesen Wärmeverluststrom einzuwirken. Im menschlichen Organismus existieren zwei verschiedene Arten des internen Wärmetransports und vier Mechanismen zur Wärmeabgabe an die Umgebung. Wärmetransport im inneren des Körpers geschieht zunächst dadurch, dass die verschiedenen Gewebearten miteinander in physischer Berührung sind, wodurch sich Wärme gleichmäßig im Organismus ausbreiten kann. Man nennt dies Gewebeleitung. Ein weitaus größerer Teil der inneren Wärme

wird beim Transport von Materie mittransportiert.

Die wichtigste Rolle spielt hierbei der Blutkreislauf. So gelangt z.B. warmes Blut aus den inneren Organen über den Kreislauf in die Hautblutgefäße, wo es Wärmeenergie an das Hautgewebe abgibt und somit die Haut, die Grenze zur Umgebung, erwärmt. Die Wärmeabgabe von der Haut an die Umgebung geschieht einerseits über elektromagnetische Strahlung, die sog. Wärme- oder Infrarotstrahlung, andererseits über den Berührungskontakt mit der umgebenden Luft und über die Konvektion genannte Bewegung der Luft.

Produziert der Körper soviel Wärme, dass dies zu einer Erhöhung der Körpertemperatur führen würde, z.B. bei physischer Arbeit oder sportlichen Tätigkeiten, oder ist die Umgebungstemperatur hoch, z.B. in tropischem Klima, dann wird die Schweißsekretion in Gang gesetzt, die die überschüssige Wärmeenergie über die Verdunstung von Wasser auf der Hautoberfläche an die Umgebung abgibt. Der Wärmeenergiestrom vom Körper an die Umgebung ist umso größer, je größer das Temperaturgefälle zwischen Hautoberfläche und der umgebenden Luft ist.

Der Mensch als homoiothermes Lebewesen besitzt die Fähigkeit bei zu niedrigen Umgebungstemperaturen, also bei grossem Temperaturgefälle, die Blutzirkulation in der Haut zu reduzieren.

Über den sympathischen Teil des vegetativen Nervensystems gesteuert verengen sich die Hautblutgefäße, so dass die, die Haut passierende Blutmenge reduziert wird und daher weniger Wärme an die Haut abgibt. Als Folge davon sinkt allmählich die Hauttemperatur und nähert sich der Umgebungstemperatur an, das den Wärmetransport antreibende Temperaturgefälle wird daher kleiner und somit auch der Wärmeverlust selbst. Man kann daher die Haut als einen variablen Wärmeisolator begreifen, der, über die periphere Blutzirkulation vom vegetativen Nervensystem gesteuert, je nach Umgebungsbedingungen mal starke und mal weniger stark isolierende Eigenschaften besitzt. Aufgrund dieser Anpassungsleistungen der Haut an die Umgebung kann die Temperatur des Körperinneren konstant gehalten werden.

Wichtig im Hinblick auf die Diagnosemethode ist die sogenannte thermische Neutralität.

Der menschliche Körper befindet sich genau dann in einer thermisch neutralen Umgebung, wenn er keine aktiven Massnahmen zur Isolation oder Schweißsekretion unternehmen muss, um seine Kerntemperatur konstant zu halten. Für einen unbedeckten menschlichen Körper ist dies bei einer Umgebungstemperatur zwischen 28°C und 30°C der Fall. Die Kerntemperatur liegt dann ein wenig unterhalb 37°C und die gemittelte Hauttemperatur pendelt sich bei etwa 33.5°C ein. Für eine zusätzliche Isolation des Körpers durch leichte Bekleidung und das darunter befindliche Luftpolster ergibt sich thermische Neutralität bei einer Umgebungstemperatur zwischen 20°C und 23°C. Dies entspricht genau den Bedingungen für eine Computer Regulations-Thermographie. Ein Ablegen der leichten Bekleidung in obigem Klima bedeutet ein Verlassen der thermischen Neutralität, einen Kaltreiz, der den Organismus dazu auffordert, über eine Reduktion der Hautdurchblutung die Hauttemperaturen zu senken und somit dem Wärmeverlust entgegenzuwirken. Eine diagnostische Bewertung ergibt sich daraus, inwieweit der Organismus zu diesen Gegenmaßnahmen in der Lage ist. Die Computer Regulations-Thermographie erstellt also kein statisches Wärmeprofil des Körpers wie etwa eine Infrarotaufnahme, sondern ein dynamisches Profil der Reaktionsfähigkeit des Organismus. Sie ist daher streng genommen ein sehr patientenfreundlicher Belastungstest, ähnlich einem Belastungs- EKG, jedoch ganzheitlicher, und erlaubt daher weitreichendere Aussagen.

### **3. DIE PHYSIOLOGIE DER THERMO-REGULATION**

Die Aussagefähigkeit der Methode basiert darauf, dass das Thermoregulationssystem nicht unabhängig von anderen Regelsystemen im Organismus arbeitet, sondern mit diesen stark gekoppelt, bzw. vernetzt ist. Es stellt somit nur einen kleinen, dennoch wesentlichen Teil der Regulationssysteme aller Stoffwechselforgänge dar, die sich gegenseitig beeinflussen. Man kann Aufbau und Funktionsweise des Thermoregulationssystems von drei verschiedenen Standpunkten aus betrachten: dem vertikalen Aufbau des Thermoregulationssystems, dem horizontalen Aufbau und der Vernetzung mit den anderen Regelsystemen des Organismus, was in dieser Reihenfolge übersichtsartig geschehen soll.

### 3.1 Vertikaler Aufbau und Funktion des Thermoregulationssystems

Die Haut ist mit wärme- und kälteempfindlichen Sensoren ausgestattet, die ihre Informationen über das Nervensystem weiterleiten. Auch das Körperinnere besitzt temperaturempfindliche Sensoren, spezielle Nervenzellen, die im wesentlichen im Gehirn und im Rückenmark sitzen. Die sogenannte 'Temperaturregelzentrale' liegt gut geschützt mitten im Gehirn, in einem Bereich, der Hypothalamus genannt wird. Wird nun der Organismus einem Kaltreiz ausgesetzt, dann gelangen die Informationen über die neue Umgebungstemperatur aus der Haut zum Hypothalamus, der direkt mit dem vegetativen Nervensystem verbunden ist und über den sympathischen Teil Gegenmaßnahmen einleitet. Folge: Die Hautblutgefäße werden zur Verengung angeregt.

Zusätzlich sorgt der Hypothalamus dafür, dass sich die Blutgefäße in der unter der Haut liegenden Muskelschicht erweitern. Die Muskeln werden also anders als die Haut mit mehr Blut und daher mit mehr Nährstoffen und Sauerstoff versorgt. Sie werden durch diese Energiebereitstellung auf eine eventuell bevorstehende Aktion vorbereitet. Hält der Kaltreiz an, dann beginnen die Muskeln auch ohne willentliche Kontrolle zu arbeiten, um zusätzlich Wärme zu produzieren. Dies ist das wohlbekanntere Frösteln oder Kältezittern. Des Weiteren wird in der Nebennierenrinde vermehrt das Hormon Adrenalin in den Blutkreislauf ausgeschüttet, das u.a. eine leichte Erhöhung des Pulses und eine Weitung der Lungenflügel bewirkt, um den Muskeln zu vergrößern.

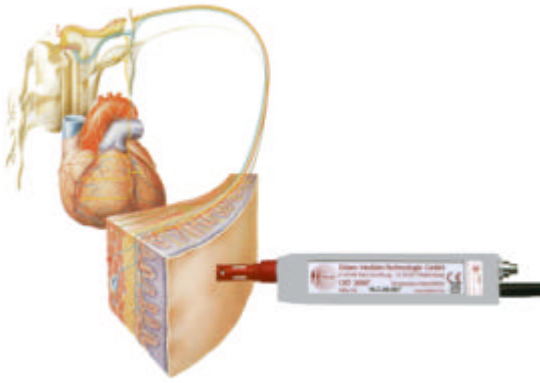
Der Hypothalamus ist mit vielen anderen Bereichen des Gehirns verbunden, so auch mit Zentren, die den Wach-Schlaf-Rhythmus regeln. Hier sorgt er bei einem Kaltreiz dafür, dass die Aufmerksamkeit, bzw. Wachheit der Großhirnrinde steigt, eine im Grunde genommen alltägliche Erfahrung, die jedermann morgens unter einer kalten Dusche machen kann. Über das vegetative Nervensystem wirkt er noch dämpfend auf die Verdauungstätigkeit ein.

Betrachtet man diese Reaktionen in ihrer Gesamtheit, dann muss der Schluss gezogen werden, dass alle inneren Massnahmen

darauf abzielen, nicht nur den Wärmeverluststrom durch die Haut zu reduzieren, sondern auch den gesamten Organismus auf eine unmittelbar bevorstehende Aktion vorzubereiten. Zugunsten dieser Massnahmen werden anabole, d.h. aufbauende Prozesse, die auch Energie benötigen, reduziert. Die Energiespeicher in den Muskeln und der Leber werden aufgrund einer eventuell notwendigen körperlichen Aktion geleert. Man nennt dieses energiebereitstellende Verhalten des Organismus auch ergotropes Verhalten. Aus den psychologischen Wissenschaften ist bekannt, dass diese physiologischen Vorgänge im Organismus nicht nur bei einem einfachen Kaltreiz auftreten, sondern auch dann, wenn eine akute physische oder seelisch empfundene Bedrohung vorliegt. Man nennt diese Reaktion, die auch bei Tieren auftritt, den Flucht-Angriffs-Reflex.

### 3.2 Der horizontale Aufbau des Thermoregulationssystems.

Eine sehr wichtige Grundvoraussetzung für die Möglichkeit einer detaillierteren Thermoregulationsdiagnostik ergibt sich aus der Tatsache, dass die sensorischen und steuernden Nervenfasern nicht nur über die Zwischenstation Gehirn miteinander verbunden sind, sondern auch auf sogenannte Körpersegmente bezogene, Reflexkreise genannte, direkte Verbindungen besitzen. Der menschliche Körper hat mit allen äußerlich zweiseitig symmetrischen Tieren eine horizontale Gliederung in sogenannte Segmente gemeinsam. Gegenüber z.B. den Regenwürmern oder den zu den Reptilien gehörenden Schlangen ist diese Gliederung nicht mehr so regelmäßig, das entwicklungs-geschichtlich als auch funktionalen Gesichtspunkten nachweisbar. Zu einem Segment gehören vier verschiedene Gewebebereiche, die sowohl sensorisch und steuernd, als auch vegetativ von Nervenfasern erreicht werden, die alle aus demselben Rückenmarkssegment stammen. Diese vier Gewebebereiche sind der Bereich der inneren Organe, die von einem Segment aus mit Nerven versorgt sind, ein Knochenbereich, ein Bereich der Muskulatur und eine Dermatom genannte Hautzone. Bedingt durch die Verknüpfungen der Nerven im Rückenmark kann jedes Gewebsteil die anderen reflektorisch beeinflussen.



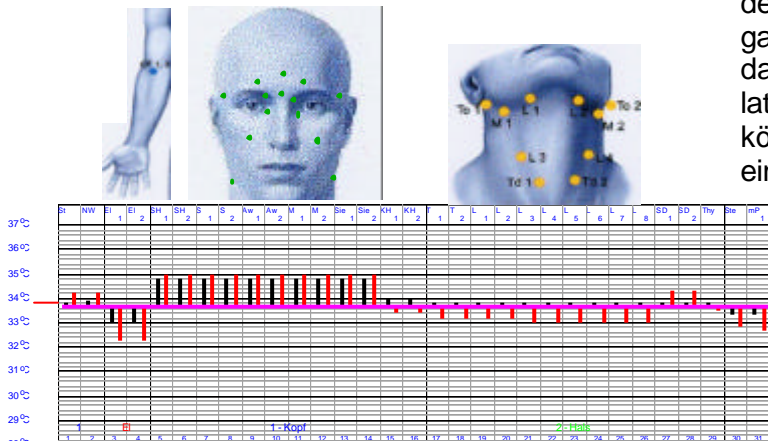
Ein Reflex läuft vom Organbereich zur entsprechenden Hautzone, ein anderer von der Haut zum Organbereich und ein weiterer von der Haut zur entsprechenden Muskelzone, usw. Die vom Dermatome zum Organbereich verlaufenden Reflexe bilden die Grundlage der sogenannten physikalisch-therapeutischen Massnahmen. Sensible Reize auf der Haut wie warme oder kalte Umschläge, Massagen oder Bäder, Akupunktur und elektrische Reizungen, der unter der Haut gelegenen Muskulatur, können Spasmen und andere Funktionsstörungen der segmental zugehörigen inneren Organe günstig beeinflussen. Eine einfache Alltagserfahrung ist z.B. die Tatsache, dass Darmspasmen eines Kindes häufig dann verschwinden, wenn die Mutter ihre warme Hand auf den Bauch des Kindes legt.

Aufgrund einer bestimmten komplizierten Verschaltungsstruktur speziell der sensorischen Nervenfasern im Rückenmark kann andersherum die Funktionsstörung eines inneren Organs eine eingeschränkte thermische Regulationsfähigkeit des zugehörigen Hautareals zur Folge haben. Auf diese Art und Weise kommen die sogenannten Starren im Thermogramm zustande. Die Hauttemperatur kann in einem bestimmten Areal nicht absinken. Physikalisch gesehen stellt eine trotz Kaltreiz unveränderte Hauttemperatur eine ungeminderte Wärmeabstrahlung und somit eine Energieverschwendung dar. Steigt die Temperatur nach dem Kaltreiz sogar an, dann deutet dies darauf hin, dass in dem entsprechenden Organ eine rege Stoffwechselaktivität im Gange ist, die auch durch den Kaltreiz nicht eingeschränkt worden ist, was eigentlich der Fall sein sollte.

### 3.3 Die Vernetzung des Thermoregulationssystems mit anderen Regelsystemen.

Außer den verschiedenen Nervensystemen existieren im Organismus noch andere informationsverarbeitende und informationstransportierende Systeme, so z.B. das hormonelle System, das mit Botenstoffen, den Hormonen arbeitet und den Blutkreislauf als Transportmedium benutzt. Das hormonelle System und die Nervensysteme arbeiten gewissermaßen Hand in Hand miteinander. Eine der wichtigsten Kopplungsstellen beider Systeme ist die Hirnanhangdrüse, die sog. Hypophyse, die unmittelbar unterhalb des Hypothalamus im Schädelinneren sitzt. Wenn der Hypothalamus aufgrund eines Kaltreizes die schon erwähnten Regelungsvorgänge auslöst, dann ist davon auch die Hypophyse betroffen. Die Hypophyse schüttet daraufhin ein Hormon in die Blutbahn aus, das die Schilddrüse zu erhöhter Aktivität veranlasst. Aus diesem Grund zeigen nach einem Kaltreiz die mit der Schilddrüse zusammenhängenden Hautareale normalerweise eine etwas höhere Temperatur als vorher. Die Schilddrüse selbst steigert in diesem Fall die Produktion eigener Hormone und gibt diese auch in die Blutbahn. Sie bewirken in den Mitochondrien genannten sog. Kraftwerken aller Körperzellen eine Bereitstellung von Energieträgerstoffen zur sofortigen Verarbeitung. Hiermit einher geht auch eine erhöhte Aufnahme von Sauerstoff durch Muskel- und Organzellen aus dem Blut. Zusätzlich schüttet die Hirnanhangdrüse ein weiteres Hormon aus, dass in der Nebennierenrinde die Ausschüttung eines Cortisol genannten Hormons und verwandter Hormone in den Blutkreislauf bewirkt. Diese wiederum fördern im gesamten Körper eiweißabbauende Prozesse und hemmen eiweißaufbauende Prozesse. Eiweiße, bzw. Proteine stellen energiereiche biochemische Verbindungen dar, die bei ihrem Abbau Energie freisetzen und somit zum Erhalt des körpereigenen Wärmegehalts beitragen. Ein anderes Teilsystem des Organismus ist in sehr starkem Masse auf proteinaufbauende Prozesse angewiesen, das Immunsystem, das zur Produktion von immunkompetenten Zellen und Antikörpern anabole Prozesse ausführt.

Eine Computer Regulations-Thermographie, die, wie schon erwähnt, eigentlich einen im Grunde genommen harmlosen Stresstest mit einer sehr geringen Abweichung von der schon erwähnten thermischen Neutralität darstellt, hemmt gewissermaßen kurzzeitig die aufbauenden Prozesse im Organismus und testet seine Fähigkeit, im Belastungsfall auf die Bereitstellung von Energie umzuschalten. Ist der Organismus schon vor der Messung durch z.B. auszehrende Prozesse belastet, dann wird die thermoregulatorische Reaktion entsprechend schwächer ausfallen. Folge: Die Hauttemperaturen in den jeweiligen Arealen zeigen nach Ausführung des Kaltreizes nicht die erwartete Temperaturerniedrigung oder Erhöhung, wie z.B. im Fall der Schilddrüse und der Messpunkte am Kopf.



In der praktischen ärztlichen Erfahrung konnte vor allem beobachtet werden, dass eine gesunde oder ungesunde Aktivität des Immunsystems, dass ja in starkem Masse auf aufbauende Prozesse angewiesen ist, sich sehr genau in der Computer Regulations- Thermographie abbildet. Für eine Beurteilung der Aktivitäten des B-Zellsystems des Immunsystems sind besonders die Messareale der Darmregion wichtig. Der Darm spielt aufgrund seiner durch die Verdauungstätigkeit bestimmten häufigen Berührung mit Fremdkörpern eine zentrale Rolle im Immunsystem bei der Erkennung von Schadstoffen und Fremdorganismen.

Die Aktivität des T-Zellsystems lässt sich anhand der Messareale auf Brust und Hals beurteilen, da sie über die erläuterten Verschaltungen des Nervensystems mit den Bahnen des Lymphsystems verknüpft sind.

#### 4. SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BEDEUTUNG DER COMPUTER REGULATIONS- THERMOGRAPHIE

Die Computer Regulations-Thermographie kann sowohl zur Vorsorge als auch in der Rehabilitation von Patienten mit Krebserkrankungen und anderen auszehrenden Erkrankungen eine bedeutende Rolle spielen. Sie stellt eine den Patienten nicht unnötig belastende Methode dar und ist zudem eine sehr empfindliche Methode, die auf feinste Störungen des körpereigenen Energiehaushalts reagiert. Dies heißt auch, dass man anhand eines Thermogramms beurteilen kann, ob eine Störung geringfügiger Natur ist, oder weitergehende Therapiemaßnahmen erfordert. Weitere Vorteile der Methode sind, dass sie globalere Urteile über den Gesamtgesundheitszustand eines Organismus erlaubt als andere Methoden, und dass sich bösartige Prozesse in der Regulationsfähigkeit früher zeigen, als in herkömmlichen Verfahren. Dies leuchtet sofort ein, wenn man sich vor Augen führt, dass ein positiver Befund eines z.B. radiologischen Verfahrens immer ein Befund eines schon "fest" gewordenen Krankheitsbildes ist.

Die Computer Regulations-Thermographie hingegen beurteilt Reaktionen des Organismus, die schon vor der Manifestation eines bestimmten Krankheitsbildes erfolgen. Sie ist daher im besten Sinn eine ganzheitliche Diagnosemethode, die über bisherige Diagnoseverfahren hinausgeht und diese um einen neuen Blickwinkel ergänzt. Zusammen mit einer gleichzeitig erfolgenden Erstellung eines Immunstatus des Patienten stellt sie einen erheblichen Sicherheitsfaktor bei der Beurteilung onkologischer Patienten dar.