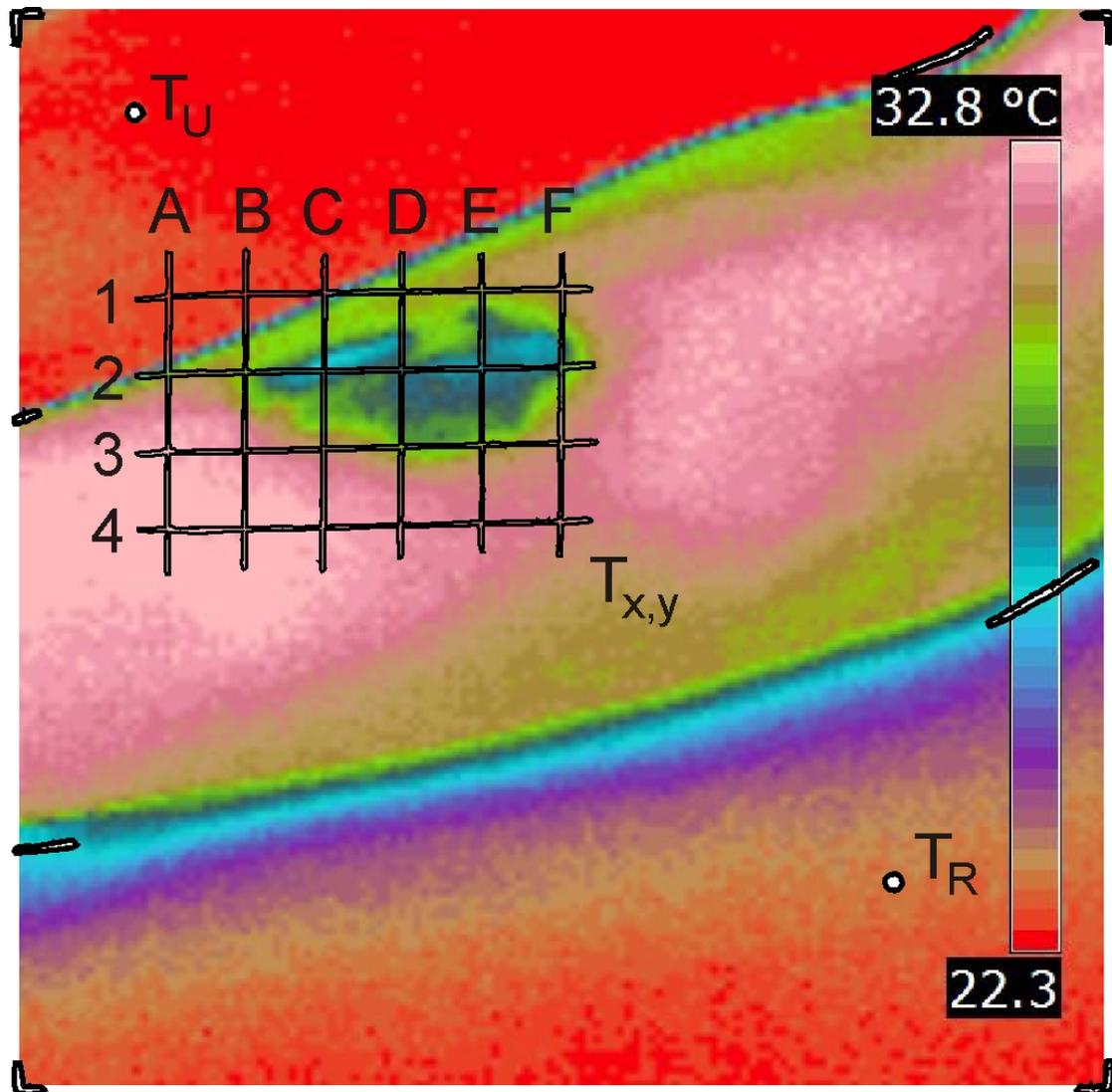


Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper



Wettbewerb „Jugend forscht“ 2011

Julia Ingwersen (18)

Kim von Scheidt (18)

Arbeitsgemeinschaft „Jugend forscht“
des Christian Gymnasium Hermannsburg
Leitung StD Thomas Biedermann

Inhaltsverzeichnis

2	Einleitung	3
3	Vorüberlegungen	3
	3.1 Biologische Grundlagen	3
	3.1.1 Durchblutung im Körper	3
	3.1.2 Die menschliche Haut	3
	3.1.3 Der Hypothalamus	4
	3.2 Chemische Grundlagen	5
	3.2.1 Auswahl der Substanzen	5
	3.2.2 Vorstellung der Substanzen	5
	3.3 Technische Grundlagen	6
	3.3.1 Mit was wollen wir messen?	6
	3.3.2 Bolometer	7
	3.3.3 Strahlung eines schwarzen Körpers	7
	3.3.4 Bolometrische Temperaturmessung	8
	3.3.5 Einflussgrößen bei der IR-Temperaturmessung	8
	3.3.6 Halter für die IR-Kamera	8
4	Versuchsablauf	9
5	Datenfluss	9
	5.1 Die Übertragung der Messergebnisse	9
	5.2 Die Datenverarbeitung	10
6	Versuchsergebnisse	12
	6.1 Die Positionsgenauigkeit	12
	6.2 Störfaktoren	13
	6.3 Verschiedene Cremes im Vergleich	13
	6.4 Der Vergleich der Probanden	16
7	Zukünftige Projekterweiterung	16
8	Zusammenfassende Abschlussbemerkung	16
9	Danksagung	17
10	Literaturverzeichnis	17

2 Einleitung

Die Sonne strahlt in das Zimmer herein und es beginnt ein neuer Morgen. Man möchte aus seinem Bett aufstehen, um an diesem wunderbaren Tag teil zu haben und bekommt einen schmerzlichen Beweis dafür, dass man am vorigen Tag Sport gemacht hat: Muskelkater. Jeder kennt das Gefühl, dass jeglicher Muskel im Körper verspannt ist, man kann sich nur mit Mühe bewegen. Dabei ging es einem an dem Tag vorher doch noch so wunderbar? Der Hausarzt oder die Apotheke verschreiben einem dann eine Muskellockernde Creme und geben den Rat, die schmerzenden Muskelpartien zu wärmen. Doch wirken Cremes wirklich auf eine physische Art? Oder spielt uns unser Körper einen Streich? Mithilfe von Temperaturnaufnahmen, an gut durchbluteten Punkten am Körper, wollen wir der Sache auf den Grund gehen. Schafft es die weit bekannte „Pferdesalbe“ gleichzeitig zu kühlen und zu wärmen oder ist das nur ein Werbespruch?

3 Vorüberlegungen

3.1 Biologische Grundlagen

3.1.1 Durchblutung im Körper

In unserem Projekt dreht sich fast alles um den Parameter Temperatur. Wie verändert sich die Haut bei dem Kontakt mit Salben? Und wie weit sinkt oder fällt die Temperatur? Doch bevor man Schlussfolgerungen und Auswertungen vollziehen kann, ist es notwendig grundlegendes Wissen über die Haut, die Körpertemperatur sowie die stattfindende Regulation des Wärmehaushaltes zu erlangen. Grundsätzlich unterscheidet man die Körpertemperatur in eine Körperkerntemperatur und in eine Körperschalentemperatur. Der erst genannte Begriff bezeichnet die Körpertemperatur im Inneren, und umfasst Organe wie Herz, Niere oder das Gehirn. Dabei muss die ideale Temperatur ständig um die 37°C betragen, da eine Unterkühlung andernfalls irreparable Schädigungen im Körper mit sich ziehen würde. Die Körperkerntemperatur hingegen bezeichnet die Wärme der Gliedmaßen und der Haut und liegt bei einem Wert um die 28 -33°C, je nachdem um welche Körperregion es sich handelt. Eine leichte Unterkühlung in diesen Gebieten bleibt jedoch ohne schwerwiegende Konsequenzen und tritt desöfteren bei alten Menschen auf. Um die Körperkerntemperatur zu ermitteln ist eine Messungen unter der Zunge oder im Anus möglich, wohingegen die Körperschalentemperatur durch eine Messung im Ohr erfolgt. Darüber hinaus muss bei der Angabe einer durchschnittlichen Körpertemperatur der Aspekt der Temperaturschwankung in Betracht gezogen werden. Die Körpertemperatur schwankt bei einem gesunden Menschen im Laufe des Tages und wird zusätzlich durch physiologische Faktoren beeinträchtigt. So erreicht der Mensch seine Maximaltemperatur zwischen 16 und 17 Uhr und weist von 5 bis 6 Uhr morgens einen Tiefpunkt auf. Faktoren wie Aufregung, Bewegung, Alter und Kleidung beeinflussen ebenfalls das Wärmebild. [1], [2]

3.1.2 Die menschliche Haut

Die Haut erfüllt für den Körper des Menschen eine Reihe von unverzichtbaren Aufgaben. Sie stellt einen Abwehrmechanismus gegen Krankheitserreger dar, dient zur Sinnesempfindung und ist mit verantwortlich für die Temperaturregelung. Grundsätzlich unterteilt man sie in 3 Abschnitte. *Die Epidermis* bildet die oberste Schicht und besteht aus einer Hornschicht, einer Hornbildungsschicht und einer Regenerationsschicht. In der letzteren findet die Zellteilung statt, wobei jeweils eine Tochterzelle durch die Hornbildungsschicht wandert, dort verhornt und an der Epidermis abgestoßen wird. Die übrige Zelle setzt die

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Teilung fort. Die zweite Hautschicht, die sogenannte Lederhaut (*Dermis*), bildet die Grenze zur Epidermis. Sie sorgt durch ihre komplexe Faserverflechtung aus Blut- und Lymphgefäßen, Bindegewebe und Nervenfasern, für die Elastizität und Reißfestigkeit der Haut. Auch diese Schicht kann in feinere Abschnitte unterteilt werden. So folgt auf die Epidermis die Stratum Papillare (Papillarschicht). Je nach Beanspruchung der Haut variiert ihre Größe im Körper. Unter der Stratum Papillare liegt die Stratum reticulare, die sich hauptsächlich in ihrer Faserstruktur von der Stratum Papillare unterscheidet. Ein lockeres Fettgewebe, welches durch Bindegewebe umklammert wird, bildet schließlich die Abschlusschicht der Haut. Diese Schicht wird als *Subcutis* (Unterhaut) bezeichnet. Durch alle 3 Schichten ziehen sich Nerven, die am Ende in der Dermis ausmünden. Für die Temperaturempfindlichkeit sind diese Nerven von hoher Bedeutung, da sie die empfangenen Reize an den Hypothalamus weiterleiten, der wiederum durch eine Folge von Zusammenspielen den Temperaturhaushalt des Körpers regelt. Je nach Bedarf reagiert die Haut auf die ankommenden Signale mit einer Erweiterung der Hautgefäße, um einen größeren Durchfluss bei geringerem Widerstand zu ermöglichen. Entweder wird die Temperatur gesenkt oder der gegenteilige Effekt tritt ein, dass durch eine Verengung der Kapillaren weniger Blut bei höherem Widerstand fließen kann. [3]

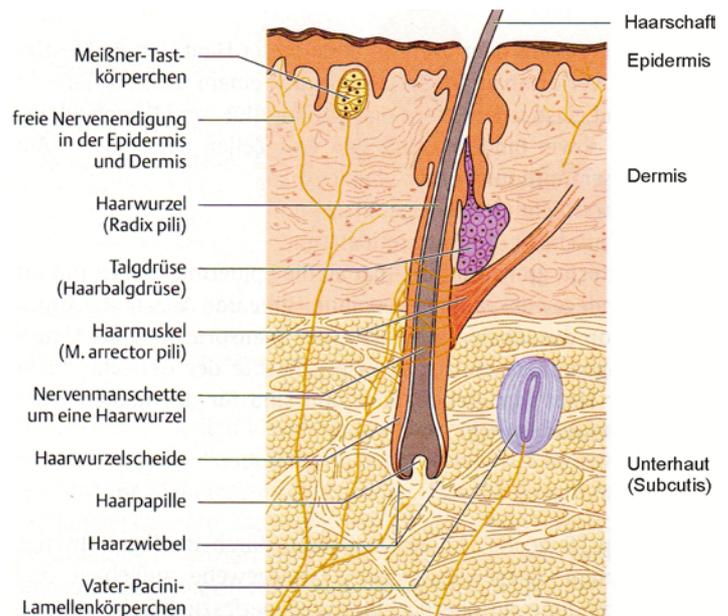


Abb. 1: Aufbau der Hautschichten

3.1.3 Der Hypothalamus

Gefühle- Gefühlsleben, Hungergefühl, Kältegefühl und Wärmegefühl. All dies sind lebensnotwendige Gefühle, die vom Hypothalamus gesteuert werden. Er ist wie der „Tower“ am PC die Schalt und Sammelzentrale unseres Körpers. Doch was genau ist der Hypothalamus? Der Hypothalamus ist wie der Thalamus ein Teil des Zwischenhirns (Diencephalon). Zum Zwischenhirn gelangen alle Nervenimpulse, die sich mit dem Thema Schmerz, Temperatur, Druck, Berührung sowie dem Sehen und Hören beschäftigen. Für unser Projekt steht aber vor allem die Tatsache der Temperaturregelung im Vordergrund, die vom Hypothalamus gesteuert wird. Der Hypothalamus unterteilt sich in verschiedene Bereiche. Die sogenannte präoptische Region des Hypothalamus ist für den Wärmehaushalt verantwortlich. Er beinhaltet ein Integrationszentrum, das mit der Funktion eines Thermostaten verglichen werden kann. Sinkt in dieser Region die Temperatur (Körperkerntemperatur) kommt es zu ansteigender Wärmeproduktion, sowie zu einem erhöhten Muskeltonus. (Muskel in Grundanspannung). Steigt aber die Temperatur in diesem Zentrum, sendet der Hypothalamus den Befehl zur Erweiterung der Blutgefäße und zur Schweißsekretion aus. Wie aber erhält das Integrationszentrum überhaupt Informationen über den Wärmehaushalt? Dieser Vorgang geschieht mithilfe von Thermorezeptoren. Bei steigender oder sinkender Temperatur senden diese Rezeptoren, welche in der Haut, der Muskulatur oder in inneren Organen enthalten sind, ihre Nervensignale an den Hypothalamus. Die im Hypothalamus vorliegenden Nervenzellen sind ebenfalls in der Lage die Temperatur der Umgebung zu messen. Es liegen also 2 Temperaturen vor, einerseits die

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Körperkerntemperatur, gemessen durch die Nervenzellen des Hypothalamus, und andererseits die durch die Thermorezeptoren gemessene Temperatur der Körperschale. Schließlich werden diese beiden Werte miteinander verrechnet, sodass der Hypothalamus mit einer geeigneten Temperaturregelung agieren kann. Zu diesem Aspekt kommt jedoch hinzu, dass die Thermorezeptoren der Haut ihre Reaktion auf veränderte Umgebungsverhältnissen vor der inneren Körpertemperatur an den Hypothalamus senden. Aus diesem Grund reagiert der Körper des Öfteren schon vor einer Verrechnung mit entsprechender Temperaturregelung. Aus diesem Grund kann es durch das Auftragen einer muskelschmerzlindernden Creme mit kühlendem Effekt, wie beispielsweise der Pferdesalbe, dazu kommen, dass eine stärkere Durchblutung an der behandelten Stelle festzustellen ist. [3], [4]

3.2 Chemische Grundlagen

3.2.1 Auswahl der Substanzen

Es gibt unzählige Anzahlen von Cremes und Salben mit den unterschiedlichsten Wirkungen, Inhaltsstoffen und Versprechen. Daher kommt schnell die Frage auf, welche Salbe, für welches Problem die am besten geeignete ist. Im Falle unserer Untersuchungen, wurden Cremes benötigt, ein Kühl-, oder Wärmeeffekt aufweisen, um diesen mit der Infrarotkamera zu dokumentieren. Zum Anderen eine überschaubare Brandweite an Inhaltsstoffen aufweisen, da die Effektivität der unterschiedlichen Salben nur dann mit einander verglichen werden können, wenn eine geringe Anzahl von Komponenten mit einander reagieren, anstatt eine enorm hohe Anzahl sich gegenseitig verstärkenden Bestandteilen. Des Weiteren wird die Auswahl an verwendeten Substanzen stark eingeschränkt durch die Tatsache, dass lediglich Salben die nicht verschreibungspflichtig sind, für eine Versuchsreihe in Betracht gezogen werden können. Darüber hinaus leitete uns bei der Auswahl an Substanzen der Gedanke, Salben zu verwenden, die in der Allgemeinheit weit bekannt sind, da hierdurch bei der späteren Präsentation ein höheres Interesse seitens der Besucher erzielt werden kann. Anhand dieser genannten Kriterien, kamen wir schließlich zu dem Entschluss folgende Salben zu verwenden: Pferdesalbe und Hot Thermo Dura.

3.2.2 Vorstellung der Substanzen

Hot Thermo Dura:

Hot Thermo Dura ist eine auf pflanzlich basierende Salbe, die zur äußeren Behandlung von Muskelschmerzen verwendet wird. Sie enthält lediglich einen Inhaltsstoff, der den Effekt der Schmerzlinderung hervorruft. Alle anderen Bestandteile, dienen im Wesentlichen nur der Konsistenz, der Haltbarkeit oder dem Geruch. Das sogenannte Dickextrakt, welches aus dem Cayennepfeffer gewonnen wird, stellt dabei den einzigen medizinischen Wirkstoff dar. Bei der Anwendung dieser Creme ist darauf zu achten, dass übermäßiges Kratzen an der aufgetragenen Stelle vermieden werden sollte, da auftretenden Hautverletzungen in Verbindung mit der Salbe zu brennen oder stechen führt. Weiterhin sollte die Salbe keinesfalls auf offenen Wunden oder ähnliches aufgetragen werden, oder mit warmem Wasser abgespült werden. Wenn im Vorhinein klar ist, dass ein Proband überempfindlich auf bestimmte Salben oder Cremes reagiert, sollten in diesem Fall keine Versuchsreihen durchgeführt werden. Bei Schwangerschaft, darf die Creme nach Gebrauchsanweisung aufgetragen werden. Dabei ist eine eintretende Hauterrötung sowie eine Wärmerhöhung, der normale Effekt der Creme, da sie die Durchblutung fördert. [5]

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Pferdesalbe:

Pferdesalbe stammt ursprünglich, wie es auch schon der Name verrät, aus dem Bereich des Pferdesportes und war dafür vorgesehen, beanspruchte Sehnen der Tiere zu heilen. Mit der Zeit breitete sich das Verbraucherfeld soweit aus, dass es sogar von Menschen zur Behandlung von jeglichen Muskelverspannungen und Gelenkschmerzen verwendet wurde. Die Anwendung von Pferdesalbe verspricht einen abkühlenden Effekt zur Linderung der Schmerzen sowie eine anschließende Wärmephase, die durchblutungsfördernd sein soll. Inzwischen gibt es hunderte Hersteller, die diese Salbe produzieren, mit kleineren Abweichungen. Die Grundstoffe der Creme sind allerdings immer dieselben. Sie enthalten Menthol, der für die eintretenden Kältephase verantwortlich ist, Arnika Rosmarin und Kampfer. Rosmarin und Kampfer unterstützen nach der Einwirkungsphase den durchblutungsfördernden Effekt. Weiterhin sorgt der Inhaltsstoff Arnika für eine Stimulierung des Schmerzes und eine entzündungshemmende Wirkung. [6]

3.3 Technische Grundlagen

3.3.1 Mit was wollen wir messen?

Bevor wir mit unseren Versuchen beginnen können, mussten wir uns überlegen, mit welcher Messmethode wir arbeiten wollen. Aus unserem ersten gemeinsamen Projekt, aus dem Jahre 2006, waren wir schon mit der Oberflächentemperaturmessung durch Ohrenthermometer vertraut. Es war uns jedoch wichtig, kleinste Temperaturänderungen an der Hautoberfläche festzustellen. Da auch ein Infrarotthermometer nur punktuelle Temperaturmessungen durchführen kann, mussten wir uns in der bildlichen Messung nach einer Möglichkeit umsehen. Hier kam dann die Infrarotkamera in Frage. Wir entschieden uns für eine FLIR-IR-Kamera, da sie

einfach zu bedienen ist und mit einem zugehörigen Programm für die Bildauswertung ausgestattet ist. So konnten wir uns verstärkt auf unsere Fragestellung konzentrieren, anstatt uns zusätzlich noch in das unbekannte Feld des Programmierens einzuarbeiten. Bevor wir mit den Aufnahmen an unseren Probanden begonnen haben, machten wir uns mit der IR-Kamera vertraut. Hier kam deutlich heraus, wie genau Temperaturmessungen veranschaulicht werden konnten. In der Abbildung wurde der Himmel mit umliegenden Bäumen fotografiert. Bei der Auswertung des Bildes stellt man fest, dass die Bäume eine Temperatur von ca. 18,4°C haben, der Himmel aber umso höher man geht sogar auf bis zu minus 40°C sinkt. Mit einem normalen Thermometer wäre diese Messung nicht möglich gewesen. Somit wird die Bedingung genauer Messergebnisse in unserem Versuch gegeben.

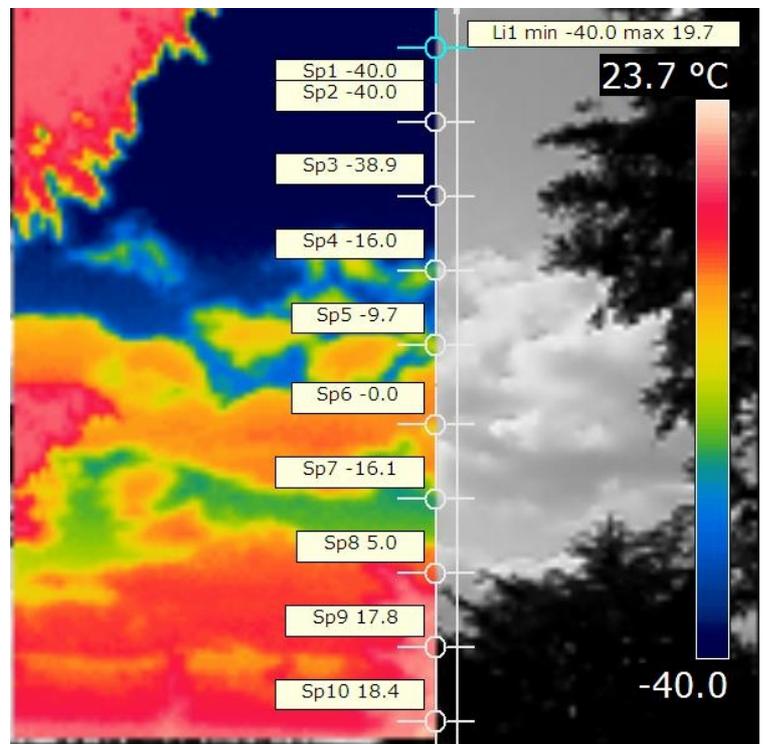


Abb. 2: Infrarot-Aufnahme des bewölkten Himmels

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

In den nachfolgenden technischen Grundlagen haben wir uns mit der Funktionsweise der IR-Kamera auseinandergesetzt, um verstehen zu können wie unsere Bilder entstehen.

3.3.2 Bolometer

Ein Bolometer ist ein Strahlungssensor, mit dem Infrarot- und Wärmestrahlung gemessen werden kann. Die durch elektromagnetische Strahlung hervorgerufene Wärmewirkung bewirkt eine Änderung des elektrischen Widerstandes. Dies kann in ein messbares elektrisches Signal umgewandelt werden. Kleinste Bolometer, die in einem Flächenraster angeordnet sind, werden als Microbolometerarrays bezeichnet. Wegen ihrer hohen Empfindlichkeit finden Bolometer als bildgebende Sensoren besonders Anwendung in der Infrarotthermografie und bei der Messung der Strahlen von Fixsternen und Planeten. Bei kalibrierten Messaufgaben müssen die Arrays mit einer konstanten Temperatur betrieben werden, da sonst Messfehler auftreten. [7]

3.3.3 Strahlung eines schwarzen Körpers

Ein schwarzer Körper ist in der Physik ein idealer Körper, der jegliches auf ihn einfallendes Licht absorbiert. Die Strahlung hängt dabei nur von der Temperatur des Körpers ab. Einer der wichtigsten Strahlungsgesetze ist das *Kirchhoffsche Gesetz*, nachdem für alle Körper bei gegebener Temperatur das Verhältnis zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen konstant und dabei gleich dem Emissionsvermögen eines schwarzen Körpers ist. Bei einer Absorption von Wärmestrahlung erhöht sich die Wärmeenergie des Körpers, bei einer Emission reduziert sie sich. Ist das Verhältnis beider Vermögen in derselben Zeiteinheit gleich, existiert ein Strahlungsgleichgewicht.

Die Energie wird durch elektromagnetische Wellen abgegeben, in der die Emission in verschiedenen Wellenlängen auftritt. Diese hat jedoch immer unterschiedlichste Intensitäten. Durch die Plancksche Wirkungsformel wird die Verteilung physikalisch beschrieben. Es gilt:

$$I(\lambda, T) = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5 \cdot \left(e^{\frac{hc}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1 \right)} \frac{W}{m^2}$$

Dabei ist h das Plancksche Wirkungsquantum, c die Lichtgeschwindigkeit, k die Boltzmannkonstante, λ die Wellenlänge und T die Temperatur des schwarzen Körpers.

Bei einer bestimmten Wellenlänge weist das Spektrum ein Maximum auf, das sich bei zunehmender Temperatur zu kleineren Wellenlängen hin verschiebt (siehe Abbildung). Nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz gilt für die Wellenlänge dieses Maximum:

$$\lambda_{\max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{T}$$

Bei hohen Temperaturen um die 550° geht das Wellenlängenmaximum in den Bereich des sichtbaren Lichts und ein Mensch würde dunkelrot erscheinen, während eine Brennerflamme, mit einer Temperatur von ca. 3500° , schon blau zu sehen wäre. Zusammen mit der Planckschen Wirkungsformel erhält man das Stefan-Boltzmann Gesetz, indem die gesamte Strahlungsenergie, die von einem schwarzen Körper abgegeben

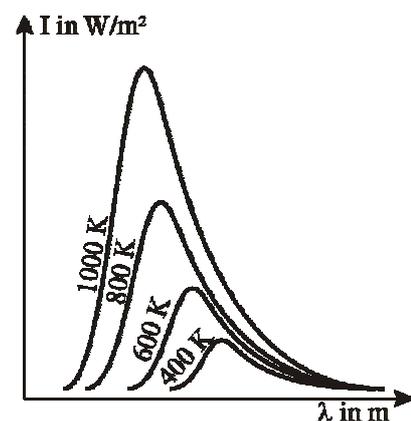


Abb. 3: Schwarzkörperstrahlung bei verschiedenen Temperaturen

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

wird. Es gilt: $I(T) = \sigma \cdot T^4$. σ entspricht dabei $5,6703 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \text{ K}^4)$, womit die Strahlungsenergie mit der vierten Potenz der Temperatur steigt. [8], [9]

3.3.4 Bolometrische Temperaturmessung

Mit den eben genannten Gesetzmäßigkeiten lässt sich die Temperatur mit der Strahlung, die auf eine Bolometerzelle trifft, bestimmen. Wenn das Absorptionsvermögen, die Wärmekapazität und die Anfangstemperatur bekannt sind, lässt sich diese Wärmeenergie durch die Temperaturänderung an der Zelle in einem bestimmten Zeitintervall ermitteln. Damit kann man die eingestrahelte Intensität bestimmen und damit auch die Energie pro Flächeneinheit. In der Infrarot-Kamera von FLIR wird dieses Prinzip mit einem Bolometer-Array von 140×140 Sensoren angewendet, um ein Thermografiebild zu erzeugen, dessen einzelne Bildpunkte die Temperaturen auf der Oberfläche des Objektes wiedergeben.

3.3.5 Einflussgrößen bei der IR-Temperaturmessung

Bei der IR-Temperaturmessung gibt es verschiedene Einflüsse, die die Aufnahme durch das Bolometer-Array bestimmen. Zum einen ist dies die Wärmestrahlung an der Oberfläche des zu fotografierenden Objektes durch die jeweilige Eigentemperatur. Hinzu kommen Wärmereflexionen von umliegenden Körpern, die bei dem Objekt oberflächlich einwirken. Wenn eine Wärmflasche auf einen Tisch gelegt wird, bleibt diese auch beim entfernen der Flasche noch warm. Zum anderen ist es auch die absorbierte und emittierte Wärmestrahlung die zwischen der Kamera und dem Objekt in der Luft ist. Das Reflexionsvermögen eines Körpers ist nach den Strahlungsgesetzen für schwarze Körper umso geringer, je höher das jeweilige Absorptionsvermögen ist. Hierbei gilt für undurchsichtige Körper $\varepsilon = 1 - \rho$. Dabei ist ε der Absorptionskoeffizient und ρ der Reflexionskoeffizient. Da ein Teil der Strahlung vom Objekt zum Bolometer absorbiert wird, erhält man für die gemessene Strahlungsenergie

$$W_{\text{mess}} = \tau \cdot W_0$$

τ beschreibt dabei den Absorptionskoeffizienten, W_{mess} die gemessene Strahlungsenergie und W_0 die emittierte Strahlungsenergie. Mit der nebenstehenden Abbildung gilt für die gemessene Strahlungsenergie

$$W_{\text{Ges}} = \varepsilon \cdot \tau \cdot W_{\text{Obj}} + \rho \cdot \tau \cdot W_{\text{Refl}} + (1 - \tau) \cdot W_{\text{Luft}}$$

Hier wird die Gesamtenergie W_{Ges} , die Objektenergie W_{Obj} , die Reflexionsenergie W_{Refl} und die Energie der Eigenstrahlung der Luft W_{Luft} direkt in Verbindung gesetzt. Je höher die Eigentemperatur des zu messenden Körpers und sein Absorptionskoeffizient sind, desto genauer stimmt die gemessene Temperatur mit der tatsächlichen überein. [10]

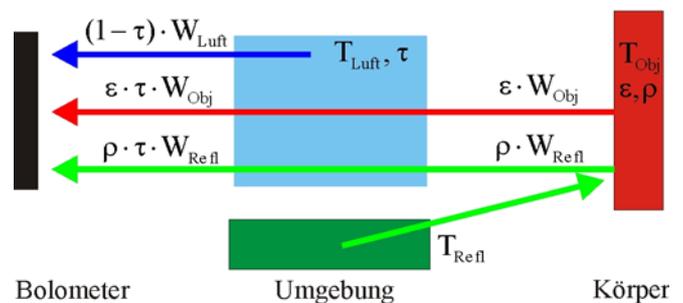


Abb. 4: Einflussgrößen bei der IR-Messung

3.3.6 Halter für die IR-Kamera

Damit wir mit unserer Kamera einfacher arbeiten können und sie während einer Messreihe nicht halten müssen, überlegten wir uns eine Halterung zu bauen, mit der wir die IR-Kamera auf einem Stativ befestigen können. Damit der Akku in der Kamera keinen Schaden erleidet, haben wir ein Metallrohr mittig aufgeschnitten und mit Moosgummi ausgefüllt. So kann man das Rohr um den Griff legen, ohne das ein

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

direkter Druckpunkt auf die Kamera wirkt. Das Rohr wird mit zwei Kabelbindern gehalten, da beim Verpacken die Halterung jeweils abgenommen werden muss und damit ein Zeitfaktor minimiert wird. In der Zukunft wäre eine Überlegung mit zwei Schellen zu arbeiten, da man diese nur ein wenig aufschraubt um sie zu entfernen und wieder zu befestigen. Auf der Seite des Auslösers montierten wir eine quadratische Metallplatte, auf deren Unterseite zwei Bohrungen für die Stativplatte eingefasst sind. Da die Platte direkt unter dem Auslöserknopf liegt, ist eine Verwackelung des Bildes nur mit grobem Handeln möglich und es wird uns ein scharfes Infrarotbild gewährleistet.

4 Versuchsablauf

Für unsere Versuchsreihe benötigten wir einen genauen Versuchsablauf, damit wir die jeweiligen Messreihen gut miteinander vergleichen konnten.

Zuerst mussten wir uns überlegen, wie wir die Creme bei den jeweiligen Probanden auftragen wollten. Hier kam eine Schablone für den Arm zum Einsatz. Bei einem laminierten Blatt Papier konnten wir an der gewünschten Stelle des Armes ein quadratisches Loch einschneiden. Wenn die Schablone nun immer am Handgelenk angelegt wurde, war der Messpunkt stets an derselben Stelle des Armes. Das Einlaminiere von dem Blatt Papier gab die Möglichkeit es wieder abzuwischen und zu desinfizieren, damit der nächste Proband eine saubere Schablone bekam.

Ein weiterer wichtiger Vergleichsfaktor ist die Menge der aufzutragenden Creme. Hierfür empfahl uns unser Apotheker kleine Spritzen zu verwenden. Der Spritzenkopf wird dabei an die Cremetube gesetzt und mit einer definierten Menge an Creme aufgezogen. Damit war nicht das Gewicht genau bestimmt, jedoch aber das Volumen. Wichtig ist dabei nur, dass nach jedem auftragen eine neue Spritze genutzt wird, da sich Cremes miteinander vermischen könnten und Reste in den Spritzen zu Verfälschungen führen.

Für das Messen legten wir eine gemeinsame Zeitspanne fest. Zuerst wird vor dem Auftragen der Creme ein Bild des Armes gemacht um ein Vergleichsbild zu haben. Nach dem Auftragen der Creme wird ein direktes Bild gemacht und im Anschluss jeweils nach einer Minute. So kann ein gleichmäßiger Verlauf aufgenommen werden. Bevor wir die jeweilige Creme bei den Probanden aufgetragen haben, haben wir uns durch eine Nachfrage vergewissert, dass sie keine wissenden Allergien haben, um mögliche Überreizungen der Haut auszuschließen.

5 Datenfluss

5.1 Die Übertragung der Messergebnisse

Für eine Auswertung der entstandenen Infrarot Aufnahmen ist es notwendig, sie in einer Form darzulegen, die eine unkomplizierte und übersichtliche Analyse ermöglicht. Von dieser Anforderung ausgehend, werden die Bilder der Kamera mit Hilfe eines USB Kabels auf den Laptop übertragen und entsprechend nach Proband, Zeit und verwendeter Creme gespeichert. Dabei werden die Aufnahmen im Speicher der Kamera bei jedem stattfindenden Datenfluss automatisch gelöscht, um eine spätere Verwechslung der Infrarotbilder mit neu erstandenen Aufnahmen zu verhindern.

5.2 Die Datenverarbeitung

Ist der Schritt der Datenübertragung abgeschlossen, können nun die vorliegenden Bilder in verschiedenen Verfahren analysiert, bearbeitet und ausgewertet werden. Die elementare Basis der Auswertung bildet das Programm FLIR Quick Report 1.2 SP 1, eine zur Infrarotbildkamera kompatible Verarbeitungssoftware. Diese Software ermöglicht es den Benutzern einerseits, aufgenommene Bilder beliebig abzurufen und darüber hinaus einen Infrarotbericht anzufertigen. Ein solcher Infrarotbericht ergibt sich aus den verschiedenen Bearbeitungsmöglichkeiten des Bildes. So zeigt die Software nicht nur eine Falschfarbendarstellung der Aufnahme an, mit einer zugeordneten Temperaturskala, sondern sie kann ebenfalls die Temperatur eines bestimmten Punktes innerhalb des Bildes messen. Werkzeuge die hierfür angewendet werden können, sind entweder der „fliegende Messpunkt“, der mit dem Verlauf des Cursors die Temperatur anzeigt, oder aber ein fester Messpunkt, der lediglich die Temperatur eines Punktes angibt und diesen nur mit Verschiebung der markierten Stelle an einen anderen Bildpunkt ändert.

Weitere Werkzeuge, mit denen es sich ermöglichen lässt, eine Aussagen über bestimmte

Temperaturabschnitte der aufgenommenen Objekte zu erzielen, ist das „Bereichswerkzeug“ sowie das Werkzeug „Linie“. Ersteres gibt die Minimal und Maximal Temperatur innerhalb eines ausgewählten Bereiches an. Das zweite Hilfsmittel wiederum die Anfangs- und Endtemperatur einer selbst gezogenen, variablen Linie.

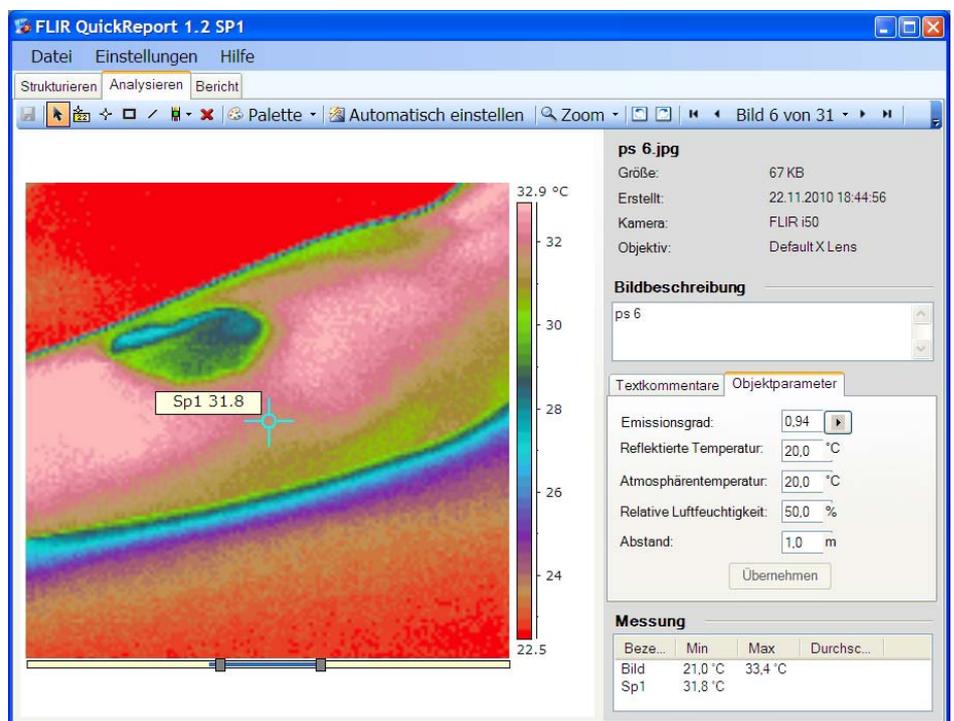


Abb. 5: Bedieneroberfläche der FLIR-Quickreport-Auswertungssoftware

Durch die Verwendung all

dieser Werkzeuge kann im späteren Verlauf ein genaues Temperaturreaster angelegt werden, welches zur Auswertung unserer Bildergebnisse bezüglich des Wärmeverlaufes und der Wärmeintensität der verschiedenen Substanzen beiträgt. Wie bereits Anfangs erwähnt, liefert die Software eine Falschfarbendarstellung des ausgewählten Bildes. Eine dazugehörige Skala zeigt jeweils verschiedene Farben mit entsprechend zugeordneten Temperaturen an. Dabei hinterlegt die Software das Bild automatisch mit einer Farbpalette. Diese vorprogrammierte Farbpalette kann jedoch ausgetauscht werden, in dem man im Menüpunkt Analysieren eine andere, ebenfalls vorprogrammierte Farbpalette wählt und folglich ein anderes Farbspektrum erhält. Ein ehrachtsamer Vorteil den diese Farbdarstellung mit sich bringt, ist die Tatsache, dass Temperaturgefälle schnell und direkt für das menschliche Auge sichtbar werden. Und zwar in einem deutlich höheren Ausmaß, als es bei einer schwarz weiß Darstellung der Fall ist. Hinsichtlich jeder Farbdarstellung gilt das Prinzip: Je mehr Farben eine Farbpalette enthält, umso deutlicher können Temperaturdifferenzen angezeigt werden. Einhergehend mit dieser Tatsache, lässt sich in unserem Fall

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

jedoch auch ein Problem feststellen. Wenn die Farbpaletten durch die Software vorgegeben werden, wie ist es dann möglich eine präzise, klar differenzierte Farbskala anzulegen, bei der schon geringen Temperaturunterschiede sichtbar gemacht werden können? Da die original Paletten der FLIR Software, nur einen Farbverlauf mit weichen Übergängen aufweisen, anstatt sich klar zu differenzieren. Dies ist eine Anforderung, die besonders für die Auswertung der Infrarotbilder mit aufgetragenen Salben notwendig ist. Aus dieser Problematik heraus, ergibt sich unser erster Schritt der Datenverarbeitung: Das Erstellen einer geeigneten Farbpalette, für weitere Untersuchung der Infrarotaufnahmen. In einem selbst konfigurierten Programm, dem FLIR Paletteneditor, kann eine Palette angelegt werden, mit einer variablen Anzahl an Farben. Die optimale Farbskala zum Auswerten der Probandenbilder enthält dabei ungefähr 40 Farben. Erstellt man eine Palette mit einem kleineren Wert, werden vorhandene Temperaturdifferenzen nur ungenügend erfasst. Wählt man jedoch eine deutlich höhere Anzahl an Farben, wie es bei den vorprogrammierten Paletten der Fall ist, entsteht das Problem mangelnder Farbkontraste. Anschließend an die Wahl der Farbanzahlen, muss die Farbskala mit individuell gewählten Farben definiert werden. Jede Farbe setzt sich zusammen aus einem Rot-, einem Grün- und einem Blauanteil, wobei jeder Farbwert zwischen 0 und 255 variiert werden kann. Je nachdem wie die Farben im Graphen eingestellt werden, verändern sich die Farbanteile in der Palette.

Mit dem Abschluss dieses Prozesses, muss die gestaltete Palette nun in dem Ordner abgespeichert werden, in dem die original Paletten der FLIR Software vorhanden sind. Hierdurch kann die neue Palette bei späteren Bildbearbeitungen mit FLIR direkt abgerufen und verwendet werden. Der nächste Arbeitsschritt zur Datenverarbeitung zeichnet sich dadurch aus, dass alle

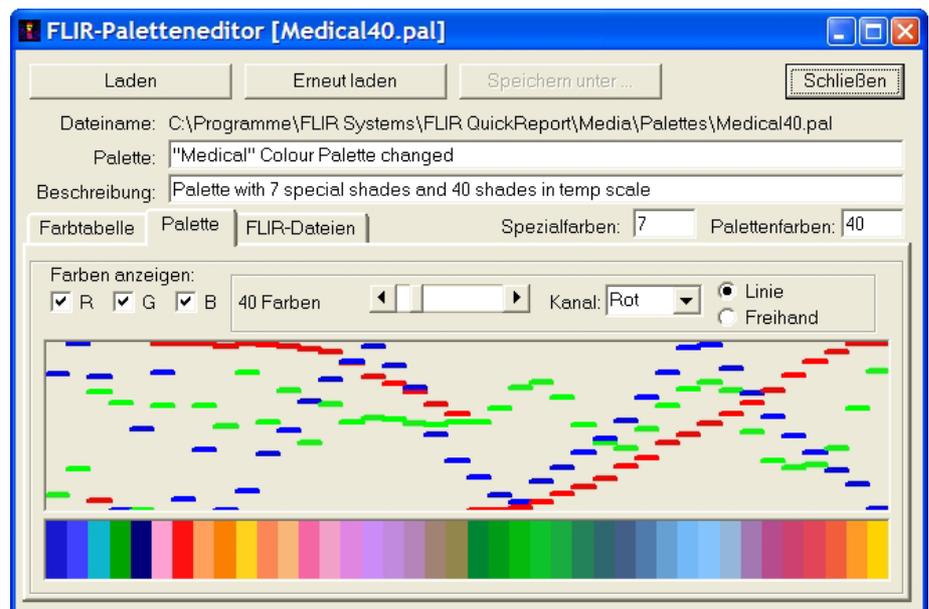


Abb. 6: Selbst programmierter Paletteneditor für FLIR-Paletten

Versuchsaufnahmen mit der neuen Palette hinterlegt und abgespeichert werden. FLIR bietet dabei dem Nutzer die Möglichkeit, Umgebungsbedingungen wie beispielsweise die reflektierte Temperatur, oder den Messabstand zum aufgezeichneten Objekt zu verändern. Eine Veränderung dieser Parameter führt zu einer minimalen Verschiebung der Temperaturskala. Da unsere Aufnahmen der Probanden jedoch stets die gleiche Skala aufweisen sollten, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, werden die Parameter nicht verändert. Es werden lediglich Textkommentare zu jeder Infrarotaufnahme erstellt, die den Zeitpunkt und die verwendete Creme dokumentieren. Nachdem dieser Grundstein zur weiteren, vergleichbaren Auswertung der Bilder gelegt ist, stellt sich die Frage, mit welcher Methode die Effektivität und das Ausmaß der aufgetragenen Stoffe am besten analysiert werden kann. Die Antwort auf diese Frage liefert eine Darstellung im Graphen, da Kühl- oder Wärmephasen sowie Zeitdauer der Geschehnisse ideal aufgezeigt werden können. Zusätzlich lässt

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

eine solche Darstellungsform einen späteren Vergleich aller Salben in einem einzigen Graphen zu. Um aus einer Infrarotaufnahme einen Graphen zu erstellen, werden Messstellen benötigt, die einerseits Stellen der Haut erfassen, auf denen die Creme aufgetragen ist und andererseits reproduzierbar sind, dass heißt, bei jeder Aufnahme die gleichen Punkte gemessen werden. Ausgehend von diesem Anspruch, haben wir ein Messraster auf Folie entworfen, das über jede Aufnahme gelegt werden kann, um stets dieselben Messpunkte zu erfassen. Dabei sorgen Eckpunkte beim Anlegen für die gleiche Position des Rasters.

Das Raster enthält 24 Messpunkte, damit später ein durchschnittlicher Verlauf des Stoffes an allen aufgetragenen Stellen der Haut wiedergegeben werden kann. Weiterhin werden die Umgebungstemperatur und die Reflektionstemperatur der Unterlage angegeben. Mithilfe des Werkzeuges „fliegende Messpunkt“ in der FLIR Software, können anschließend die gewünschten Stellen im Raster gemessen werden und in einer Excel-Tabelle niedergeschrieben werden. Sind alle Messpunkte einer Versuchsreihe erfasst, können Graphen erstellt werden, die den Verlauf sowie den Wirkungsgradienten der aufgetragenen Creme in Abhängigkeit von der Zeit wiedergeben. Dies ermöglicht nicht nur eine Auswertung der Versuchsreihen, sondern ebenfalls einen Vergleich aller verwendeten Salben, im Bezug auf die Faktoren Wirkung und Zeit.

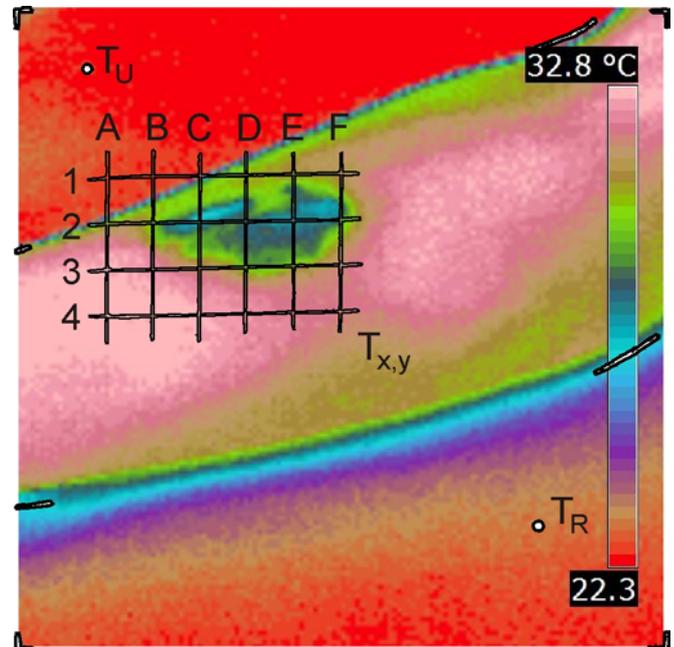


Abb. 7: Infrarot-Bild mit Messraster

6 Versuchsergebnisse

6.1 Die Positionsgenauigkeit

Bei der Auswertung der Bilder ist uns bewusst geworden, dass die Positionsgenauigkeit mit der Schablone nicht ausreichend war. Es wurde ein bestimmter Abstand von dem Handgelenk gegeben, jedoch ist der Arm eines Menschen verschieden lang. Daher ist das Verhältnis von dem Arm zu der Schablone immer unterschiedlich. Um einen vergleichbar genauen Messpunkt zu erlangen, müsste der Arm von dem Handgelenk bis zum Ellbogen gemessen werden und man müsste im Verhältnis, zum Beispiel im 20% Abstand vom Handgelenk, die Messstelle ausrechnen. Zum anderen ist der Radius des Messpunktes auch je nach Proband sehr unterschiedlich. Wenn man einen Kinder- und einen Erwachsenenarm miteinander vergleicht, ist der des Erwachsenen deutlich breiter. Ein Messpunkt mit einem Durchmesser von ca. 2,5cm würde bei einem Erwachsenen einen mittleren Bereich abdecken, bei einem Kind würde man schon die gesamte Oberfläche einer Armseite abdecken. Dabei wird natürlich deutlich mehr Fläche des Gesamtarmes abgedeckt und die Creme wirkt stärker auf den Arm ein.

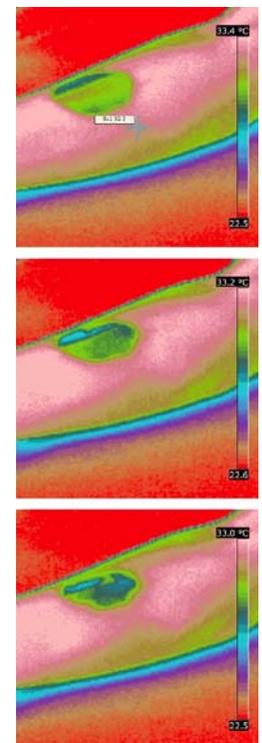


Abb. 8: Bildsequenz mit Pferdesalbe (1, 5, 10)

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Um ein besseres Ergebnis erzielen zu können, müsste man eine kleine Auswahl an Schablonen gestalten, da man so schon einmal Kinder und Erwachsene besser unterscheiden kann.

6.2 Störfaktoren

Die Arbeit mit den Probanden und der Kamera war letztendlich nicht so einfach wie erwartet. Um mit der Infrarotkamera während der Aufnahmen nicht zu verwackeln, wurde sie auf ein Stativ gestellt. Jedoch fiel es den Probanden schwer ihren Arm für mehr als zwanzig Minuten still zu halten. Auch wenn sie der festen Überzeugung waren ihren Arm nicht bewegt zu haben sah man am Ende bei den Aufnahmen, dass es Abweichungen gab. Dies liegt an dem natürlichen Phänomen unserer Durchblutung, dass wir nie zu 100% still halten können. Man kennt es wenn man auf einem Stuhl sitzt und die Beine überschlägt. Obwohl man den frei hängenden Fuß nicht bewegt sieht man sein zittern. Man hat in der Auswertung daher das Problem, dass die Folie nicht exakt auf die Messstelle passt und man die Folie bei jedem Bild neu anordnen müsste. Um das Problem zu umgehen, könnte man den Arm des Probanden in eine feste Schiene legen, die man je nach Arm mit einem Klettverschluss oder ähnlichem fixieren könnte. Damit wäre der Arm in einer festen Position und die Aufnahmen werden genauer.

Ein weiteres Problem war das Auftragen der Creme. Mit der Spritze wurde zwar gewährleistet, dass in etwa die gleiche Menge an Creme abgefüllt wurde, jedoch ließ sich die Creme mit der Spritze nur schwer auf den Arm auftragen. Man musste sehr darauf achten, dass die Creme nicht zu stark heraus spritzt und dort aufgetragen wird wo sie nicht sein soll. Des Öfteren entstand zusätzlich das Problem, dass die Creme nicht vollständig aus der Spritze heraus kam, wodurch wieder nicht gewährleistet war, dass in etwa dieselbe Menge bei den Probanden aufgetragen wurde. Im Zusammenhang mit dem Augenmaß in der Spritze, ist eine zu hohe Ungenauigkeit vorhanden. Man könnte die Creme jedoch weiterhin mit der Spritze aufziehen, wenn man den Inhalt mit einer sehr präzisen Waage abwägen würde. So könnten die Reste in der Spritze als Varianz gewertet werden und der Fehler wäre minimiert.

6.3 Verschiedene Cremes im Vergleich

Pferdesalbe:

Die Graphen zeigen den Temperaturverlauf zweier Versuchsreihen in Abhängigkeit von der Zeit an, wobei es sich bei der aufgetragenen Substanz um Pferdesalbe handelt. Wie schon in der Datenverarbeitung erläutert, setzt sich der Graph aus vielen einzelnen Messpunkten eines Messrasters zusammen. In den Abbildungen wurden die Messpunkte C2 und D2 hervorgehoben, da diese die Veränderung der Hauttemperatur am besten widerspiegeln.

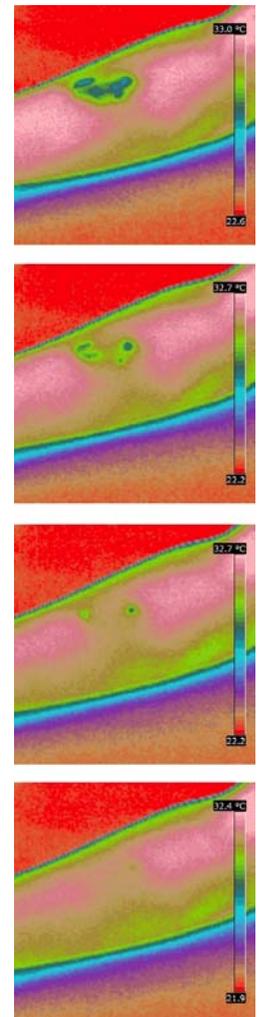


Abb. 9: Bildsequenz mit Pferdesalbe (15, 25, 30)

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

	C2	D2	Durchschnitt
T_{\max}	30,7 °C	31,2 °C	30,95 °C
T_{\min}	27,0 °C	28,5 °C	27,75 °C
Δt	18 m	13 m	15,5 m
T_{start}	29,7 °C	30,9 °C	30,3 °C
T_{end}	30,5 °C	30,8 °C	30,65 °C
T_{diff}	0,8 °C	-0,1 °C	0,35 °C

	C2	D2	Durchschnitt
T_{\max}	31,4 °C	30,8 °C	31,1 °C
T_{\min}	29,8 °C	28,9 °C	29,35 °C
Δt	4 m	6 m	5 m
T_{start}	31,4 °C	31,6 °C	31,5 °C
T_{end}	31,1 °C	31,1 °C	31,1 °C
T_{diff}	-0,3 °C	-0,5 °C	-0,45 °C



Abb. 10: Pferdesalbe Proband 1

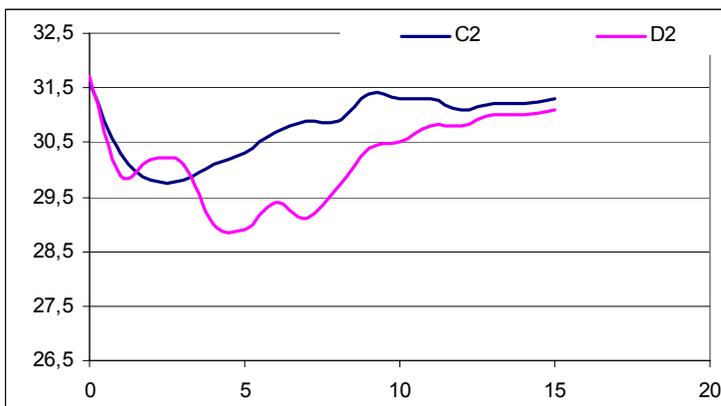


Abb. 11: Pferdesalbe Proband 2

Vergleicht man nun beide Graphen miteinander, werden einige Unterschiede deutlich. So ist erkennbar, dass bei Proband eins die erreichte Maximaltemperatur im Durchschnitt (30,95° C) beträgt und immer unter der Maximal Temperatur des zweiten Probanden liegt (31,1° C). Da für die aufgetragenen Menge der Salbe stets eine Spritze verwendet worden ist, um einigermaßen vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, kann ausgeschlossen werden, dass die unterschiedlich starke Wirkung auf eine deutlich unterschiedliche Menge an Creme zurück zu führen ist.

Es erscheint logisch, dass im Falle einer niedrigeren Maximaltemperatur des Probanden Nummer 1 die Minimaltemperatur ebenfalls niedriger sein muss. Der direkte Vergleich beider Werte bestätigt diese Vermutung. Mit einem Wert

von 27,75° C liegt er mit 1,6° C unter dem Minimalwert von Proband 2, der 29,35° C beträgt. Betrachtet man weiterhin das Wirkungsspektrum der Pferdesalbe in Abhängigkeit von der Zeit, fallen weitere Unterschiede auf. Die Wirkung von Pferdesalbe verspricht ihren Konsumenten, einen kühlenden und wärmenden Effekt. Bei Proband eins ist die Phase des kühlenden Effektes im Durchschnitt nach 15,5 Minuten abgeschlossen und es tritt anschließend eine wärmende Wirkung ein. Im Gegensatz dazu ist die kühlende Phase bei Proband Nummer 2 bereits nach 5 Minuten abgeschlossen. Folglich lässt sich also feststellen, dass die Wirkung der Pferdesalbe bei Proband Nummer 1 wesentlich länger anhält, als bei Proband Nummer 2. Daraus resultiert, dass die Anwendungszeit von Pferdesalbe von den Probanden abhängig ist. Darüber hinaus wird eine weitere Besonderheit deutlich. Errechnet man den Durchschnitt der Temperaturdifferenz von t_{start} und t_{ende} wird klar, dass bei Proband 1 eine Erwärmung der Haut um 0,35° C stattgefunden hat. Dies zeigt auf, dass die Nutzung von Pferdesalbe tatsächlich zu einer Temperatursteigerung an lokaler Stelle führt. Gleiches kann allerdings nicht für Proband 2 behauptet werden. Hier beträgt die Differenz der

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Hauttemperatur am Ende – 0,45° C. Die Haut ist also kälter geworden anstatt wärmer. Allerdings schließt diese Feststellung nicht die Tatsache aus, dass die Pferdesalbe einen wärmenden Effekt hervorruft. Denn die Messung endet nach 16 Minuten. Es besteht daher die Möglichkeit, dass die Temperatur nach 16 Minuten weiter ansteigt. Zusammenfassend lässt sich nun die Aussage treffen, dass die Effektivität der Pferdesalbe bei gleicher Menge an Creme ebenso wie die Dauer der Kälte- und Wärmephase von den Probanden abhängig sind.

Hot Thermo Dura:

	C2	D2	Durchschnitt
T _{max}	33,6 °C	33,5 °C	33,5 °C
T _{min}	29,9 °C	29,0 °C	29,45 °C
Δt	3 m	4m	3,5 m
T _{start}	32,5 °C	32,1°C	32,1 °C
T _{end}	33,3 °C	33,2 °C	33,2 °C
T _{diff}	0,8 °C	1,1 °C	0,95 °C

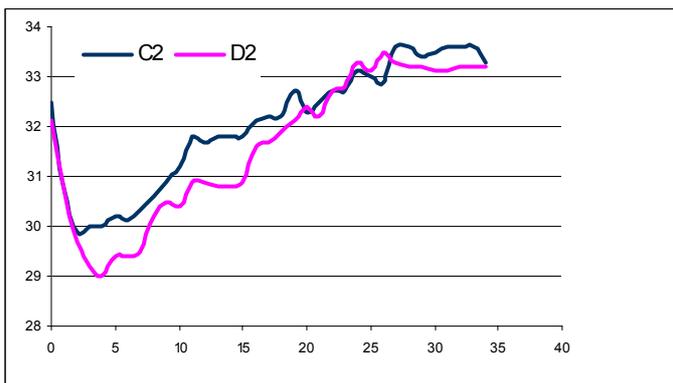


Abb. 12: Hot Thermo dura

Betrachtet man den Graphen der Salbe Hot Thermo Dura, fallen einige Unterschiede zu den Graphen der Pferdesalbe auf. Der wohl rudimentärste Unterschied besteht im Verlauf des Graphen. Der Hot Thermo Dura Graph weist nach 3,5 Minuten eine stetige, positive Steigung auf, bis die Messwerte schließlich einen konstanten Wert erreichen. Die anfängliche Abkühlung lässt sich durch die Tatsache erklären, dass Inhaltsstoffe wie

Wasser auf der Haut verdunsten. Die Steigung lässt sich durch die Tatsache erklären, dass Hot Thermo Dura im Gegensatz zur Pferdesalbe nur eine durchblutungsfördernde Creme zur Linderung von Schmerzen und Verspannungen ist. Sie zielt auf keine Abkühlphasen ab. Der Stoff Dickextrakt, gewonnen aus dem Cayennepfeffer, regt dabei den Vorgang der Durchblutung an. Die Effektivität der Creme wird anhand der gesteigerten Endtemperatur messbar nachgewiesen. Sie steigt um 0,95° C an. Der Wärmeanstieg der Pferdesalbe beträgt im Vergleich nur 0,35° C bzw. – 0,45° C. Daher lässt sich also sagen, dass Dickextrakt eine wesentlich höhere Wirkung hat, wenn es um eine muskelentspannende Temperatursteigerung geht. Jedoch geht aus dem Graphen auch hervor, dass die vollständige Leistung von Hot Thermo Dura erst nach 26 Minuten erreicht ist. Die kürzeste Einwirkzeit von Pferdesalbe beträgt im Gegensatz dazu nur 9 Minuten. Bezogen auf den Aspekt, dass die Wirkung von Hot Thermo Dura oftmals als Brennen oder Stechen empfunden wird, ist dies ein eher nachteilig zu bewerten. Vergleicht man den vorliegenden Graphen mit den Graphen der Pferdesalbe von Proband 1, welcher auch für diesen Graphen Testperson war, fällt auf, dass eine deutlich geringere Zeit für einen Temperaturanstieg benötigt wird. Während der Wert der Pferdesalbe noch 15,5 Minuten beträgt, liegt die Zeit für Hot Thermo Dura schon bei 3,5 Minuten. Diese Feststellung

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

wirft die Frage auf, ob die extrem unterschiedliche Anstiegszeit durch die Einwirkzeit der Inhaltsstoffe erklärbar ist, aufgrund ihrer Beschaffenheit, oder aber ob Cayennepfeffer die Nervenendigungen intensiver reizt und dadurch den gewünschten Temperaturanstieg hervorruft.

6.4 Der Vergleich der Probanden

Anhand der Auswertung der Pferdesalbengraphen mit unterschiedlichen Testpersonen wird deutlich, dass die Effektivität und die Einwirkzeit abhängig von den Versuchspersonen sind. Proband Nummer 1 weist von Natur aus eine niedrigere Temperatur in den Extremitäten auf als Proband Nummer 2. Dies ist anhand der Infrarotbildaufnahmen zu erkennen. Dieser Aspekt ist eine mögliche Erklärung dafür, warum bei der Versuchsreihe mit Pferdesalbe Proband Nummer 1 niedrigere Temperaturen erzielt, als es bei Proband Nummer 2 der Fall ist. Allerdings besteht eine Reihe von anderen Faktoren, die positiven Einfluss auf die Wirkungseffektivität der Salbe haben. So sorgt beispielsweise leichtes Schwitzen, Sport oder warmes Händewaschen für eine Optimierung der Ergebnisse. Dies kann auch im Falle von Proband Nummer 2 passiert sein, wodurch die höheren Messungen erklärt werden könnten. Unterschiedliche Ergebnisse ergeben sich also auch durch verschiedenen Umweltbedingungen. Dies sind Faktoren, die für eine genauere Messung verringert werden müssen. Betrachtet man zusätzlich noch die physischen Gegebenheiten beider Probanden, wäre es in weiteren Versuchsreihen interessant zu erfahren, ob sie eine Rolle spielen. Beide Probanden sind in ihren physischen Gegebenheiten sehr verschieden. So unterscheiden sie sich zum einen in ihrem Geschlecht und zum anderen rapide in ihrer Größe und in ihrem Gewicht. Daher kann auch dies ein Einflussfaktor sein, der untersucht werden muss.

7 Zukünftige Projekterweiterung

In unserer eigentlichen Projektidee wollten wir uns zu Beginn ebenfalls mit dem Einfluss von Sport an die Durchblutung beschäftigen. Jedoch ist dies aus Zeitgründen nicht gelungen. Daher haben wir die Ausarbeitung bis jetzt ohne diesen Punkt bearbeitet. Die genaue Planung für diesen Versuch steht jedoch schon fest und muss nur noch ausgeführt werden. Für die verschiedenen Cremes gibt es mit denselben Inhaltsstoffen auch sogenannte Wärmepflaster, die ebenfalls die Muskulatur lockern sollen. Diese sind ideal um sie an einem bestimmten Punkt zu fixieren und damit Sport zu treiben. Eine Freundin von uns ist Trainerin in einer Tanzgruppe. Sie hat sich bereit erklärt mit uns diesen Versuch zu machen. Vor dem Tanzunterricht bekommt sie einen kleinen Klebepunkt auf ihren Unterarm und wir machen ein Infrarotfoto. Dann lassen wir sie wie gewohnt aufwärmen und Sport treiben und achten darauf was sie getan hat. Jede fünf Minuten machen wir ein Bild. In demselben Raum haben wir dann einen zweiten Probanden sitzen, der ebenfalls denselben Klebepunkt bekommt. Auch hier werden jede fünf Minuten ein Infrarotbild gemacht. Am Ende kann man so einen direkten Vergleich zwischen sportlicher Aktivität und ruhenden Personen machen.

8 Zusammenfassende Abschlussbemerkung

Schafft es die weit bekannte Pferdesalbe gleichzeitig zu kühlen und zu wärmen, oder ist das nur ein Werbespruch? Wirken Cremes wirklich auf eine physische Art, oder spielt uns unser Kopf einen Streich? Dies ist nur ein kleiner Ausschnitt unserer anfänglichen Fragestellungen, auf die wir im Laufe unserer Versuchsreihen eine Antwort finden wollten. Wir haben festgestellt, dass die Aussagen über Pferdesalbe tatsächlich zutreffend sind, und die Creme einen kühlenden und wärmenden Effekt erbringt, der Schmerz lindert und durchblutungsfördernd wirkt. Jedoch ist uns auch bewusst geworden, dass die

Untersuchung durchblutungsfördernder Maßnahmen am menschlichen Körper

Effektivität der verschiedenen Salben von den Probanden abhängt. Dies ist ein interessanter Einflussfaktor, der in weiteren Versuchsreihen untersucht werden könnte. Darüber hinaus ist es uns gelungen, aufzuzeigen, dass verschiedenen Inhaltsstoffe eine unterschiedlich intensive Wirkung hervorrufen. So wie es beispielsweise bei Hot Thermo Dura der Fall ist.

Um noch gezielter Aussagen über die Wirkungsweise von Salben treffen zu können, sollten in Zukunft Störfaktoren wie die Bewegung des Armes, oder die unterschiedliche Menge an Cremes verringert werden.

9 Danksagung

Auch wenn der Platz in diesem Jahr in der Arbeit ein wenig knapp ist, möchten wir uns natürlich noch bei allen Personen bedanken, die uns so tatkräftig bei unserem Projekt unterstützt haben. Unser „Jugend forscht“ Leiter Thomas Biedermann, unsere Eltern, Frau Pankrath für die großzügige Unterstützung bei der Beschaffung der Kamera, Herr Vogel unser Hausapotheker, die Freunde die sich als Probanden zur Verfügung gestellt haben und mit uns viel Zeit verbrachten und all diejenigen, die sich hiermit angesprochen fühlen. Danke!

10 Literaturverzeichnis

- [1] www.altenpflegerschueler.de
- [2] www.medizininfo.de
- [3] Körper des Menschen Einführung in Bau und Funktion, Adolf Faller und Michael Schünke, 15. Auflage, Thieme Verlag, S. 758 und S. 623 ff.
- [4] Biologie des Menschen, Mörtkel, Betz, Mergenthaler, Quelle & Mexer Verlag, Kapitel 10-5 und 15-89
- [5] Gebrauchsanleitung Hot Thermo Dura
- [6] www.paradise.de
- [7] <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/naturwissenschaften/indexoffline.page=1066134.html>
- [8] Grehn, Krause: Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel-Verlag GmbH, Hannover 2002
- [9] Bertelsmann Lexikon Band 4: 2. Auflage, C.Bertelsmann Verlag Gütersloh 1954, 1963
- [10] FLIR: Benutzerhandbuch FLIR ixx series (PDF-Dokumentation), Publ.-Nr.T559063 Rev. a436 vom 03.02.2010