

**Aus der Kinderklinik und Poliklinik  
der Universität Würzburg**

**Direktor: Prof. Dr. med. C. Speer**

**Infrarot-Thermographie als nicht-invasive Untersuchungsmethode  
in der Pädiatrie**

**Inaugural- Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Danielle Meyer auf der Heide  
aus Bielefeld**

**Würzburg, Dezember 2006**

**Referent: Hr. Prof. Dr. med. D. Singer**

**Koreferent: Hr. Prof. Dr. med. K. Darge**

**Dekan: Hr. Prof. Dr. med. M. Frosch**

**Tag der mündlichen Prüfung: Freitag, der 29. Juni 2007**

**Die Promovendin ist Ärztin**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Physikalische Grundlagen der Infrarot-Thermographie	2
1.2 Medizinische Anwendungen der Infrarot-Thermographie	6
1.2.1 Anwendungen bei Erwachsenen	7
1.2.2 Anwendungen bei Kindern	8
1.3 Gelenkentzündungen und Durchblutungsstörungen im Kindesalter	14
1.3.1 Differentialdiagnose und Merkmale der juvenilen idiopathischen Arthritis	14
1.3.2 Definition und Vorkommen des Raynaud – Phänomens	21
1.4 Fragestellungen der Arbeit	22
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>23</b>
2.1 Apparative Voraussetzungen	23
2.2 Vorgehensweise der Testmethode – Voraussetzung thermographischer Untersuchungen	23
2.3 Durchführung des Kaltwassertests	24
2.4 Auswertung der Messergebnisse	24
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>25</b>
Kasuistik I (Sudeck`sche Reflex – Dystrophie)	26
Kasuistik II (Purpura Schönlein- Henoch)	29
Kasuistik III (Purpura Schönlein- Henoch)	32
Kasuistik IV (Hemiparese links)	34
Kasuistik V (Mykoplasmeninfektion)	36
Kasuistik VI (Trikolore-Phänomen)	42
Kasuistik VII (M. Raynaud)	44
Kasuistik VIII (Systemisch-progressive Sklerodermie)	49
Kasuistik IX (Oligoarthritis)	56
Kasuistik X (Osteomyelitis)	58

<b>4 Diskussion</b>	<b>59</b>
<b>4.1 Gelenkentzündungen im Kindes- und Jugendalter</b>	<b>60</b>
4.1.1 Rheumatische Entzündungen	60
4.1.2 Bakterielle Entzündungen	61
4.1.3 Andere Entzündungen	63
<b>4.2 Durchblutungsstörungen im Kindes- und Jugendalter</b>	<b>65</b>
4.2.1 Raynaud-Phänomen	65
4.2.2 Sudeck`sche Reflexdystrophie	70
4.2.3 Andere Durchblutungsstörungen	74
<b>4.3 Stellenwert statischer und dynamischer Thermographie- Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter</b>	<b>74</b>
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>77</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>7 Abbildungsverzeichnis</b>	<b>89</b>

## **1 Einleitung**

Die Infrarot-Thermographie findet weltweit eine vielseitige Anwendung. In Europa ist der medizinische Einsatz bisher jedoch nicht groß. Die klinische Thermographie ist ein nicht-invasives bildgebendes Untersuchungsverfahren, das Wärmebilder mit hohem Auflösungsvermögen aufzeichnet und mittels hochentwickelter Computer-Software-Programme eine Analyse der vom Körper ausgesandten Infrarotstrahlung ermöglicht [1].

Die thermographischen Untersuchungen können interessante Aufschlüsse über pathologische Veränderungen der Durchblutung geben. Bei einer physiologischen peripheren Durchblutung zeigt sich im Infrarot-Thermogramm eine symmetrische Temperaturverteilung der Körperoberfläche im Normbereich. Abweichungen dieser Oberflächentemperaturen im Sinne einer Hypo- oder Hyperthermie können auf pathologische Zustände hinweisen.

## 1.1 Physikalische Grundlagen der Infrarot-Thermographie

Die Infrarotstrahlung, auch Wärmestrahlung genannt, gehört zum Spektrum der elektromagnetischen Strahlung. Zu der elektromagnetischen Strahlung zählen:

- Gammastrahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda < 10^{-12}$  m (= 1 pm) und einer Frequenz von  $f > 3 \cdot 10^{14}$  Megahertz
- Röntgenstrahlung mit einer Wellenlänge  $10^{-12}$  m  $< \lambda < 10^{-8}$  m und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^{14}$  Megahertz  $> f > 3 \cdot 10^{10}$  Megahertz
- UV-Strahlung mit einer Wellenlänge  $10^{-8}$  m  $< \lambda < 380$  nm und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^{10}$  Megahertz  $> f > 10^9$  Megahertz
- Sichtbares Licht mit einer Wellenlänge  $380$  nm  $< \lambda < 760$  nm und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^9$  Megahertz  $> f > 3 \cdot 10^8$  Megahertz
- Wärmestrahlung mit einer Wellenlänge von  $760$  nm  $< \lambda < 10^{-3}$  m und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^8$  Megahertz  $> f > 3 \cdot 10^5$  Megahertz
- Mikrowellen mit einer Wellenlänge von  $10^{-3}$  m  $< \lambda < 50$ cm und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^5$  Megahertz  $> f > 3 \cdot 10^3$  Megahertz
- Rundfunkwellen mit der Wellenlänge  $50$ cm  $< \lambda < 10^4$  m und einer Frequenz von  $3 \cdot 10^3$  Megahertz  $> f > 3 \cdot 10^2$  Megahertz [3].

Mit steigender Frequenz der elektromagnetischen Strahlung nimmt die Wellenlänge ab und umgekehrt (Vgl. Abb.1).

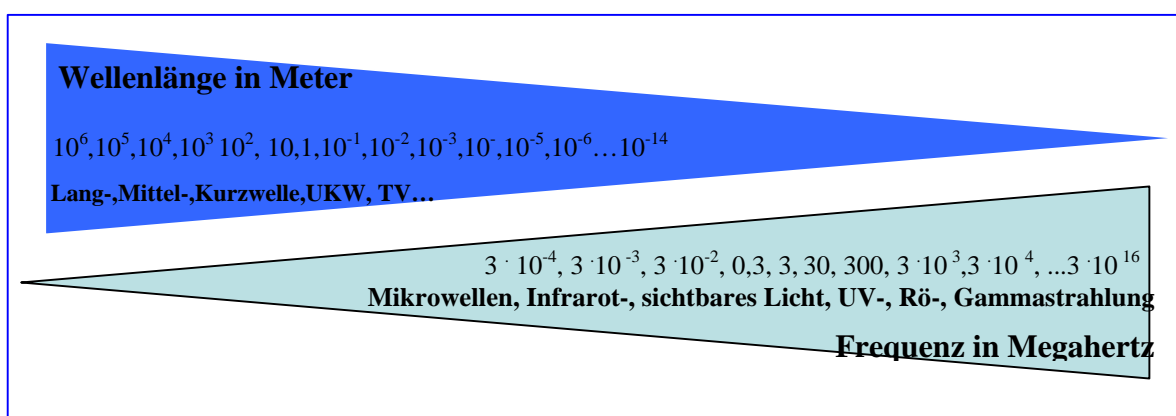


Abb.1: Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Der Infrarotbereich ist nach DIN 5031, d.h. dem radiometrisches Grundgesetz, das zur Grundlage der Definition der strahlungsphysikalischen Größen dient, dem Bereich der optischen Strahlung zugeordnet, der auch die sichtbare und ultraviolette Strahlung umfasst. Bei der Infrarotstrahlung handelt es sich um elektromagnetische Strahlung im Spektralbereich von 0,8  $\mu\text{m}$  bis 1 mm. Hierbei wird zwischen dem nahen, dem mittleren und dem fernen Infrarotbereich unterschieden.

Nahes Infrarot	0,78 $\mu\text{m}$ – 1,40 $\mu\text{m}$
Mittleres Infrarot	1,40 $\mu\text{m}$ – 3,00 $\mu\text{m}$
Fernes Infrarot	3,00 $\mu\text{m}$ – 1,00 mm [4].

Die von der menschlichen Haut ausgehende Wärmestrahlung, die von der Infrarotkammer aufgezeichnet werden kann, liegt im Bereich des fernen Infrarot-Bereiches bei einer Wellenlänge von 3.000 bis 5.000nm.

Zu der Strahlungsphysik gehört der Begriff des „idealen schwarzen Strahlers“, welcher je nach Temperatur eine andere Ausstrahlungsenergie und Wellenlänge hat. Die physikalischen Zusammenhänge der einzelnen Parameter gehen aus dem „Wienschen Verschiebungsgesetz“ hervor.

Abschließend beschreibt das Kirch`hoffsche Strahlungsgesetz den Zusammenhang zwischen einem idealen und realen Strahler. Diese Umrechnung ist erforderlich, da ein idealer schwarzer Strahler in der Natur nicht existiert und nur durch diese Formel die reale Wellenlänge und Ausstrahlungsenergie ermittelt werden kann.

### Schwarzer Strahler :

Der schwarze Strahler ist ein Idealbild eines Körpers, der 100% der aufgetretenen Strahlung für alle Wellenlängen und Temperaturen absorbiert. Dieser Idealfall existiert in der Natur nicht, da aufgrund unterschiedlicher Materialien und Strukturen immer Strahlungsverluste durch Transmission oder Reflexion erfolgen.

### Wiensches Verschiebungsgesetz :

Das Wiensche Verschiebungsgesetz beschreibt die ausgesandte Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers als Funktion der Wellenlänge, ein Maximum, dessen Lage von der Temperatur des Strahlers abhängt. Mit steigender Temperatur ( Vgl. Abb.2;  $T_4 < T_3 < T_2 < T_1$ ) erhöht sich die Energie der Ausstrahlung ( $W/cm^2$ ) und das Ausstrahlungsmaximum verschiebt sich zu kürzeren Wellenlängen hin. Zwischen Temperatur und Wellenlänge des Strahlungsmaximums besteht folgende Beziehung:

Formel 1: Wellenlänge ( $\lambda$ ) max =  $\frac{2898mm}{TK}$  [5].

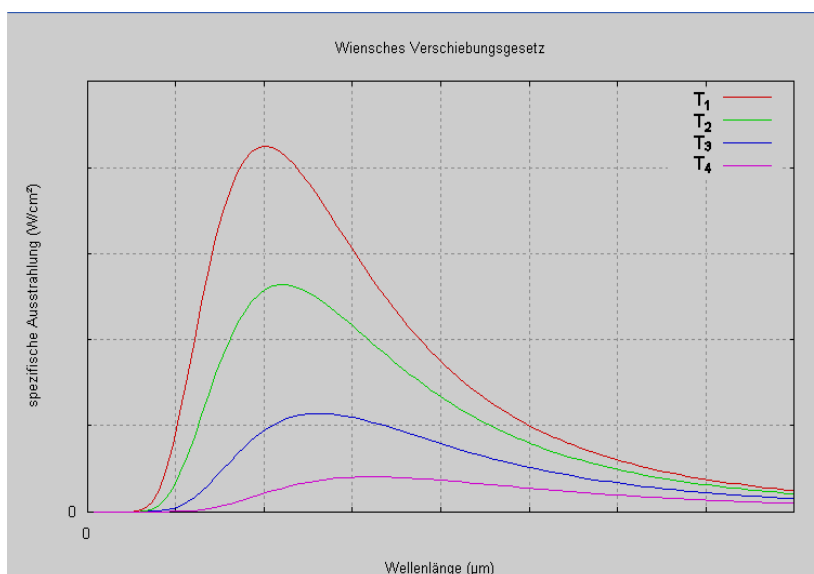


Abb.2



Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz stellt den Zusammenhang zwischen einem schwarzen und einem realen Strahler her. Es wird die Strahlleistung eines beliebigen Strahlers mit der eines schwarzen Strahlers gleicher Fläche im gleichen Raumwinkel und für den gleichen Wellenlängenbereich verglichen. Der Emissionsgrad ( $\epsilon$ ) ist das Verhältnis von realem zum schwarzen Strahler. Dabei ist  $M$  (SK) die spezifische Ausstrahlung des schwarzen Körpers bei einer absoluten Temperatur  $T$  [5].

Der Emissionsgrad ( $\epsilon$ ) beschreibt somit die Abweichung vom idealen, schwarzen Körper. Diese Abweichung gilt zum Beispiel auch für die menschliche Haut, da sie kein idealer, schwarzer Körper ist. Wenn Strahlung auf einen realen Körper trifft, wird ein Teil der Strahlung reflektiert, ein Teil absorbiert und ein Teil hindurchgelassen.

## 1.2 Medizinische Anwendungen der Infrarot-Thermographie

Die Infrarot-Thermographie kommt zur Anwendung auf dem Gebiet der Grenzüberwachung an Flughäfen, im Baugewerbe zum Auffinden von Wärmebrücken, bei Leckagen und Dämmfehlern von Häusern [6], in chemischen Produktionsstätten und Kraftwerken zur Lokalisation von Isolationsdefekten an Leitungen und Pipelines und weiterhin zur Instandhaltung von Elektroanlagen und Schaltschränken [7].

Mittels Infrarotmessungen ist das Erkennen überhitzter Sicherungen und Verbindungen an elektrischen Anlagen möglich. Besonders an fehlerhaften Kontaktführungen entstehen hohe Verlustleistungen, die zu unnötigen Kosten führen [8].

Auch zur Früherkennung von schadhafte Maschinenkomponenten oder zum Aufdecken von Mantelbrüchen bei Ofenverkleidungen hat sich die Infrarot-Thermographie als hilfreich erwiesen.

Auch in der Medizin ist die Infrarot-Thermographie ein bildgebendes Verfahren, das die von der Körperoberfläche ausgehenden Infrarotimpulse mit einem spezifischen Detektor aufnimmt, elektronisch verstärkt und als „Wärmebild“ auf einen Fernsehschirm oder eine photographische Platte projiziert [9]. Mittels hochentwickelter Computer-Software-Programme können die aufgezeichneten Bilder der emittierten Infrarotstrahlung analysiert werden.

Bei Objekten mit schnellen Veränderungen der Temperatur oder bewegten thermographischen Bildern spricht man von der **dynamischen Thermographie**, wohingegen die **statische**, Momentaufnahmen von Objekten mit langsamen Veränderungen der Temperatur beschreibt.

### 1.2.1 Anwendungen bei Erwachsenen

Die Infrarot-Thermographie konnte bisher zur Früherkennung von Tumorerkrankungen, insbesondere beim Mamma-Ca und Hautkrebsbefall eingesetzt werden [5].

Bei Erwachsenen ergaben diverse Untersuchungen mittels Infrarot-Thermographie, dass es möglich ist, entzündliche Knochen- und Gelenkprozesse zu objektivieren, beziehungsweise auszuschließen [10]. Der Grad der Entzündung kann durch Vergleich mit der gesunden Seite oder einer neutralen Region als Index ausgedrückt werden und eignet sich zur Beurteilung des lokalen Entzündungszustands der Gelenke [11].

In der Gefäßchirurgie können Durchblutungsstörungen nicht nur bei Thrombosen oder Gefäßverengungen, sondern auch bei Organverpflanzungen, speziell im Falle von Herz-Transplantationen, dargestellt werden. Bei dieser Anwendungsmethode kann „online“ die Adaptationsfähigkeit und Durchblutungsquantität exakt und unmittelbar bei Implantation sichtbar gemacht werden.

So wird sie auch in der Überwachung von Laser-, Ablationsverfahren, beispielsweise in der Ophthalmologie, eingesetzt [5].

Cosh und Ring berichten 1970 über thermographische Untersuchungen bei Erwachsenen mit Raynaud-Phänomen. 1976 wurde erstmals eine standardisierte Methode des thermographischen Kälte-Stress-Tests der Hände Erwachsener publiziert, welche bis heute Anwendung findet [12].

Diese Methode war 1993 Grundlage der thermographischen Untersuchung von E.F.J. Ring, die zu dem Ergebnis führte, dass bei Erwachsenen mit einem Raynaud-Phänomen ein negativer Temperaturgradient vom Handgelenk zu den Fingerspitzen auftritt, der sogar nach einem Kaltwasser-Provokationstest noch negativer wird. Hierbei wurde eine kontinuierliche Serie von Thermogrammen nach einer Kaltwasserprovokation von 20°C erstellt. Die einfache Aufzeichnung über zehn Minuten stellte sich als effektiv heraus und ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der gesunden Kontroll-

gruppe und der Gruppe mit bekanntem Raynaud-Phänomen. In dieser thermographischen Untersuchung Erwachsener fielen 15 Patienten mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie auf. Erkrankte Erwachsene, bei denen nur eine Seite betroffen war, zeigten thermographisch eine deutliche Seitendifferenz der betroffenen Extremität im Vergleich zur gesunden [13].

Die Schwankungen der Hautoberflächentemperaturen bei Frauen in den Untersuchungen von Shah et al 1984 liefern Informationen über den Ovulationszeitpunkt der Frau, unabhängig von circadianen Temperaturschwankungen [14].

### 1.2.2 Anwendungen bei Kindern

Die IR-Thermographie ist ein nicht-invasives Verfahren ohne Sedierung und Strahlenbelastung. Es ist eine objektive Untersuchungsmethode zum Nachweis von entzündlichen Gelenkaffektionen und zum Nachweis von Perfusions- und trophischen Störungen.

Die Infrarot-Thermographie kann zur Identifizierung der Hautentzündung eingesetzt werden, durch die die aktive lokalisierte Sklerodermie gekennzeichnet ist. Allen et al beschreibt 1987 erstmals den erfolgreichen Einsatz der Infrarot-Thermographie bei Kindern mit lokalisierter aktiver Sklerodermie [15]. Bei einem fünf Jahre alten Jungen mit generalisierter Hautmanifestation konnte drei Monate nach intravenöser Methyl-Prednisolon-Therapie eine Abkühlung der befallenen Hautstellen thermographisch demonstriert werden. 48 Thermogramme von Kindern mit 25 Hautläsionen wurden in einer getrennt durchgeführten retrospektiven Untersuchung von zwei Rheumatologen getrennt ausgewertet und aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen gesundem und befallenem Gewebe als „Thermographie positiv“ oder „Thermographie negativ“ beurteilt. Lediglich in 1/48 Läsionen fand sich keine Übereinstimmung der beiden Untersucher. Beim Vergleich der thermographischen Beurteilung mit der klinischen Beschreibung der Krankheitsaktivität zum Zeitpunkt der thermographischen Aufnahme

fand sich eine Sensitivität von etwa 90 % und eine Spezifität von etwa 80 % der Thermographie für die Entdeckung aktiver Hautläsionen [16].

Zu einem ähnlichen Resultat kam die Forschergruppe Murray et al 2002 bei der thermographischen Untersuchung von 40 Kindern mit einer lokalisierten Sklerodermie, in der die thermographischen Befunde zu 92 % sensitiv und zu 68 % spezifisch für den Nachweis von aktiven Hautläsionen waren. Die Übereinstimmung beider auswertender Rheumatologen lag bei 91 % [17].

Die Thermographie scheint daher eine reproduzierbare, effektive Methode zur seriellen Beurteilung der lokalisierten Sklerodermie im Initialstadium bei Kindern darzustellen.

Qualitative Aussagen können nur unter standardisierten Untersuchungsbedingungen unter Einbeziehung klinischer Parameter und Untersuchungen verwendet werden und sind von der Erfahrung des Untersuchers auf diesem Gebiet abhängig.

Zur Klärung der Frage, ob die Thermographie auch die Progression der Erkrankung vorhersagen kann, muss auf dem Gebiet noch weiter Forschung betrieben werden [17].

Khvatova et al untersuchten 1991 vierundvierzig Kinder im Alter von 6 Monaten bis zu vierzehn Jahren, die an einer Uveitis litten und stellten fest, dass sich sogar bei kleinen unruhigen Kindern ein aussagekräftiger thermographischer ocularer Status erheben ließ. Sie schlugen die Thermographie als zusätzliche objektive Methode zur Bewertung der Aktivität und des Ausmaßes der Uveitis vor [18].

Weitere Einsatzmöglichkeiten der Thermographie zeigten sich unter anderem bei 47 Kindern mit einer Trichterbrust, bei denen die thermographisch zu verzeichnende Hyperthermie mit den Bereichen der Lokalisation der bronchopulmonalen Entzündung übereinstimmte. Die Thermographie der Hände dieser Kinder erlaubte Rückschlüsse über die respiratorische Beeinträchtigung [19].

Bereits 1976 ergaben abdominelle thermographische Aufnahmen bei 62 Kindern mit akuter und chronischer Lebererkrankung, verglichen mit 34 gesunden Kindern, bei 96% aller erkrankten Kinder pathologische Thermogramme. Die Follow-up-Thermogramme korrelierten mit der Leberfunktion beziehungsweise mit den Laborparametern, so

verbesserte sich der thermographische Befund bei einer Heilung oder der anormale thermographische Befund hielt bei persistierenden pathologischen Leberhistologien und pathologischen Leberfunktionstests an [20].

Diesen abdominalen Untersuchungen folgten 1980 die von Shchitinin et al, die 120 Kinder, die wegen eines Verdachts auf eine akute Appendizitis ins Krankenhaus kamen thermographisch untersuchten. Es war möglich mittels der thermographischen Daten, in Kombination mit anderen klinischen Parametern, unterschiedliche Stadien der Peritonitis zu differenzieren und die Ernsthaftigkeit des Zustandes zu beurteilen. Shchitinin et al empfehlen den Einsatz der Thermographie bei Kindern im postoperativen Zustand nach Appendektomien, um Komplikationen frühzeitig erfassen zu können [21].

Ebenso erfolgreich zeigte sich erstmals 1992 der Einsatz der Thermographie in der Beurteilung der testikulären Funktion bei Kindern mit einer Varikozele. Iwata et al wiesen bei einem zwölfjährigen Jungen mit einer linksseitigen Varikozele (Grad 3) präoperativ eine Temperatur von 35,4°C des linken Scrotums nach, welche 4 Grad Celsius höher war, als die des rechten Skrotums. Postoperativ, nach Ligatur der betroffenen Vene und Entfernung der Varikozele, zeigte das Thermogramm nach 39 Tagen und 12 Monaten einen normalen Befund [22]. Bei gesunden Jungen fiel mittels thermographischer Untersuchungen auf, dass die skrotale Temperatur mit steigendem Alter nachließ, wohingegen die Temperatur im Bereich des Skrotums bei Kindern, die aufgrund eines Kryptorchismus einer Operation unterlagen, um 0,6-0,8 °C in der frühen und um 0,1-0,4°C in der späten postoperativen Phase anstieg [23].

Gewinnbringende neuste Forschungsergebnisse zum Einsatz der Thermographie bei Kindern mit einer Liquorableitung über einen Shunt aufgrund eines Hydrocephalus veröffentlichte Goetz et al der Universität München im Jahr 2005. Es gelang ihnen mittels Kühlung von Hautarealen distal von der Katheterdrainage, die Funktion der Shuntanlage in mehr als 85% der Fälle mittels der Infrarotthermographie zu überprüfen, so dass sie die Meinung vertreten, dass die Infrarotthermographie eine viel

versprechende und wertvolle Methode ist, um die bislang mittels der cranialen Computertomographie durchgeführten Shunt-Kontrolluntersuchungen durch die Infrarotthermographie zu ersetzen, was den Vorteil der nicht-invasiven Methode, aber auch den der Vermeidung von Strahlenbelastung, hätte [24]. Vorläufer dieser Untersuchungen sind bereits 1981, ebenfalls in Deutschland, zu finden, in denen lediglich der Shuntdurchfluß nachgewiesen wurde. So konnte die von Caldarelli 1981 aufgestellte Hypothese, dass mittels Thermographie die Beurteilung der Shuntfunktion möglich sein könnte, 2005 von Goetz et al bestätigt werden [25].

Bei den thermographischen Untersuchungen von Goodarzi 1997 von vierzig Kindern, die während einer orthopädischen Operation für fünfzig Minuten und länger ein Touriquet, eine Unterbindung der Gefäße, erfuhren, zeigte die Gruppe der Kinder, die währenddessen eine medikamentöse sympathische Blockade erhielt, weniger Veränderungen des Blutdruckes, der Pulsrate und der Oberflächentemperaturen, als die Gruppe der Kinder ohne eine medikamentöse sympathische Blockade [26].

Thermographische Untersuchungen bezüglich des Raynaud-Phänomens bei Kindern lagen bislang nur wenige vor. Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit dienen neben der Prüfung der Einsatzmöglichkeiten und dem Auffinden der Grenzen der Infrarot-Thermographie in der Pädiatrie auch dem Nachweis des Raynaud-Phänomens bei Kindern und der objektiven Dokumentation unter medikamentöser Therapie.

Das Raynaud-Phänomen bei Kindern wurde bislang unter anderem mittels der sogenannten „Nail-fold Capillary Microscopy“ und auch anhand von Autoantikörperprofilen untersucht.

Bei den Kindern mit positivem Screening auf antinukleäre Antikörper wurde ein gehäuftes Vorkommen des Raynaud-Phänomens im Verlauf einer Sklerodermie und anderer Gewebskrankungen entdeckt. Bei Kindern mit negativem Screening auf antinukleäre Antikörper lag die klinische Vermutung nahe, dass in diesen Fällen funktionelle Störungen ursächlich zu dem Raynaud-Phänomen beitragen.

In der Altersverteilung zeigte sich, dass Mädchen im Alter von 14,5 Jahren bevorzugt ein Raynaud-Phänomen entwickeln, das in 31,2% der Fälle in Kombination mit einer anderen Gewebserkrankung auftritt [27].

Weitere Forschungsergebnisse in der Thermographie haben gezeigt, dass es bei dreißig Kindern mit orthostatischen Kreislaufbeschwerden, nach einem plötzlichen Lagewechsel von horizontal nach vertikal, möglich war, thermographisch signifikante Temperaturunterschiede in der Stirnregion nachzuweisen. Ein Temperaturabfall von mehr als ein Grad korrelierte mit den klinischen Symptomen. Bedingt durch Störungen der peripheren Mikrozirkulation kommt es zu Veränderungen der Hauttemperaturen. Die gesunden Kinder der Vergleichsgruppe zeigten thermographisch Temperaturschwankungen in der Stirnregion, die nicht größer als  $0,3^{\circ}\text{C}$  waren [28].

Der Nachweis von kindlicher Migräne mittels der Infrarot-Thermographie war in canadischen Studie von Wolstein et al 1993 nicht möglich, da neun von zehn untersuchten Kindern mit Migräne normale Thermogramme zeigten [29].

Im Bereich der Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde konnte bereits 1985 bei Erwachsenen und Kindern mittels der Flüssigkeit-Kristalthermographie der Luftstrom über die Nasenlöcher thermographisch festgehalten und verfolgt werden, so dass Rückschlüsse über die Atmung über den Tag verteilt möglich waren [30].

Weitere mögliche Anwendungen der Infrarot-Thermographie bei Kindern sind Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter, bei denen sich die Durchblutung ändert oder Erkrankungen des Bewegungsapparates, die eine Beteiligung der Gelenke aufweisen können. Diese Erkrankungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.



<b>1. Primäre Vaskulitiden im Kindesalter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kawasaki-Syndrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purpura Schönlein-Henoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Takayasu Arteriitis [2]</li> </ul>
<b>2. Hyperkoagulopathien kongenitaler Defekte und erworbener Formen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antithrombin III-Defekte</li> <li>• Protein-C-Defekte</li> <li>• Protein-S-Defekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klappenfehler</li> <li>• artifizielle Klappen</li> <li>• Gefäßschäden</li> </ul>	
<b>3. Substanzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\beta</math>-Blocker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxikation der ergotaminhaltigen Medikamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwermetalle</li> </ul>
<b>4. Kälteagglutinine bei</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virusinfektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hämolytischen Anämien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lupus Erythematodes</li> </ul>
<b>5. Neuritiden und Paresen</b>			
<b>6. Sudeck`sche Reflexdystrophie</b>			
<b>7. Syringomyelie</b>			
<b>8. Skalenus- Syndrom</b>			
<b>9. Juvenile idiopathische Arthritis</b>			
<b>10. Kollagenosen des Kindesalters</b>			
<b>11. post-infektiöse Gelenkentzündungen</b>			

Tab.1

### 1.3 Gelenkentzündungen und Durchblutungsstörungen im Kindesalter

#### 1.3.1 Differentialdiagnose und Merkmale der Juvenilen idiopathischen Arthritis

Differentialdiagnostisch sollte zunächst eine bakterielle oder reaktive Arthritis ausgeschlossen werden, bevor die weiteren Kriterien der JIA zu prüfen sind.

Die Inzidenz der „Juvenilen idiopathischen Arthritis“ wird in verschiedenen europäischen und nordamerikanischen Ländern zwischen 1,3 und 19 / 100.000 Kinder unter sechzehn Jahren angegeben. Für Deutschland wurden 5 Neuerkrankungen / 100.000 Kinder unter sechzehn Jahren ermittelt. Die Prävalenz wurde mit 8 - 13 / 100.000 Kinder angegeben, für Deutschland 20 - 30 / 100.000 Kinder unter sechzehn Jahren [31].

Das Verhältnis Mädchen : Jungen liegt bei 2,3 : 1. Das Hauptmanifestationsalter liegt, je nach Erkrankungsform, zwischen dem zweiten bis fünften und fünften bis zwölften Lebensjahr [32].

Für die Nomenklatur der Rheumaformen des Kindesalters gab es bisher keine einheitlichen Definitionen. Es wurden sowohl die Definitionen der „Juvenilen rheumatoiden Arthritis“ vom ACR (American College of Rheumatology) als auch die der „Juvenilen chronischen Arthritis“ der EULAR (European League against Rheumatism) verwandt [33]. Die ILAR (International League against Rheumatism) hat kürzlich eine Definition der „Juvenilen idiopathischen Arthritis“ mit dem Ziel erarbeitet, Studien transatlantisch zu vereinheitlichen. Im Rahmen der Dokumentation wird die ILAR- Definition benutzt [34].

Nach den Kriterien der ILAR spricht man nur dann von einer „Juvenilen idiopathischen Arthritis“ (JIA), wenn die Arthritis über sechs Wochen anhält.

Nach klinischen Kriterien erfolgt nach dem Ablauf von sechs Monaten bislang eine Einteilung in sechs Subtypen [35]. Erstmals wird seit kurzem die Psoriasis-JIA als eigener Subtyp juveniler Arthritiden in die ILAR-Klassifikation eingeführt, wobei Klassifikationskriterien derzeit Gegenstand der Diskussion sind [36].

1. die seropositive Polyarthrititis mit einer relativen Häufigkeit von etwa < 5%,
2. die seronegative Polyarthrititis mit einer relativen Häufigkeit von 20 %,
3. die Oligoarthrititis mit 40 % relativer Häufigkeit,
4. die Enthesitis assoziierte Arthritis zeigt eine relative Häufigkeit von 30 % und
5. Morbus Still mit 5 % [37]
6. Psoriasis-JIA [38].

Ad 1. und 2.)

Bei der polyartikulären Form der „Juvenilen Arthritis“ sind fünf und mehr Gelenke in den ersten sechs Monaten befallen. Mädchen erkranken hieran häufiger als Jungen. Die polyartikuläre Form des frühen Kindesalters, die meist um das 5. Lebensjahr auftritt, keine Rheumafaktoren, keine HLA-Assoziation und in 25 % der Fälle antinukleäre Antikörper aufweist, zeichnet sich im Vergleich zur seropositiven Polyarthrititis durch eine bessere Gelenkprognose aus.

Die kindliche seropositive Polyarthrititis beginnt um das zwölfte Lebensjahr und geht häufig mit einer HLA-DR4 Assoziation und in 75 % der Fälle mit einem Auftreten antinukleärer Antikörper einher. Sie entspricht letztendlich der erwachsenen Form der Rheumatoiden Arthritis.

Ad 3.)

Die ILAR-Definition unterscheidet im Verlauf der kindlichen Oligoarthritis die „persistente“ Form mit einer Gelenkbeteiligung unter fünf Gelenken von der „extended“, bei der kumulativ mehr als fünf Gelenke befallen sind.

Die Klassifikation des American College of Rheumatology beschreibt eine Frühform der Oligoarthritis, die auch als „EOPA“ (Early Onset Pauciarticular Arthritis) bezeichnet wird.

Diese Erkrankung kommt häufiger bei Mädchen vor und zeigt in 50 % der Fälle anti-nukleäre Antikörper. Bei dieser Arthritis liegt eine HLA-DR 5, eine HLA-DR 8-Assoziation [39], eine HLA-A2 und eine HLA-DRB1\*01-Assoziation vor [40]. Bis zu 40 Prozent dieser Patienten müssen mit dem Auftreten einer chronischen Iridozyklitis rechnen. Daher sind regelmäßige augenärztliche Kontrollen obligatorisch.

Die „Early Onset Pauciarticular Arthritis“ weist definitionsgemäß in den ersten sechs Monaten weniger als fünf verschiedene Gelenkentzündungen auf.

Ad 4.)

Eine gleichzeitig vorhandene Gelenk- und Sehnenansatz- oder Sehnenscheidenentzündung mit einem Nachweis des HLA-B27-Antigens und einer anterioren Uveitis oder einer HLA- B27 assoziierten Erkrankung in der Familie sind charakteristisch für die als „Enthesitis assoziierte Arthritis“ bezeichnete Erkrankung [39]. In diese Gruppe gehören 10- 15% der an Arthritis erkrankten Kinder [41].

Ad 5.)

Morbus Still stellt die systemische Erkrankungsform der JIA dar und geht auf die Erstbeschreibung durch Herrn Still in London im Jahre 1897 zurück [42].

Der Altersgipfel dieser Erkrankung liegt im sechsten Lebensjahr, wobei beide Geschlechter gleich häufig betroffen sind. Es ist eine Arthritis mit gleichzeitigem oder vorausgehendem hohem Fieber über zwei Wochen, assoziiert mit mindestens einem der folgenden Kriterien:

- Feinflächiges Exanthem ( 95 %),
- generalisierte Lymphadenopathie (70 %),
- Hepato- oder Splenomegalie,
- Serositis: Pleuritis (10 %) und oder Perikarditis ( 35 % ) [43].

Die Arthritis beim Morbus Still tritt zu 40 % im Anfangsstadium der Erkrankung auf. Sie kann allerdings Jahre später noch auftreten. Die Hälfte der Kinder mit Morbus Still haben nach fünf Jahren einen Stillstand der Erkrankung [44].

Ad 6.)

Erstmalig wird die Psoriasis-JIA als eigener Subtyp in die ILAR-Klassifikation juveniler Arthritiden eingeführt. Eines der Hauptkriterien der PSA-JIA in der ILAR-Klassifikation ist die positive Familienanamnese, die in 74% der Fälle bei einer Analyse von über 1200 Krankengeschichten nachgewiesen wurde. Das Allel HLA-B27 ist mit der Psoriasis-Arthritis assoziiert und das HLA-Cw\*0602 tritt statistisch gehäuft bei dem gemeinsamen Auftreten von Arthritis und Psoriasis auf. Weitere Klassifikationskriterien sind derzeit Gegenstand der Diskussion [45].

Die Pathogenese der JIA ist multifaktoriell beeinflusst, wobei multiple genetische Faktoren und Umwelteinflüsse gemeinsam das Auftreten und den Verlauf der Erkrankung beeinflussen. Die einzelnen Subtypen unterscheiden sich insbesondere in ihrem immungenetischem Hintergrund (HLA-Gene) und einige der JIA assoziierten Gene vermitteln nur in einem bestimmten Lebensalter ein erhöhtes Risiko. Einige Subtypen der JIA haben im Vergleich zur rheumatischen Arthritis des Erwachsenen einen eigenen genetischen Hintergrund. Es gibt Patienten mit einer klinisch eindeutig diagnostizierten JIA, die keines der assoziierten Gene tragen. Die Klassifikation der ILAR basiert auf rein klinischen Kriterien und in Zukunft werden genetische Erkenntnisse sicherlich in die Klassifikationskriterien integriert [46].

Die folgenden Angaben zur immunpathologischen Ätiologie einer rheumatoiden Arthritis beziehen sich auf Erwachsene:

Auslöser einer rheumatoiden Arthritis sind nach derzeitigen Vorstellungen bedingt durch Störungen in der immunologischen Verarbeitungen von bestimmten viralen bzw. bakteriellen Antigenen oder auch körpereigenen antigenen oder auch körpereigenen Substanzen, wie Kollagen.

Nach Phagozytose des unbekanntes Allo- bzw. Autoantigens durch Makrophagen erfolgt eine Antigenpräsentation an T-Lymphozyten. Infolge einer gebremsten Aktivierung und Verminderung von T-Suppressorzellen sowie einer erhöhten Anzahl von T-Helferzellen kommt es zu einer gesteigerten Differenzierung von B-Zellen in immunglobulinproduzierende Plasmazellen und damit zu einer vermehrten Bildung von Autoantikörpern wie den Rheumafaktoren. Möglicherweise tritt infolge der gestörten T-Zellbalance eine Antigenpersistenz ein, womit eine Chronizität des Antigenstimulus bei der RA geschaffen wird.

Lokal produzierte IgG-Antikörper werden nach Selbstassoziierung von Phagozytosezellen aufgenommen. Diese setzen infolge des Phagozytosestimulus Zytokine wie Lymphokine, Interleukin 1 und weitere Entzündungsmediatoren frei, die neben den

freigesetzten  $O_2^-$ -Radikalen und Kollagenasen entscheidend für die Knochen- und Knorpelzerstörung sind.

Durch die Bildung von Rheumafaktoren, beziehungsweise Antiimmunglobulinen verschiedener Immunglobulinklassen, kann es zu Ablagerungen der Immunkomplexe in Blutgefäßen und zu einer Aktivierung des Komplementsystems kommen, was eine Immunkomplex-induzierte Vaskulitis zur Folge hat.

Besonderes Interesse haben in letzter Zeit Untersuchungen gefunden, die aktivierten Fibroblasten eine wichtige Rolle an der rheumatischen Gelenkzerstörung anlasten. Eine Aktivierung der Prostaglandinsynthese unterstützt die entzündliche Reaktion im Gelenk [47]. Diese Angaben sind wie gesagt bei Erwachsenen erforscht und es ist rein hypothetisch, dass bei Kindern ähnliche immunologische Störungen in der Verarbeitung von Allo- und Autoantigenen vorliegen.

Erforscht ist jedoch bei Kindern, wie oben genannt, dass die Pathogenese der JIA multifaktoriell, d. h. durch multiple genetische Faktoren und Umwelteinflüsse gemeinsam, das Auftreten und den Verlauf der Erkrankung beeinflussen. Die einzelnen Subtypen der JIA unterscheiden sich nicht nur untereinander in ihrem immunogenetischem Hintergrund (HLA-Gene), sondern auch von den Subtypen der rheumatischen Arthritis des Erwachsenen [48].

Weitere Rückschlüsse über immunologische Prozesse bei Kindern mit einer JIA können aus Untersuchungen medikamentöser Therapien mit TNF-alpha-Inhibition durch Antikörper oder durch ein lösliches Tumornekrosefaktor-Rezeptor-Immunglobulin-Fusionsprotein (Etanercept) bei Kindern mit einer JIA gewonnen werden. Diese Untersuchungen haben sich als sehr wirksam erwiesen, wobei lediglich aus dieser Medikamentenklasse Etanercept im Kindesalter bisher abschließend bis zur Zulassung geprüft wurde [49].

TNF-alpha ist ein von T-Zellen, Monozyten und Makrophagen gebildetes, aus drei identischen Untereinheiten bestehendes lösliches 17 kd Protein. Es bindet an zwei spezifische Rezeptoren auf der Zellmembran der Zielzelle und löst eine Zellaktivierung aus, in deren Folge Aktivierungs- und Adhäsionsantigene exprimiert und

Entzündungsmediatoren, Prostaglandine, Prostacycline und andere proinflammatorische Zytokine gebildet werden [50].

Eine Indikation zur medikamentösen Therapie mit TNF-alpha-Antagonisten besteht zur Zeit nur dann, wenn die JIA auf parenteral verabreichtes Methotrexat nicht ausreichend anspricht [51]. Weitere sogenannte „Off-Label-Verwendung“ des Interleukin 1 Rezeptor Agonisten Anakinra, wie Anti-Interleukin- 6 Rezeptor- Antikörper MRA und Rituximab (Anti- CD 20 monoclonal Antibodies) werden derzeit bei Kindern mit JIA in Studien geplant und getestet [52].



### 1.3.2 Definition und Vorkommen des Raynaud – Phänomens

Einige rheumatische Erkrankungen gehen mit einer Beeinträchtigung der peripheren Durchblutung einher. Diese Störungen können sich Symptomen von kalten, blauen Händen bis hin zu Ulcerationen äußern.

Der französische Internist Maurice Raynaud beschrieb 1862 erstmals das Raynaud-Phänomen als ein Defizit der Mikrozirkulation von einer begleiteten lokalen Ischämie [53].

Unter einem Raynaud - Phänomen versteht man die anfallsweise auftretende Ischämie (Abblassen) der Finger infolge von Vasospasmen der kleinen Hautgefäße mit folgender Zyanose (Blauverfärbung) sowie der anschließenden reaktiven Hyperämie (Rötung der Finger). Dieses Phänomen wird auch als Trikolore Phänomen bezeichnet [54].

- Das primäre Raynaud-Syndrom, welches meistens durch Kältereiz oder vegetativ bei emotionaler Anspannung ausgelöst wird und meist junge Frauen betrifft, muss von dem
- sekundären Raynaud-Syndrom mit einer Grunderkrankung (Vgl. Seite 2) unterschieden werden.

Das Raynaud-Phänomen wurde bereits auch im Kindes- und Jugendalter beobachtet, jedoch sind bislang keine genauen Angaben bezüglich der Prävalenz oder der Inzidenz bekannt.

#### 1.4 Fragestellungen der Arbeit

Während die bisherigen thermographischen Daten im Bereich der Rheumatologie vor allem den Stand der Forschung für Erwachsene widerspiegeln, soll diese Arbeit zeigen, dass sich auch bei Kindern im Bereich der Rheumatologie thermographisch aussagekräftige Daten erheben lassen.

Der Einsatz der Infrarot-Thermographie wäre insbesondere in der Pädiatrie von besonderem Interesse, da dieses Untersuchungsverfahren schmerzfrei und frei von weiteren Nebenwirkungen ist.

1. Mittels der Infrarot-Thermographie, unter Verwendung des dynamischen Kaltwasserprovokationstestes, einer Untersuchungsmethode in Anlehnung an die Thermographischen Untersuchungen bei Erwachsenen von E.F.J. Ring im Jahre 1993 [55], wurde geprüft, ob auf diese Weise die Diagnose eines Raynaud-Phänomens auch im Kindes- und Jugendalter zu erheben ist.
2. Eine andere Überlegung war herauszufinden, ob es bei Kindern mittels thermographischer Untersuchungen möglich ist entzündliche Knochen- und Gelenkprozesse zu objektivieren, beziehungsweise auszuschließen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Apparative Voraussetzungen

Die thermographischen Aufnahmen dieser Arbeit sind mit einem modernen Thermographie-System angefertigt. Dieses System setzt sich zusammen aus einer portablen und akkubetriebenen „Nikon Thermal Vision LAIRD-S- 270“ Kamera (Nikon 1998, Japan) mit einem integrierten „Sterling-Kühler“ und digitaler Bildverarbeitung mittels „PicWin- IRIS“ Software (Fa. ebs, München).

Ein besonderer Vorteil dieses Systems ist neben dem guten Handling das hohe Auflösungsvermögen bei 270.000 Pixel (Temperaturunterschiede von 0,2°C können erfasst werden) und die hohe Bildwiederholfrequenz mit 30 Hz der Echtzeitdokumentation.

### 2.2 Voraussetzungen zur thermographischen Untersuchung

Die folgenden Voraussetzungen sind wichtig, um falsch pathologische Befunde zu vermeiden und um standardisierte, vergleichbare und reproduzierbare Bilder zu erhalten.

1. konstante Umgebungs- bzw. Raumbedingungen (18-20°C)
2. zuvor keine körperliche Belastung
3. keine vasoaktiven Getränke wie Kaffee oder Coca-Cola
4. keine vasoaktiven Medikamente wie ergotaminhaltige Medikamente oder  $\beta$ -Blocker
5. normo- oder hyperkalorische Ernährungsbedingungen
6. Akklimatisation der Haut für mindestens 15 Minuten
7. ruhiger Untersuchungsablauf, um Stress bedingte Vasokonstriktion zu verhindern
8. definierte Abbildungswinkel und -ebenen (orthogonaler Strahlengang)
9. definierte Auswertungstechnik (Bildauflösung)
10. Berücksichtigung von tageszeitlichen Schwankungen

### 2.3 Durchführung des „Kaltwasser“-Tests

Zuerst wird bei einer konstanten Raumtemperatur von 23° C nach Akklimatisation der Haut ein Referenzbild angefertigt. Die Hände liegen dabei nebeneinander, so dass sich die Finger untereinander möglichst nicht berühren. Die Unterlage besteht aus einem dunklen Stoff, der wenig Strahlung reflektiert. Der Proband taucht für eine Minute beide Hände in ein Wasserbad mit einer Temperatur von 20° C. Anschließend wird in den Abständen von 1 / 3 / 5 / 7,5 / 10 / 15 Minuten der Verlauf der Reperfusion thermographisch verfolgt. Die Verwendung von 20 °C kaltem Wasser ist für diesen Test international standardisiert [55].

### 2.4 Auswertung der Messergebnisse

Das „PicWin- Iris“- Softwareprogramm dient der Auswertung der Thermogramme auf einem PC. Damit ist der Anwender in der Lage, die Bilder auf dem Rechner zu archivieren und unabhängig vom Thermographie-System auszuwerten. Die Daten können digital übertragen werden. Als Bildspeichereinheit für die Zwischenspeicherung und Darstellung der Thermogramme wird eine Standard-VGA-Karte verwendet. Dadurch werden sowohl die Menüführung als auch die Bilder auf dem Monitor dargestellt. Die Software gestattet einen bidirektionalen Datentransfer vom Thermographie-System zum Rechner und umgekehrt [56].

### **3 Ergebnisse**

In der vorliegenden Arbeit wurden in dem Zeitraum von September 2001 bis Juni 2003 achtzehn Mädchen und neun Jungen einer Altersspanne vom dritten bis zum achtzehnten Lebensjahr, thermographisch untersucht.

Bei den Erkrankungen der Kinder und Jugendlichen finden sich neben einer Sudeck`schen Reflexdystrophie, einer Purpura Schönlein-Henoch, einer Osteomyelitis, überwiegend kindliches und jugendliches Rheuma im engeren Sinne.

Die thermographische Auswertung des Kaltwassertests und der Gelenkaufnahmen von zehn Patienten dieser Untersuchungsgruppe erfolgt in Form von Kasuistiken, da durch die Vorselektion und die begrenzte Anzahl der Patienten eine statistische Auswertung nicht sinnvoll erscheint.

### **Kasuistik I (Sudeck`sche Reflex – Dystrophie)**

Ein sechzehnjähriges Mädchen klagt seit drei Wochen über eine Missempfindung des rechten Unterarms bis zu den Fingern, welche sich aber keinem spinalen Dermatome eindeutig zuordnen lässt. Bis auf einen leichten Druckschmerz im Bereich des rechten Handgelenks lassen sich keine weiteren Beschwerden, wie eine Veränderung der Hautbeschaffenheit, eine Schwellungen im Handgelenksbereich oder ein subjektives Kälteempfinden feststellen. Eine kurzweilige livide Verfärbung der rechten Hand sei vor einem Jahr aufgetreten. Es ist kein Trauma zu eruieren.

Das Mädchen weist unauffällige serologische Entzündungs- und Gerinnungsparameter, eine negative Infektionsserologie mit Normwerten der Immunglobuline Ig G; Ig A und Ig M, unauffälligem C-reaktiven Protein und negativem Screening auf Antinukleäre Antikörper, wie ANA, An-DNA, ENA auf. Rheumafaktoren waren nicht nachweisbar. Es bestand serologisch kein Anhalt für eine Borrelioseinfektion. Die sonographischen und radiologischen Befunde waren ohne pathologischen Befund. Die Elektro-neurographie am N. ulnaris, N. radialis und N. medianus dieser Patientin ergab physiologisch-maximale, motorische und sensible Nervenleitgeschwindigkeiten in Richtung der physiologischen Leitung, das heißt orthodrom und entgegengesetzt, antidrom.

Als Grunderkrankung lag eine Enthesitis assoziierte Arthritis vor allem der Ileo-sacralfugen vor. Die Hände waren zum Zeitpunkt dieser thermographischen Aufnahme klinisch nicht von einer Arthritis betroffen.

Die thermographische Untersuchung der Hände vor Kälteprovokation zeigt dieses Bild:

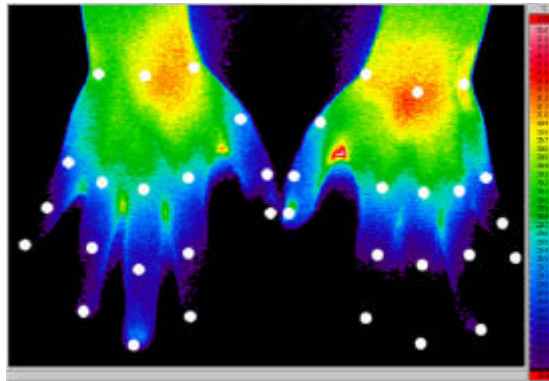


Abb. 3

Rechte Hand - Linke Hand

Deskriptive Auswertung des Infrarotbilds - Referenzbild - „pre-stress“:

Das Referenzbild vor dem Kaltwasser-Provokationstests zeigt eine nahe zu symmetrische und damit normale Temperaturverteilung beider Hände. Die thermographischen Messpunkte unserer Auswertung sind in Abbildung 3 weiß eingezeichnet.

An der linken Hand, in der Mitte des Articulatio radiocarpalis, liegt die Temperatur bei 31,1°C und an der rechten Hand, an entsprechender Stelle, bei 30,8°C.

An den Articulationes carpometacarpales beider Hände liegt die Temperatur bei 29,5°C. Ebenfalls nahezu seitengleiche Temperaturen von 28,2 °C zeigen sich über den proximalen Interphalangealgelenken.

Die Finger beider Hände haben, mit Ausnahme des peripher um 1°C wärmeren Mittelfingers der rechten Hand, über den peripheren Interphalangealgelenken eine Temperatur von 28,0°C. Der linke Daumen ist in der Mitte des Fingernagels um 2,0° C wärmer als der Daumen der Gegenseite.

Die thermographische Untersuchung der Hände nach Kälteprovokation zeigt dieses

Bild:

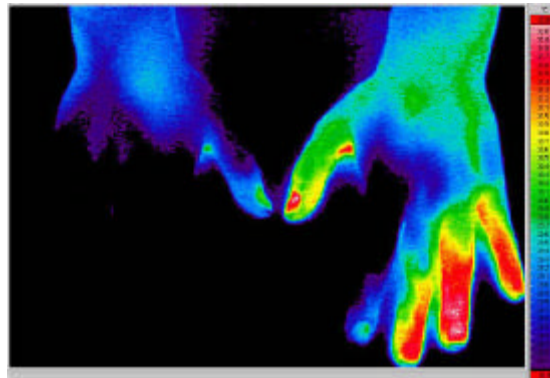


Abb. 4

Rechte Hand - Linke Hand

Auswertung des Infrarotbilds - „15 Minuten post-stress“:

Die rechte Hand weist im Vergleich zur anderen eine deutliche Hypothermie auf. An der linken Hand fällt die Hypothermie des Zeigefingers auf. Die Finger II-V der rechten Hand sind über allen drei definierten Punkten (Vgl.S.22/ 2.3.2.) nicht wärmer als 28°C. Der Daumen, die Finger III, IV und V sind rechts über allen drei definierten Punkten (Vgl.S.22/ 2.3.2.) 2°C - 3,9°C kälter als die Finger der Gegenseite. Diese Form der thermographischen Abbildung ist der sogenannte „stocking glove“.

Als Grunderkrankung lag eine Enthesitis assoziierte Arthritis vor allem der Ileo-sacralfugen vor. Die Hände waren zum Zeitpunkt dieser thermographischen Aufnahme klinisch nicht von einer Arthritis betroffen. Vermutlich lag hier zusätzlich eine idiopathische vasomotorische Fehlregulierung im Rahmen einer Algodystrophie vor. Die Algodystrophie, synonym auch die Sudeck-Dystrophie genannt, beginnt mit dem Stadium einer Hyperämie. Im Verlauf lässt die Entzündung nach und die Haut wirkt eher bläulich. Im Spätstadium der Sudeck-Dystrophie kommt es zur fibrösen Umwandlung von Weichteilstrukturen, die Kontrakturen entstehen lassen und zu einer schweren Muskelatrophie führen können [57].



## Kasuistik II (Purpura Schönlein- Henoch)

Zum Zeitpunkt der ersten thermographischen Untersuchung wies der zehnjährige Junge seit mehreren Tagen Petechien an den Streckseiten beider Beine und Arme sowie am Gesäß auf. Die erste Episode einer Purpura Schönlein-Henoch sei vor 4 Jahren, ebenfalls mit petechialen Einblutungen, aufgetreten. In den letzten Monaten vor der ersten thermographischen Untersuchung seien keinerlei Infekte bemerkt worden. Sämtliche Gelenke wurden vor der ersten thermographischen Aufnahme untersucht und zeigten keine Besonderheiten bezüglich Schwellung, Rötung, Überwärmung oder Unterkühlung. Der Bewegungsumfang der untersuchten Gelenke erwies sich als normal. Serologisch zeigte sich zum Zeitpunkt der ersten thermographischen Untersuchung eine Thrombozytose mit 542.000 Thrombozyten/ $\mu\text{l}$ . Alle weiteren Gerinnungs- und Entzündungsparameter waren unauffällig.

Die Bilder der ersten thermographischen Untersuchung ohne Kälteprovokation des zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch sind auf den folgenden Abbildungen 5 und 6 zu sehen.

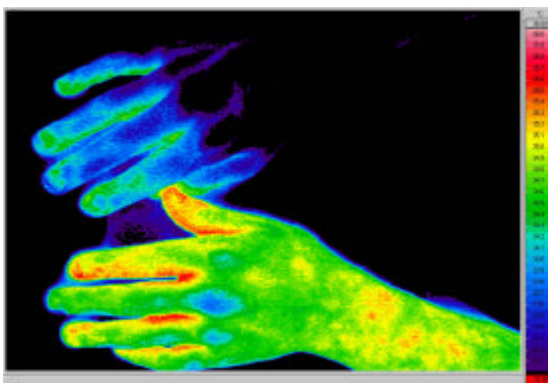


Abb.5

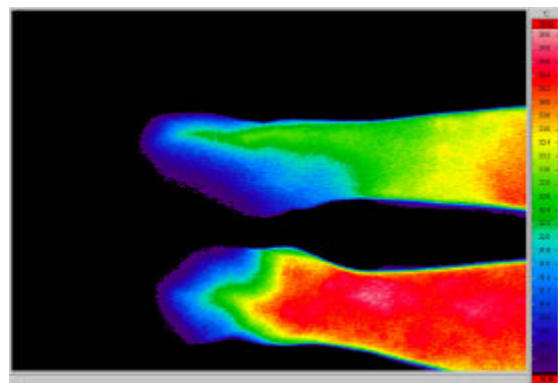


Abb.6

Interessanterweise entdeckt die Thermographie eine seitendifferente Temperatur der Extremitäten (Vgl. Abb.5 und Abb.6), die in diesem Fall ohne thermographische Untersuchung unentdeckt geblieben wäre. Die Vermutung einer Vaskulitis größerer Gefäße liegt nahe.

Verlaufsuntersuchung vierzehn Tage später:

In der klinischen Verlaufsuntersuchung, vierzehn Tage nach dem Beginn einer medikamentösen Therapie mit anfänglich 78 mg Prednison pro Tag und einer Dosisreduktion auf 26 mg pro Tag nach wenigen Tagen, fiel, neben den weiterhin bestehenden Petechien an den Streckseiten aller Extremitäten, ein druckschmerzhaftes Abdomen mit einer Resistenz im linken Unterbauch und eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung des linken oberen Sprunggelenks von 20° - 0° - 30° in Extension / Flexion auf. Im Seitenvergleich war das linke obere Sprunggelenk geschwollen und fühlbar überwärmt, jedoch nicht gerötet. Das rechte obere Sprunggelenk wies einen Bewegungsumfang von 30° - 0° - 40° in Extension / Flexion auf und war unauffällig bezüglich Calor, Dolor, Tumor und Rubor. Im Bereich der Hände seien die Zeige- und Mittelfinger beider Hände seit einigen Tagen in Ruhe und Bewegung schmerzhaft gewesen. Die proximalen Handgelenke waren beidseits bei leicht vermindertem Bewegungsumfang von 50° - 0° - 45° in Streckung / Beugung unauffällig bezüglich Rubor, Tumor und fühlbarer Calor. Der Faustschluss war beidseits vollständig ohne Schmerzen möglich.

In der Sonographie ließ sich ein Darmwandödem von 8 mm Dicke nachweisen. Serologisch zeigte sich nun zusätzlich eine Leukozytose von 14 900 / $\mu$ l und ein Anstieg der Thrombozytose auf 788 000 Thrombozyten / $\mu$ l. Das Akut-Phaseprotein Fibrinogen lag mit 374 mg/dl unverändert im Normbereich. Das C-reaktive Protein, die Blutsenkungsgeschwindigkeit, alle weiteren Gerinnungs- und Entzündungsparameter entsprachen der Norm. Der Urinstatus und Hämokulttest waren ohne pathologischen Befund.

Die Abbildungen 7 und 8 stellen zwei Beispiele der zweiten thermographischen Untersuchung ohne Kälteprovokation des zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch unter medikamentöser Therapie mit Prednison seit vierzehn Tagen dar.



Abb.7



Abb.8

Die thermographische Verlaufsuntersuchung unter medikamentöser Therapie mit Prednison seit vierzehn Tagen zeigt, im Vergleich zu den thermographischen Erstaufnahmen zwei Wochen zuvor, keine so ausgeprägte Seitendifferenz der Temperatur an Händen und Füßen mehr (siehe Abb.7 und 8). Die Abbildung 7 zeigt eine Hypothermie des Digitus II, III und V der linken Hand. Die rechte Hand zeigt im Vergleich zur Gegenseite eine etwas weniger ausgeprägte Hypothermie des Zeige- und Mittelfingers. Diese Hypothermie lässt auf eine Minderperfusion schließen und könnte ursächlich für die anamnestisch erhobenen Schmerzen in diesem Bereich sein.

In Abbildung 8 ist die Überwärmung des linken Sprunggelenks ersichtlich. Dies korreliert mit den oben genannten klinischen Angaben des Patienten. Außerdem stellt sich auch das rechte Sprunggelenk im Infrarotbild überwärmt dar. Im Infrarotbild zeigt sich ein typisches Tendinitismuster beidseits, links deutlich ausgeprägter als rechts.

Interessant ist, dass die Thermogramme Hinweise auf eine Minderperfusion der Hände (Vgl. Abb.7) und eine Tendinitis des rechten und linken Fusses (Vgl. Abb.8) liefern.

Das sonographisch nachgewiesene Darmwandödem von 8 mm Dicke bildete sich unter Applikation von Steroide bis zum völligen Verschwinden zurück. Eine Verbesserung der Arthritis des oberen Sprunggelenks unter Applikation von Steroide wäre zu erwarten gewesen. Dies ist jedoch entsprechend der Interpretation der Thermogramme bisher nicht der Fall.

### **Kasuistik III (Purpura Schönlein- Henoch)**

Ein fünfjähriger Junge weist Petechien im Bereich der Streckseiten beider Beine auf, die seit einer Woche vorhanden seien. Seit einer Woche habe er Schmerzen im rechten Fuß, so dass er nur auf Zehenspitzen gelaufen sei. Er sei daraufhin im Krankenhaus vorstellig geworden. Das dort angefertigte Röntgenbild des rechten Fußes sei unauffällig gewesen und er sei wieder entlassen worden. In den folgenden Tagen sei es zu einer Besserung der Schmerzen im Fuß gekommen. Zwei Tage vor der stationären Aufnahme seien die Schmerzen mit Schwellung des rechten Fußes wieder stärker geworden und auch der linke Fuß habe begonnen zu schmerzen. Die Ausbreitung der punktförmigen Effloreszenzen an den Streckseiten der Beine habe zugenommen. Intermittierende Bauchschmerzen vor zwei Wochen seien seitdem nicht mehr vorgekommen.

Der Jungen wies zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung einen guten Allgemein- und Ernährungszustand auf. Im Gesicht zeigte er ein erhabenes Exanthem, ebenso an den Streckseiten der Beine und beidseits am Fußrücken. Im Gluteal- und Genitalbereich waren rundliche Einblutungen, zum Teil frisch, zum Teil abgeblasst, livide verfärbt, maximal 0,5 mm im Durchmesser, zum Teil petechienartig, stecknadelkopfgroß, nicht erhaben und nicht wegdrückbar zu sehen. Die Schwellung des rechten oberen Sprunggelenks geht mit einer diskreten, schmerzhaften Bewegungseinschränkung von 20°-0-40° in der Extension - Flexion und 20°-0-40° in der Eversion - Inversion einher. Das rechte obere Sprunggelenk ist fühlbar überwärmt, aber nicht gerötet. Das linke Sprunggelenk ist bis auf eine leichte Schmerzhaftigkeit klinisch nicht weiter auffällig. Der linke Fuß ist in vollem Umfang zu bewegen. Die pädiatrisch-internistische Untersuchung bezüglich Cor, Pulmo und Abdomen, sowie sein Blutbild, die klinische Chemie, der mehrfach kontrollierte Urin und der Hämoccult Test sind zum Zeitpunkt dieser Untersuchung unauffällig.

Sowohl thermographisch (siehe Abb.9) als auch klinisch liegt hier eine deutliche Entzündung im Gelenkbereich des rechten oberen Sprunggelenks und der vorderen Sehnen vor. Der linke Fuß kommt im thermographischen Bild verdreht zur Darstellung

und zeigt eine Enthesitis der Achillessehne, sowie die der vorderen Sehnen. Die Thermographie dient hier einer objektiven Dokumentation.

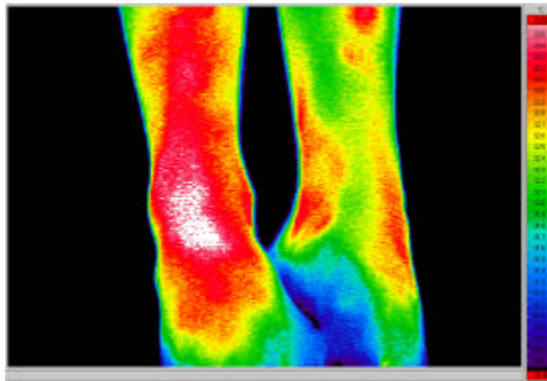


Abb.9

**Kasuistik IV (Hemiparese links)**

Ein zehnjähriges Mädchen erlitt vor fünf Jahren einen schweren Verkehrsunfall, der eine zerebrale Blutung verursachte. Dieses Mädchen klagt 2-3 x pro Woche über Kopfschmerzen. Es ist noch eine Hemiparese auf der linken Seite nachweisbar. Die Patientin zieht beim Gehen das linke Bein nach, der Babinski - Reflex ist linksseitig positiv, außerdem zeigt sich eine Dysdiadochokinese der linken Hand. Die Kraftgrade auf der linken Seite sind bei bestehender Muskelatrophie im linken Oberarm und im linken Bein um etwa ein Grad reduziert. Es liegt keine Spastik und keine Tonuserhöhung der betroffenen Extremitäten vor.

Im Bereich des rechten Sprunggelenks zeigt sich eine lokale Weichteilschwellung mit einer Beugung - Streckbewegung von  $40^\circ - 0^\circ - 20^\circ$  und einer Pronation - Supination von  $20^\circ - 0^\circ - 30^\circ$ . Letztere ist allenfalls leicht vermindert.

Die Blutsenkungsgeschwindigkeit ist mit 26 mm/h nach Westergreen erhöht. Sonstige serologische Parameter liegen im Normbereich. Es gibt serologisch keinen Anhaltspunkt für eine Borrelieninfektion. Anamnestisch wurden rezidivierende Infekte der oberen Luftwege angegeben. Klinisch wurde die Diagnose einer Monarthritis des rechten oberen Sprunggelenks gestellt.

Die Patientin zeigt ohne Kälteprovokation folgendes Thermogramm der unteren Extremität:

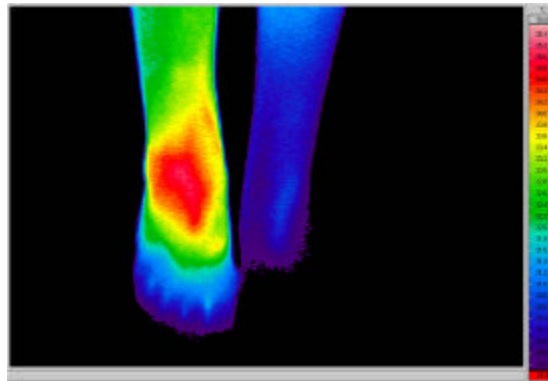


Abb.10

Der linke Fuß ist über dem Caput talli mit einer Maximaltemperatur von  $30,4^{\circ}\text{C}$  kälter als der rechte mit einer Maximaltemperatur von  $35,0^{\circ}\text{C}$ . Die Differenz von  $4,6^{\circ}\text{C}$  kommt bei bekannter Hemiparese zum einen durch eine auffällige Minderperfusion des linken Beins und zum anderen durch das Entzündungsgeschehen des rechten Sprunggelenks zustande. Da die Monarthrit im Verlauf eine rasche spontane Besserung zeigte wurde die Diagnose einer reaktiven Gelenkentzündung im Bereich des rechten Sprunggelenks im Rahmen eines viralen Luftweginfektes gestellt.

### **Kasuistik V (Mykoplasmeninfektion)**

Ein fünfzehnjähriges Mädchen klagt seit einem Jahr über intermittierende Schmerzen in den proximalen Interphalangealgelenken der rechten Hand. Zeitgleich sei es zu einer vorübergehenden lividen Verfärbungen der Finger der rechten Hand gekommen. Diese Schmerzen und Verfärbungen der Finger seien wiederholte male, für mehrere Wochen, unabhängig von der Jahreszeit, so auch im Sommer, aufgetreten. Die Patientin sei bereits von ihrem Kinderarzt für einige Monate mit Nifedipin behandelt worden, worunter sich ihre oben genannte Symptomatik zwar subjektiv gebessert habe, aber da sie unter der medikamentösen Therapie mit Nifedipin fast täglich Kopfschmerzen gehabt habe, sei dieses Medikament wieder abgesetzt worden. Die Patientin leide unter rezidivierenden Bronchitiden.

Die Finger- und Handgelenke der Patientin sind zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung, Ende April, beidseits weder geschwollen noch gerötet und palpatorisch seitengleich kühl. Das Hautcolorit ist seitengleich, normal, ebenso ergibt die Prüfung der Funktion aller Finger- und Handgelenke beidseits einen vollen Bewegungsumfang. Die pädiatrisch-internistische Untersuchung bezüglich Cor, Pulmo und Abdomen ist ohne pathologischen Befund.

Das Blutbild, die Gerinnung und das Screening auf Autoantikörper erweisen sich bei der Patientin als unauffällig. Bei Wärme ist eine Blutsenkungsgeschwindigkeit von 5 mm/h nach Westergreen (Raumtemperatur) und in Kälte von 40 mm/h (4°C) nach Westergreen festzustellen.

Die auffallende Differenz der Blutsenkungsgeschwindigkeit in Kälte und Wärme läßt den Verdacht auf eine Mykoplasmeninfektion aufkommen.

Der Mykoplasmentiter erwies sich als positiv, bei schwach positivem Nachweis von IgG-Antikörpern und IgM-Antikörpern im ELISA. Die Differenz der Blutsenkungsgeschwindigkeit in Wärme und in Kälte spricht für ein mykoplasmen-typische Verhalten. Beide o. g. Befunde bestätigen den Verdacht einer durchgemachten Infektion von Mykoplasmen.



Das thermographische Ausgangsbild beider Hände zeigt die folgende Abbildung:

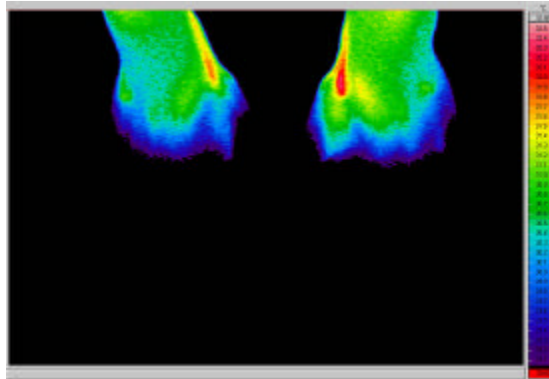
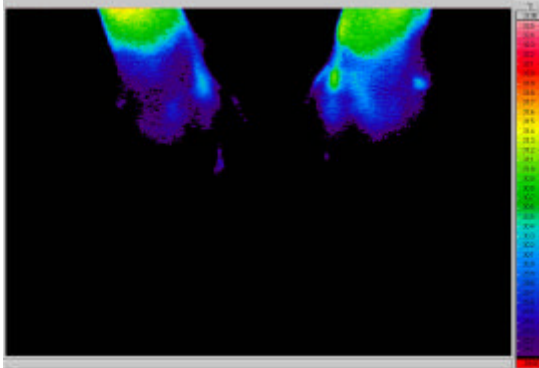


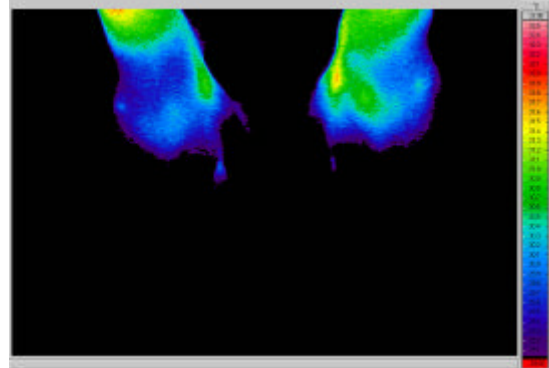
Abb. 11

Dieses Ausgangsbild erfolgte nach einer zehnmütigen Akklimatisationszeit bei einer Raumtemperatur von 23 °C Ende April. Bereits hier fällt die Hypothermie aller Finger auf, was mit dem palpatorischen Befund übereinstimmt.

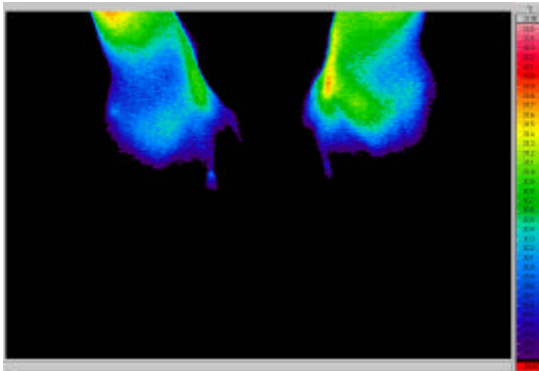
Der dynamische Kaltwassertest der Hände zeigt:



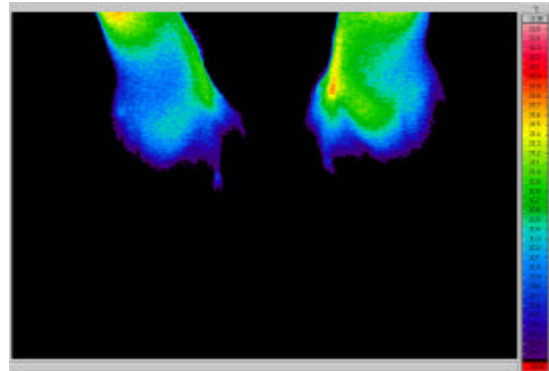
nach 1 Minute



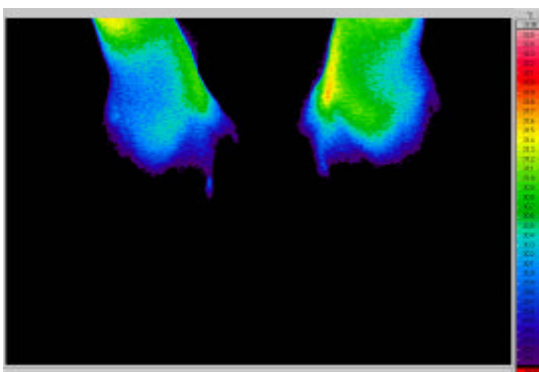
nach 3 Minuten



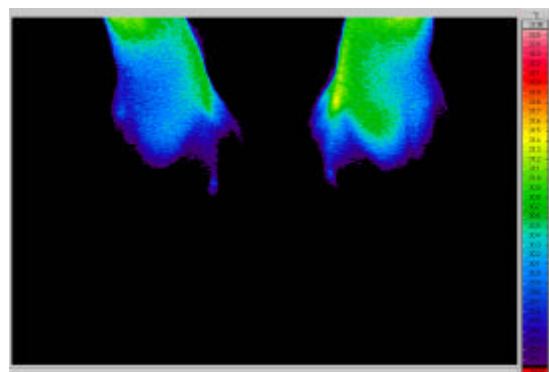
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb.12

Auswertung des thermographisch-dynamischen Kaltwassertests der Hände:

Im Verlauf des dynamischen Kaltwassertests stellt sich eine persistierende, symmetrische Hypoperfusion beider Hände dar. Ähnliche Bilder zeigt der zeitgleiche Ablauf des Kaltwassertests der Füße dieser Patientin.

Das thermographische Ausgangsbild beider Füße zeigt die folgende Abbildung:

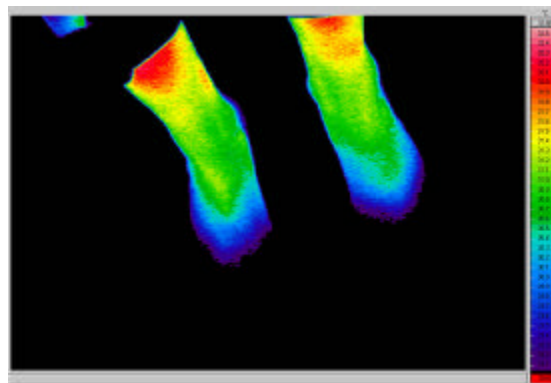
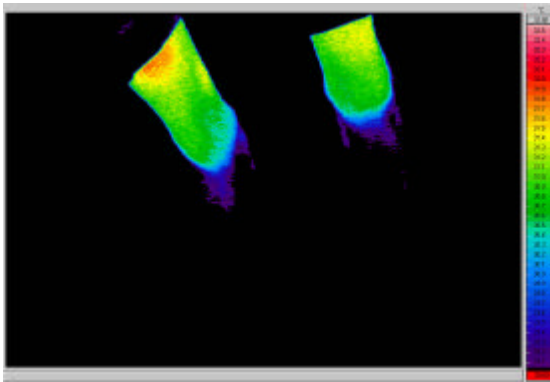


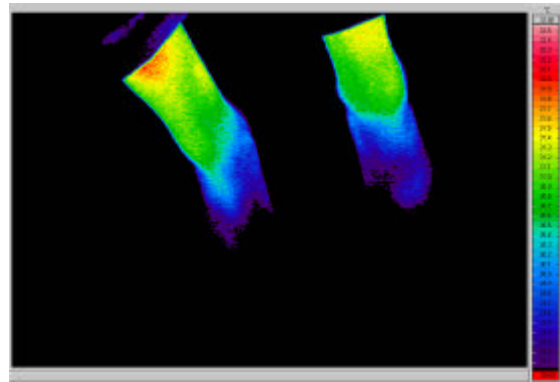
Abb. 13

Dieses Ausgangsbild erfolgte nach einer zehnmütigen Akklimatisationszeit bei einer Raumtemperatur von 23 °C Ende April. Bereits hier fällt die Hypothermie der Zehen auf, was mit dem palpatorischen Befund übereinstimmt.

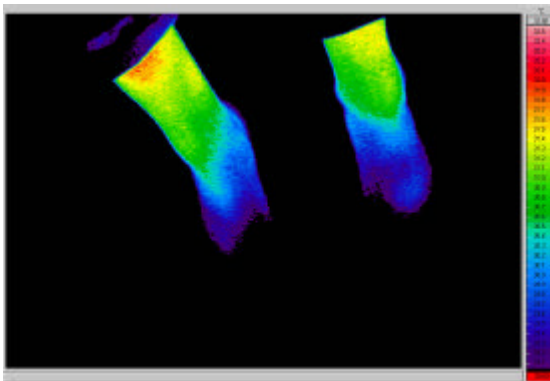
Dynamischer Kaltwassertest der FüÙe derselben Patientin:



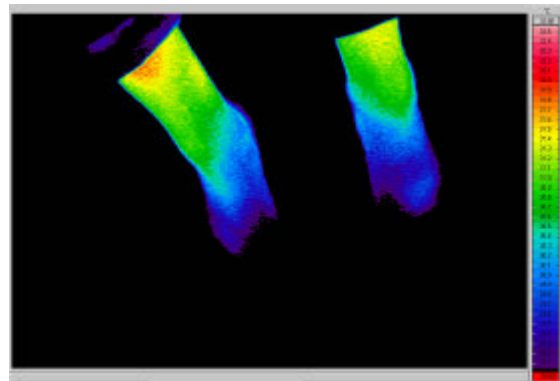
nach 1 Minute



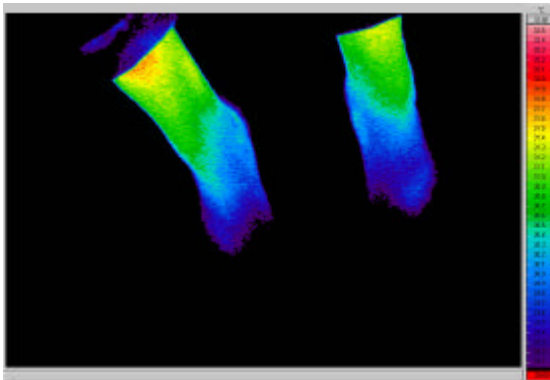
nach 3 Minuten



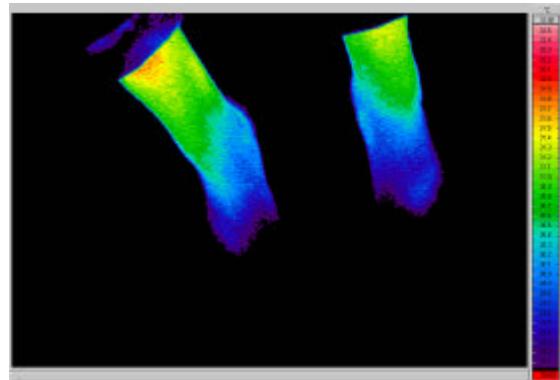
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb.14

Auswertung des thermographisch-dynamischen Kaltwassertests der Füße:

Auch im dynamischen Kaltwassertest der Füße kommt es bei dieser Patientin fünfzehn Minuten nach Kälteexposition zu einer nahe zu seitengleichen persistierenden Hypothermie der Füße. Es liegt somit ein Raynaud-Phänomen, der Hände und Füße, auf der Basis einer postinfektiösen Immunpathologie mit auffälligem Mykoplasmentiter im IG-G und IG-M Bereich, vor.

### **Kasuistik VI (Trikolore-Phänomen)**

Die sechzehnjährige Patientin berichtet, dass sich ihre Finger und Füße vor allem in Kälte blau färben und dabei schmerzhaft seien. Die Symptomatik habe vor vier Jahren an den Fingern begonnen, sei im Verlauf stärker geworden und habe sich auch auf die Handflächen ausgedehnt. Gleiches trete auch an den Füßen auf. Diese Symptomatik würde jedes Jahr im Herbst einsetzen. In ihrer Familienanamnese geben beide Eltern ähnliche Symptome bei Kälte an. Bei ihrer Mutter sei dieses schon seit dem Jugendalter bekannt.

Die vor einem Jahr angesetzte Dauermedikation mit Nifedipin habe die Patientin seit vier bis fünf Monaten gestoppt. Die Patientin rauche 2-3 Zigaretten pro Tag.

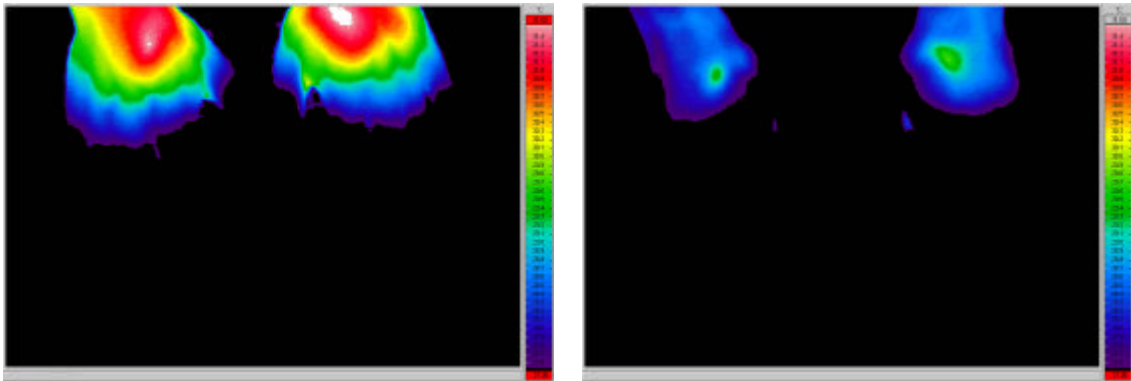
Die Patientin habe oft diffuse Kopfschmerzen, die den ganzen Tag anhalten würden. Es sind zum jetzigen Untersuchungszeitpunkt keine anderen Erkrankungen bekannt.

In der klinischen Untersuchung zeigt dieses Mädchen beidseits eine periphere Zyanose der Finger mit fühlbarer Kälte bis zum Metacarpophalangealgelenk. Ebenso zeigen die Zehen beidseits eine leichte Zyanose und Kälte bis zum Mittelfuß übergehend. Die Rekapillarisation und der Pulsstatus sind regelrecht. Das Skelettsystem und die Bewegungsorgane sind aktiv und passiv seitengleich frei beweglich und zeigen keine Rötung oder Schwellung über den Gelenken. Die weitere internistische Untersuchung ist ohne pathologischen Befund.

Das Blutbild zeigt Normwerte. Der Gerinnungsstatus ist unauffällig. Ein Screening auf antinukleäre Antikörper sowie der Nachweis von ANCA-Antikörpern sind negativ. In der immunhämatologischen Untersuchung zeigen sich Kälteagglutinine bei 4°C mit einem niedrigen Titer positiv.

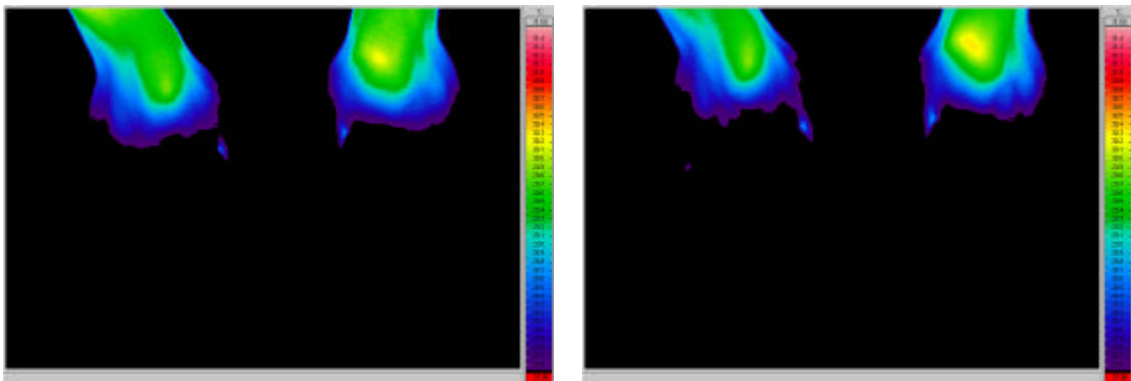
Die Echokardiographie ergibt keinen Hinweis auf einen Herzfehler oder eine kardiale Erkrankung. Das Elektrokardiogramm ist unauffällig.

Die thermographische Untersuchung zeigt im Dynamischen Kaltwasser-Test:



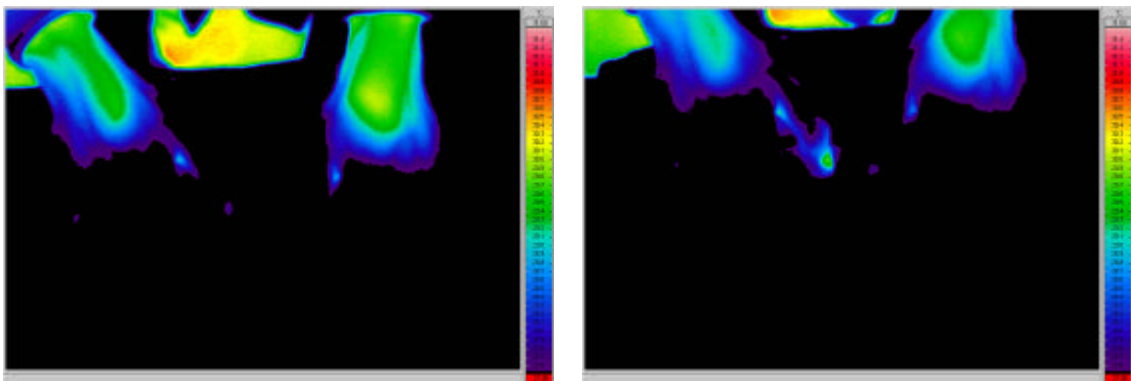
Ausgangsbild

nach 1 Minute



nach 3 Minuten

nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten

nach 15 Minuten

Abb. 15

Es zeigt sich eine akrale persistierende symmetrische Hypothermie der Hände bei einem Kälteagglutinin assoziierten Raynaud-Phänomen.

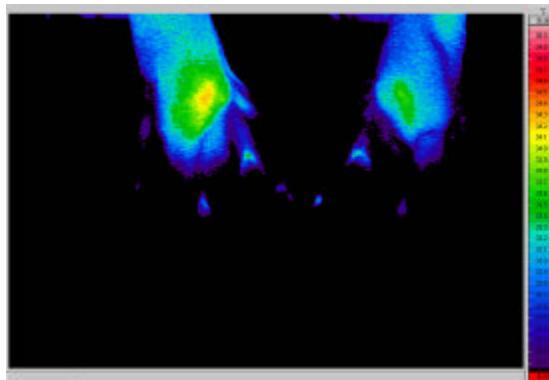
### Kasuistik VII (M. Raynaud)

Eine dreizehnjährige Patientin berichtet, sie habe vor drei Monaten erstmals eine Schwellung und Rötung der Finger I-IV beider Hände bemerkt. Die Haut sei gespannt gewesen und an einzelnen Stellen ulcerierend aufgeplatzt. Die Finger hätten gejuckt, seien aber nicht schmerzhaft gewesen.

Aktuell sind die Finger kühl, leicht zyanotisch, aber nicht geschwollen oder ulceriert. Das Skelettsystem, einschließlich des Bewegungsumfangs der Gelenke, ist ohne pathologischen Befund. Es sind keine weiteren Vorerkrankungen bekannt und sämtliche serologischen Entzündungs- oder Infektionsparameter befinden sich in der Norm. Der Gerinnungsstatus ist unauffällig. Ein Screening auf antinukleäre Antikörper sowie der Nachweis von ANCA- Antikörpern sind negativ.

Diese Patientin wird vor Beginn einer medikamentösen Therapie und während der medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin thermographisch beobachtet.

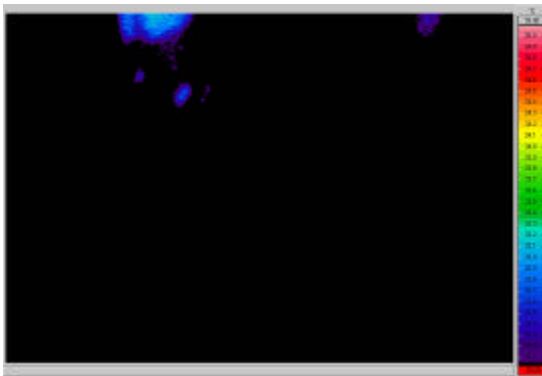
Hier ist zunächst die Testreihe des thermographischen Kaltwassertests vor Beginn der medikamentösen Therapie aufgeführt:



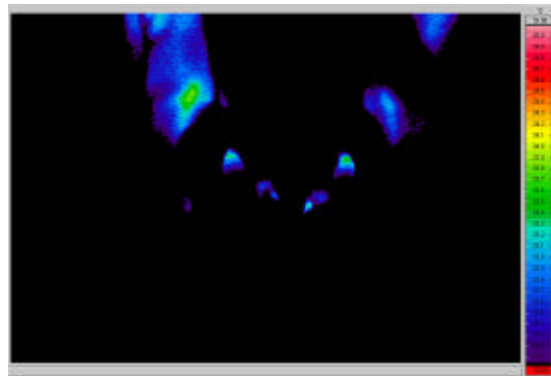
Ausgangsbild

Abb. 16

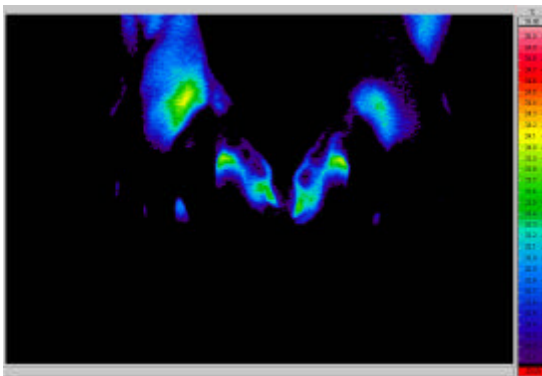




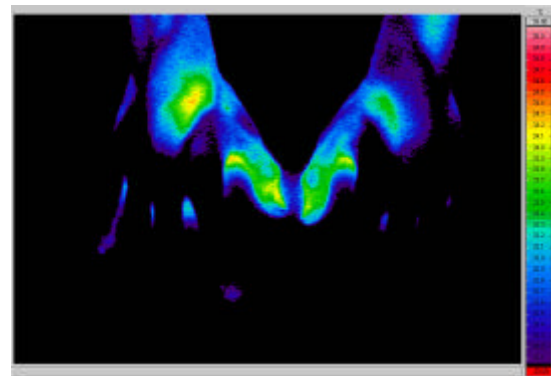
nach 1 Minute



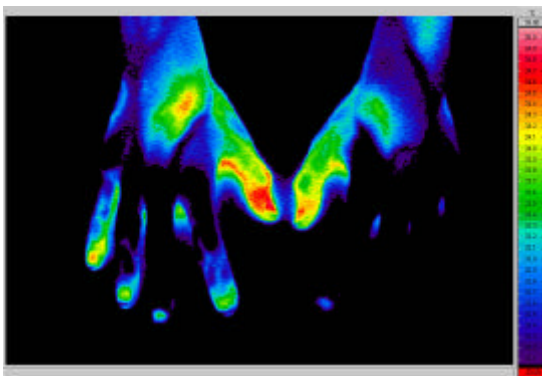
nach 3 Minuten



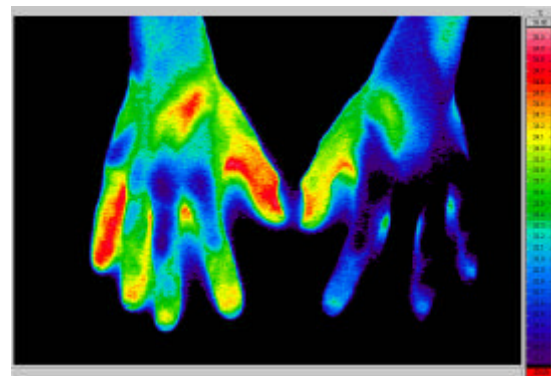
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb.17

Deskriptive thermographische Auswertung vor Beginn einer medikamentösen Therapie:

Die Testreihe des thermographischen Kaltwassertests vor Beginn der medikamentösen Therapie zeigt schon im Referenzbild für alle Finger eine Hypothermie von 32°C.

Auf den Infrarotbildern kommen nach 5 und 7,5 Minuten nach Kälteprovokation beidseits nur die Daumen peripher über diese 32°C und zwar auf 33,7°C.

Nach 10 Minuten sind die Finger II-V beidseits immer noch deutlich minderperfundiert, links deutlicher als rechts. An der linken Hand liegen die Temperaturen im Bereich der Fingernagelmitte im „10 Minuten-post-stress-Bild“ an den Fingern II-IV unverändert bei 32°C. An der rechten Hand liegen die Temperaturen im Bereich der Fingernagelmitte im „10 Minuten-post-stress-Bild“ an den Fingern II-IV bei 33,6 °C, am kleinen Finger sogar bei 34,1°C. Beide Daumen haben 10 Minuten nach Kälteprovokation peripher eine Temperatur von 34,6 °C.

Somit zeigt sich insgesamt eine symmetrisch reduzierte initiale Perfusion und eine verzögerte Reperfusion unter Kältereiz.

Dieselbe Patientin zeigt mehrere Wochen später nach medikamentöser Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin folgende Thermogramme nach Kälteexposition beider Hände im Wasserbad:

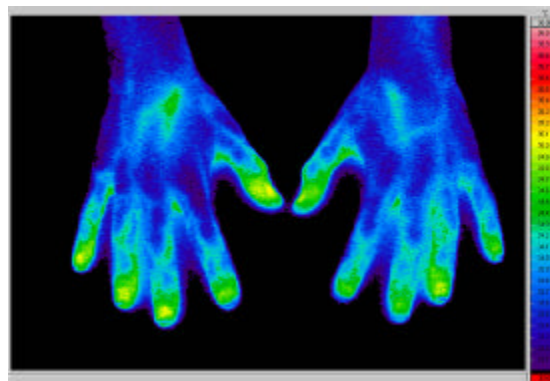
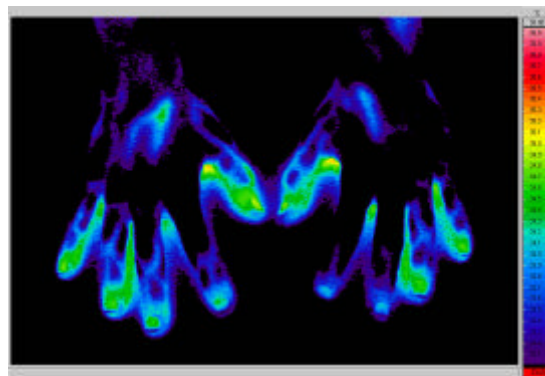


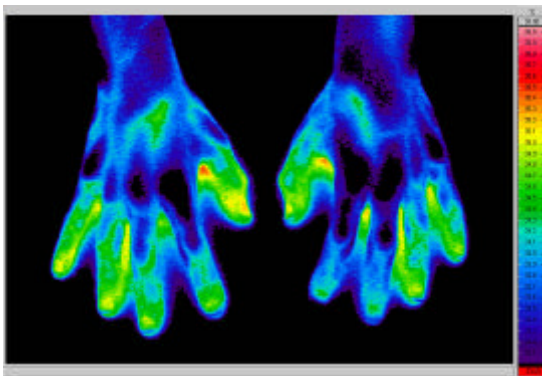
Abb. 18  
Ausgangsbild



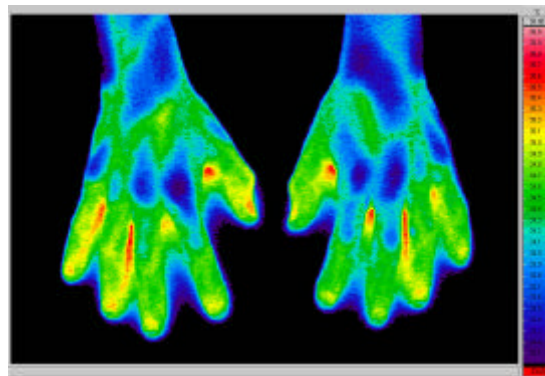
nach 1 Minute



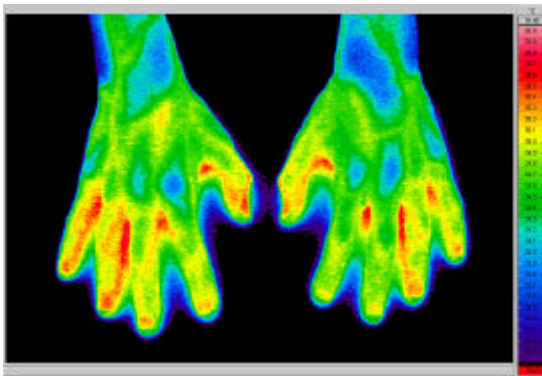
nach 3 Minuten



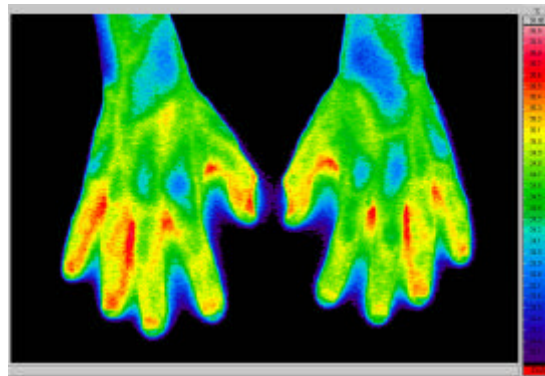
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb. 19

In der zweiten Verlaufsuntersuchung unter Nifedipin-Applikation tritt die physiologische, symmetrische, reaktive Hyperämie beider Hände in Erscheinung, die in der vorhergehenden thermographischen Untersuchung ohne medikamentöse Therapie noch ausblieb.

### **Kasuistik VIII (Systemisch-progressive Sklerodermie)**

Eine dreizehnjährige Patientin ist zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung seit drei Jahren an einer systemisch progressiven Sklerodermie erkrankt. Die Patientin klagt über kalte Finger vor allem bei Kälte.

Das Mädchen zeigt ein schwach ausgeprägtes Erythem mit diffuser Schuppung der Haut des gesamten Körpers mit ausgeprägtem Juckreiz, vor allem in den Ellenbeugen (Vgl. thermographischer Befund Abb.20).

In der klinischen Untersuchung im Sommer (Mitte Juli) ist die Hautbeschaffenheit der Hände und Finger beidseits leicht vergrößert bei leicht reduziertem Turgor, bezüglich Calor, Rubor, Tumor, Dolor und Functio laesa sind die Hände unauffällig.

Ein deutlich positiver ANA-Titer von 1:10.240 wurde bei dieser Patientin nachgewiesen. Diese Patientin weist bei serologisch normalen Gerinnungsparametern einschließlich des AT 3, der D-Dimere, aber auch der Monomere, in der Kernspinn-Angiographie den Verdacht multipler Gefäßengstellen der rechten Hand auf. Die zeitgleich erfolgte sonographische Untersuchung der Fingergefäße ergibt eine regelrechte Spektralanalyse der Gefäße, des rechten Digitus II und III mit leichten Schwankungen nach Kälteprovokation.

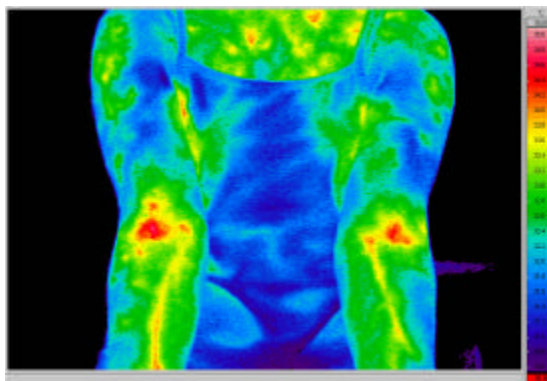


Abb. 20

Die thermographische Hyperthermie in den Ellenbeugen korreliert mit dem klinischen Befund der lokal befallenen Hautareale unserer Sklerodermie-Patientin.

Hier ist die Testreihe des thermographischen Kaltwassertests vor Beginn der medikamentösen Therapie aufgeführt:

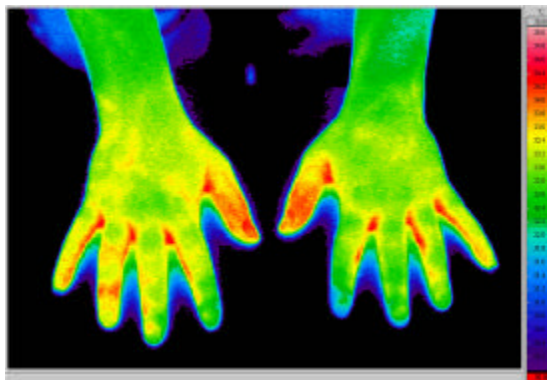
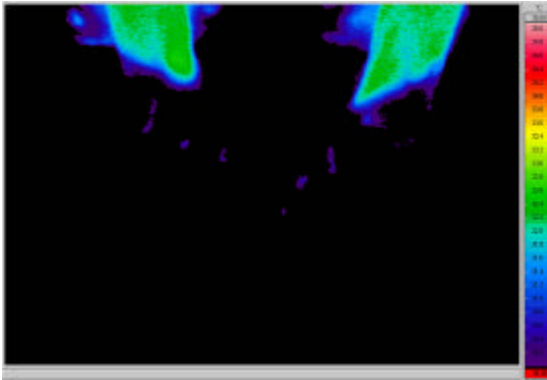
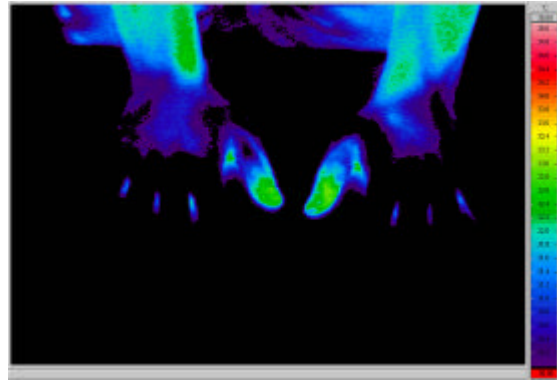


Abb. 21  
Ausgangsbild

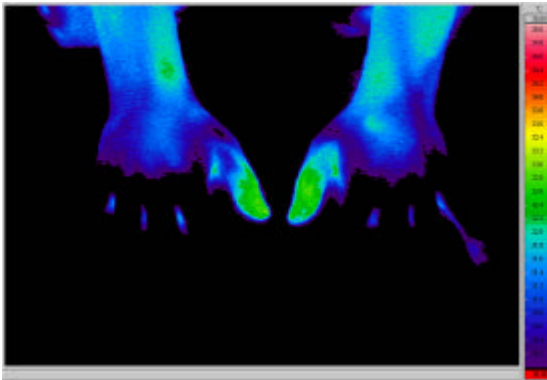
Das Ausgangsbild zeigt eine nahezu symmetrische Temperaturverteilung der Hände, was auf eine gute Perfusion der Hände schließen lässt.



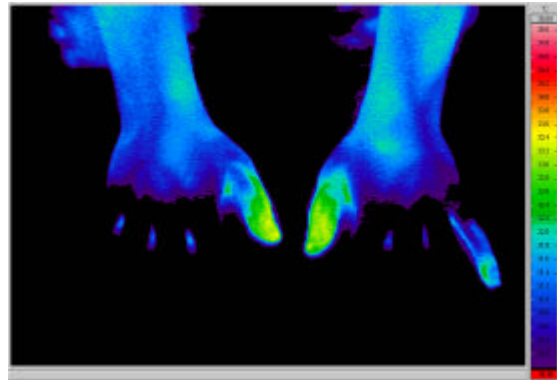
nach 1 Minute



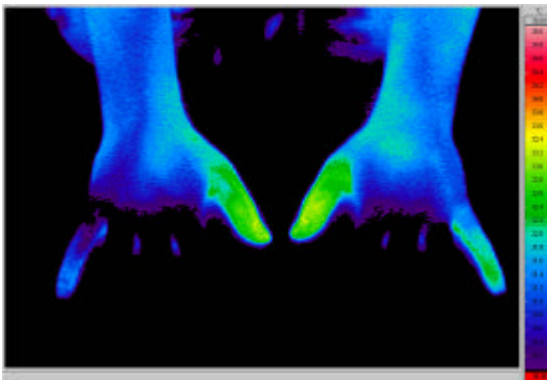
nach 3 Minuten



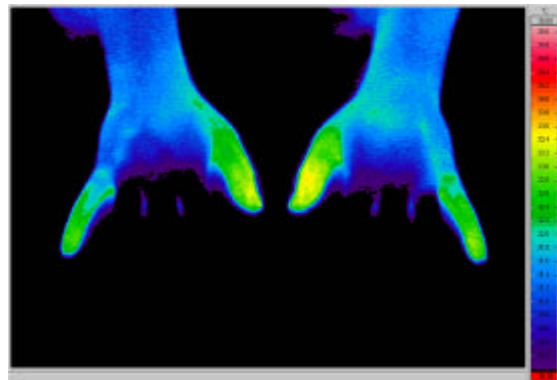
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb.22

Interessanterweise fällt bei der Betrachtung der Infrarotbilder dieser Patientin eine symmetrische Hypoperfusion der Finger II, III und IV nach Kälteexposition ins Auge. Die Infrarotthermographie entdeckt eine Störung der Perfusion beider Hände, welche nicht aus den vorhergehenden, nicht thermographischen Untersuchungen, hervorging.



Mehrere Wochen nach medikamentöser Therapie mit Nifedipin zeigt sich der folgende thermographische Befund:

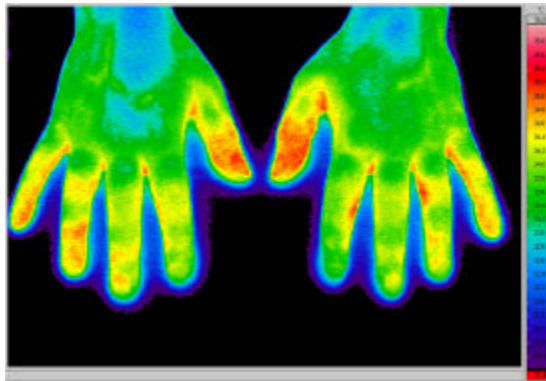
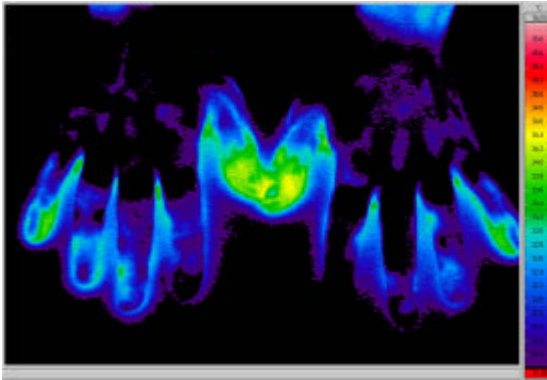


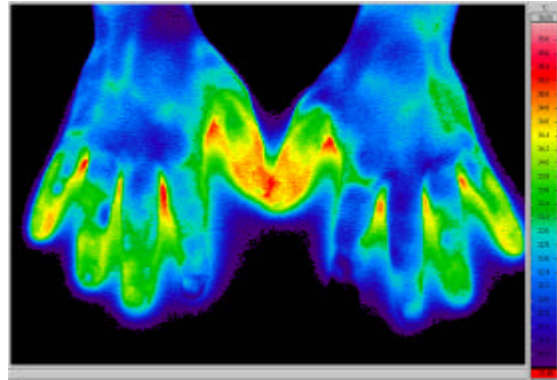
Abb.23

#### Ausgangsbild

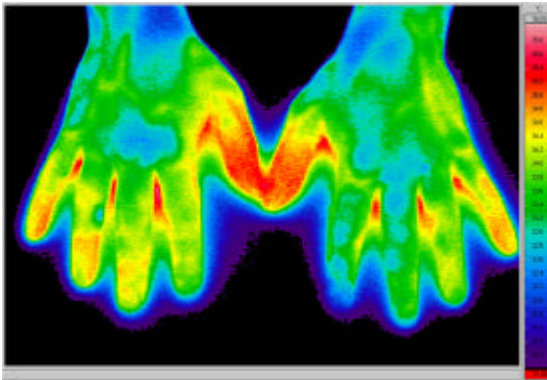
Das Ausgangsbild nach der medikamentösen Therapie mit dem Calciumantagonisten Nifedipin zeigt eine nahezu symmetrische Temperaturverteilung der Hände, was auf eine gute Perfusion der Hände schließen lässt. Verglichen mit dem Ausgangsbild ohne medikamentöse Therapie lässt sich kein wesentlicher Unterschied feststellen.



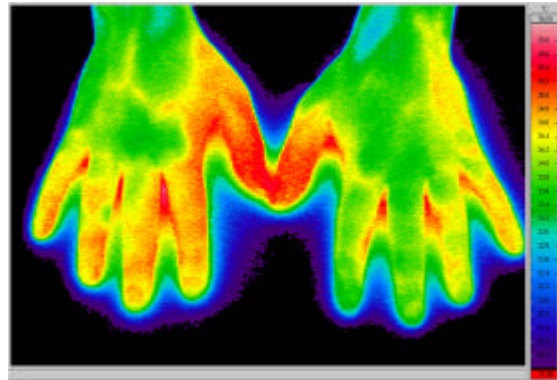
nach 1 Minute



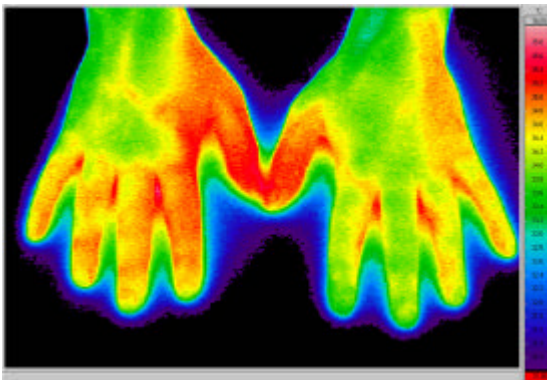
nach 3 Minuten



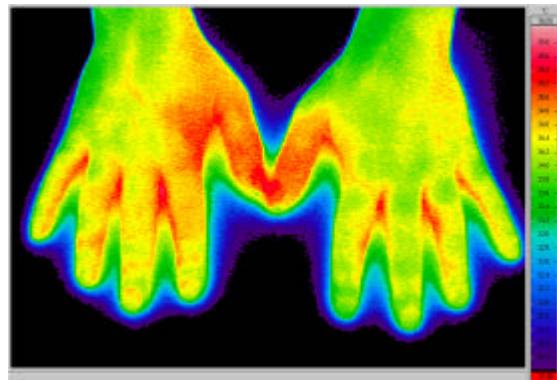
nach 5 Minuten



nach 7,5 Minuten



nach 10 Minuten



nach 15 Minuten

Abb. 24

Auswertung des dynamischen Kaltwasserprovokationstests:

Im Vergleich zur thermographischen Voruntersuchung lassen sich in den jeweiligen Ausgangsbildern keine wesentlichen Temperaturunterschiede der Hände und Finger feststellen. Dennoch zeigt sich nach der medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin eine deutlich bessere Perfusion beider Hände im Kaltwasserprovokationstest. Es kommt in dem Kaltwasserprovokationstest nach medikamentöser Therapie mit Nifedipin sogar zur physiologischen, symmetrischen, reaktiven Hyperämie beider Hände. Diese Beobachtung bestätigt die Patientin in ihrem subjektiven Empfinden.

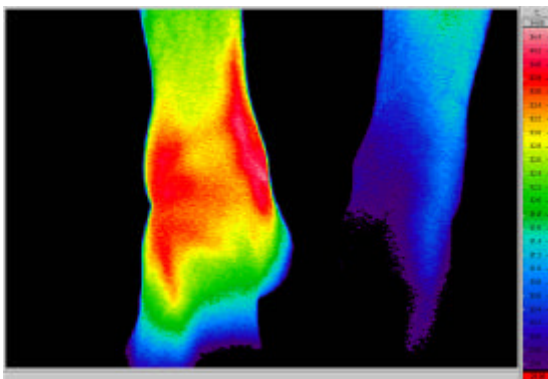
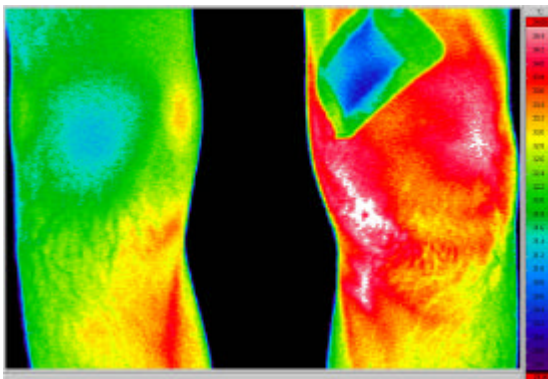
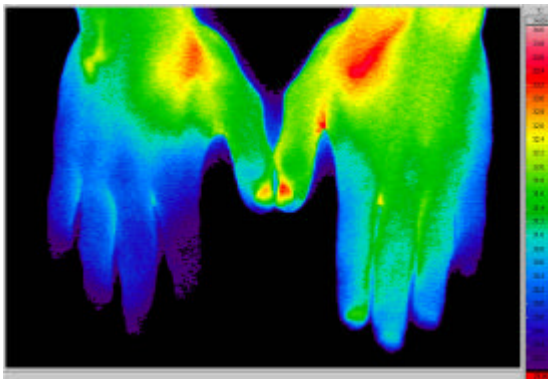


Abb.25

Bei einem vierzehnjährigen Jungen dieser Studie sei, zwei Wochen vor dieser thermographischen Untersuchung, nach dem Fußballspiel das rechte Fußgelenk angeschwollen. Zwei Tage später sei dann auch das linke Knie und das linke Handgelenk angeschwollen. Vor ein paar Wochen habe er einen Magen-Darminfekt und vor drei Tagen für einen Tag Fieber gehabt.

Das linke Handgelenk ist geschwollen und endgradig schmerzhaft. Ebenso sind das rechte Kniegelenk nach Punktion am Vortage und das rechte Sprunggelenk geschwollen und überwärmt. Beide Gelenke sind deutlich in ihrer Bewegung eingeschränkt. Das Kniegelenk zeigt einen Bewegungsumfang von 90°/ 0° / 0°.

Serologisch fallen ein C-reaktives Protein von 19mg/dl und eine BSG von 67mm/h nach Westergreen auf. Mit 408.000 Thrombozyten/ $\mu$ l liegt eine Thrombozytose bei ansonsten unauffälligem Gerinnungsstatus vor. Das Screening auf Auto-Antikörper ist negativ.

Die mikrobiologische Untersuchungen des Gelenkpunktates und der Blutkultur testeten das Wachstum auf Salmonellen, Shigellen, Yersinien und Campylobacter, die sich alle als negativ herausstellten. Radiologisch finden sich im Bereich der Kniegelenke und der Sprunggelenke keine pathologischen Befunde.

Thermographisch verzeichnet sich allerdings momentan ein deutliches Entzündungsgeschehen des linken Knies und des rechten Sprunggelenkes. Auch im Bereich des linken Handgelenks liegen die Temperaturen 1-2°C über denen der Gegenseite an entsprechender Stelle. Der Patient weist eine reaktive Arthritis des Knie- und Sprunggelenks auf. Einen Tag zuvor habe der Patient eine antiinflammatorische Therapie mit Proxen 2 x 500 mg/d begonnen.

### Kasuistik X (Osteomyelitis)

Bei einem dreieinhalbjährigen Patienten fällt eine geringe Minderbelastung des linken Beines beim Laufen auf. Das rechte Bein ist im Aufsatzversuch 0,5 cm länger als das linke Bein, was auf einen leichten Beckenschiefstand zurückzuführen ist. Die somatisch-neurologische Untersuchung einschließlich des Gelenkstatus ist unauffällig. Die Analyse der Kernspintomographiebilder beider Kniegelenke gibt Anhalt für eine multifokale Osteomyelitis im Bereich der distalen Femurmetaphyse. Die Röntgenbilder des linken Knies in zwei Ebenen zeigen im Bereich der Femurmetaphyse rundliche Stanzdefekte und eine Ausdünnung der Corticalis mit Weichteilverkalkungen unmittelbar lateral der Femurmetaphyse, eine Weichteilschwellung und vermutlich einen Erguss. Auf dem Röntgenbild des rechten Knies findet sich im Bereich der distalen Femurmetaphyse rechts medial und dorsal eine zentrale Aufhellung mit einer Randsklerose passend zu einer Osteolyse.

Die erstellten Infrarotbilder (Abb. 26 und 27) sind thermographisch nur eingeschränkt aussagekräftig, da die Aufnahmewinkel nicht der Untersuchungsnorm entsprechen. In Abb. 27 zeigt sich kein Temperaturverhalten, das auf ein tief gelegenes Entzündungsgeschehen, wie es bei einer Osteomyelitis der Fall ist, schließen lässt. Der thermographische Befund korreliert somit nicht mit den anderen Untersuchungsbefunden und gibt keinerlei Aufschluss über die gefährliche Erkrankung der Osteomyelitis. Dieses Beispiel illustriert, dass technische Schwierigkeiten die Aussagekraft der Untersuchung stark einschränken kann.

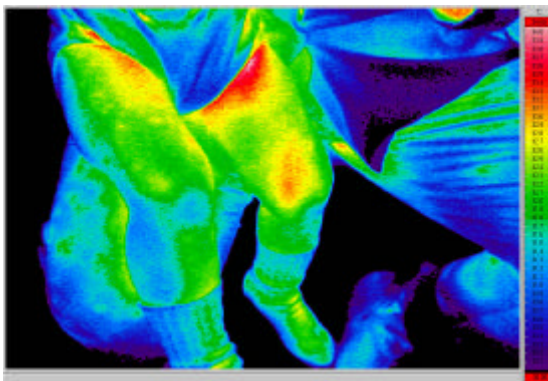


Abb.26

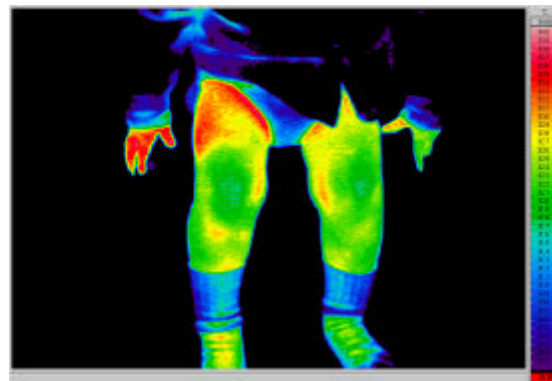


Abb.27

## 4 Diskussion

Die Thermographie bietet ein großes Potential für die Pädiatrie, nicht nur weil sie ohne Strahlenbelastung, ohne Sedierung und frei von Nebenwirkungen ist, sondern auch weil sie nicht-invasiv ist und aus diesem Grund von Kindern gut toleriert wird.

Die thermographischen Untersuchungen dieser Studie zeigen, dass sich die Infrarot-Thermographie in der Pädiatrie zur Diagnostik von Störungen der Perfusion, die trophische Störungen nach sich ziehen können, einsetzen lässt, zum Beispiel beim Raynaud-Phänomen und der Sudeck'schen Reflex-Dystrophie. Das Skelettsystem kann nach möglichen Gelenkentzündungen abgesucht werden.

Die Thermographie ist in der Pädiatrie zur objektiven Dokumentation des Verlaufs von Durchblutungsstörungen geeignet, um Aufschluss über die Ausprägung der Störung und über die Effektivität der medikamentösen Behandlung zu geben.

Bei Objekten mit schnellen Veränderungen der Temperatur oder bewegten thermographischen Bildern spricht man von der dynamischen Thermographie, wohingegen die statische, Momentaufnahmen von Objekten mit langsamen Veränderungen der Temperatur beschreibt.

Beispiele für die statische Thermographie liefern in unserer Arbeit die Thermogramme der Gelenke bei rheumatischen Entzündungen im Kindes- und Jugendalter, wohingegen die dynamischen Thermogramme in zeitlicher Abfolge von einigen Minuten im Kaltwasser-Test zur Diagnostik eines Raynaud-Phänomens zu sehen sind.

## 4.1 Gelenkentzündungen im Kindes- und Jugendalter

### 4.1.1 Rheumatische Entzündungen

Das Fallbeispiel IX zeigt thermographisch deutliche Entzündungen an verschiedenen Gelenken bei einem Jugendlichen mit einer juvenilen Oligoarthritis.

Die Thermographie diente hier der objektiven Dokumentation von Gelenkentzündungen und untermauert die anfänglich aufgestellte Vermutung, dass dies bei Kindern möglich ist.

Ilowite et al fanden bei thermographischen Untersuchungen von achtzehn Kindern mit JIA heraus, dass Schmerz als einzelner Parameter zur Beurteilung der Gelenkentzündung bei Kindern mit einer juvenilen idiopathischen Arthritis nicht einheitlich signifikant war.

Die Laborparameter bei den thermographischen Untersuchungen von Ilowite et al korrelierten nicht mit dem Grad der Entzündung eines Gelenkes. Den Grad der Entzündung ermittelten sie aus der oberflächlichen thermographischen Temperaturdifferenz, der betroffenen und der kontralateralen Gelenkregion bei asymmetrischem Befall oder bei symmetrischem Befall aus der Temperaturdifferenz der Hauttemperatur über dem betroffenen Gelenk und der einer nicht-gelenksnahen unbefallenen Region.

Die Auswertungen der VAS (visual analogue scale)-Fragebögen zur Beurteilung des subjektiven Schmerzempfindens bei Kindern mit chronischen Gelenkschmerzen zeigten, dass die Angaben der Ärzte und der Eltern mit dem thermographischen delta-T-Wert korrelierten, wobei delta T statistisch signifikant war. Jedoch waren weder der Erkrankungstyp, noch die Anzahl der betroffenen Gelenke ein signifikanter Faktor bei den delta-T- und VAS-Werten.

Bei den erkrankten Kindern waren die ermittelten Werte bezüglich des Grades der Gelenkentzündung und ihrer Schmerzintensität nur bei den älteren Kindern statistisch signifikant [58]. Leider wurde die Altersgrenze der Kinder nicht genau dokumentiert. Dies wäre interessant für den Einsatz der Thermographie beim jungen Schulkind, da,



unser Eindruck war, dass die Thermographie aufgrund der nicht-invasiven Methode insbesondere bei den jüngeren Kindern im Alter von 5 bis 8 Jahren geeignet ist, um den Erkrankungsgrad der JIA festzustellen und den Verlauf der Erkrankung objektiv zu dokumentieren.

Beales et al behaupten, dass bei Patienten mit einer JIA im jugendlichen Alter emotionale Faktoren bei der Schmerzempfindung eine wichtige Rolle spielen [59], so dass auch bei älteren Patienten eine objektive Einschätzung hilfreich ist. Außerdem haben wir zum Beispiel beobachtet, dass Schmerzen bei unserer Patientin mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie mit einer Hypothermie einhergehen, so dass Schmerzen nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf eine Hyperthermie im Rahmen einer Entzündung zulassen.

Zusammenfassend kann somit die Thermographie zur objektiven Dokumentation einer JIA im Kindes- und Jungendalter sinnvoll verwendet werden und den klinischen Befund ergänzen.

#### 4.1.2 Bakterielle Entzündungen

Die Purpura Schönlein-Henoch ist eine allergische Vaskulitis der kleinen Gefäße und Kapillaren im Kindesalter, welche mit einer erhöhten Permeabilität und damit verbunden mit Blutungen und Ödemen einhergeht. Häufig gehen dieser Erkrankung Infekte der oberen Luftwege voraus, manchmal durch Streptokokken, weshalb wir dieses Fallbeispiel unter den bakteriellen Entzündungen erwähnen, obwohl es streng genommen keine bakterielle Erkrankung ist.

Die zweite Kasuistik des zehnjährigen Jungens mit einer Purpura Schönlein-Henoch lieferte ein Beispiel dafür, dass sich thermographisch (siehe Abb.8) eine deutliche Entzündung im linken oberen Sprunggelenksbereich mit typischem Tendinitismuster beidseits, links deutlich ausgeprägter als rechts, nachweisen lässt. Dieser thermographische Befund korreliert mit den klinischen Angaben des Patienten. So ist es, ähnlich wie es bisher für Erwachsene beschrieben wird, möglich thermographisch reaktive entzündliche Gelenkprozesse zu objektivieren bzw. auszuschließen [60].

Eine derzeit noch unbeantwortete Frage ist, bis zu welcher Körpertiefe der thermographische Nachweis von Entzündungen möglich ist. Die entzündeten Gelenkprozesse in den Fällen II, III, IV und IX reichten bis an die Körperoberfläche und waren thermographisch darstellbar. Wir betrachteten das Kind X unter dem Aspekt, ob auch die in der Tiefe liegende Osteomyelitis sich thermographisch nachweisen lies.

Thermogramme geben ein dreidimensionales Bild zweidimensional wieder. Deshalb sind konstante und definierte Aufnahmewinkel besonders wichtig. Dies ist vor allem bei jüngeren Kindern nicht immer leicht zu erreichen. So auch bei dem zweijährigen Jungen dieser Studie auf dem Schoß der Mutter (Vgl. Kasuistik X). In seinem Fall ergaben sich aus der thermographischen Untersuchung medizinisch keine Erkenntnisse. Dies lag nicht allein an dem Artefakt, bedingt durch Bewegung und mangelhaftem Aufnahmewinkel, sondern daran, dass die Infrarotmessung nicht geeignet ist, tiefere Prozesse wie im Falle dieser Osteomyelitis zu erfassen. Sicherlich ist hier von besonderer Bedeutung wie ausgeprägt das Geschehen und der Einbezug der Weichteile ist.

Allerdings berichten Neikov et al 1994, dass es bei ihren Untersuchungen von 329 Kindern mit einer akuten hämatogenen Osteomyelitis mittels der Flüssigkristallthermographie möglich war, Aussagen über die Lokalisation, das Ausmaß des Befalls der Entzündung des Knochens, sowie über die Effektivität der Behandlung und die Prognose zu treffen [61]. Ob dies jedoch auch im Bereich der Hüftgelenke möglich war ist unklar. Wäre der Nachweis einer Osteomyelitis im Bereich der Hüftgelenke mittels der Flüssigkeitskristallthermographie möglich, so könnte dies ein Vorteil gegenüber der Telethermographie sein. Ich vermute, dass beide Methoden dazu nicht geeignet sind und denke, dass die Thermographie bei solchen tief liegenden Veränderungen des Knochen- und Skelettsystems eher dazu dient begleitende Durchblutungsstörungen zu erfassen, ähnlich wie es A. Bajtas et al bei Kindern mit M.Perthes beobachteten (s. u.).

#### 4.1.3 Andere Entzündungen

A. Bajtay konnte bei sieben an M. Perthes erkrankten Kindern bei Telethermovisions-Untersuchungen eine Hypothermie der erkrankten Seite im Vergleich zur gesunden feststellen. Nach Abklingen der starken Schmerzen verbesserte sich das Thermogrammbild und die Hypothermie verschwand sogar. Eine Ausnahme bildete damit die Stelle der Glutealregion (Natis), die seitensignifikant ihren hypothermischen Charakter beibehielt. Die Hypothermie verschwand nur dann, wenn die Hüfte für längere Zeit entlastet war. Ansonsten war sie bei Perthes-Kranken seitensignifikant charakteristisch. Bei einem Kind mit einer transitorischen Coxitis konnte eine hypothermische Hautfläche an der erkrankten Seite der unteren Extremität festgestellt werden [62]. Die Hypothermie der Extremität der erkrankten Kinder bei den Untersuchungen von Bajtay waren auch mit der bloßen Hand zu fühlen [63].

Es ist also bei Kindern durchaus möglich Veränderungen der Hautdurchblutung thermographisch zu erfassen, obwohl der tiefer liegende pathologische Prozess des Knochens nicht erfasst werden kann.

Wasilewski et al untersuchten thermographisch bei zehn Kindern im Alter von drei bis elf Jahren die Hüfte und die distale Femurepiphyse nach Verletzungen des proximalen Femurs. Neun von zehn Patienten zeigten einen Temperaturanstieg im Bereich der operierten Hüfte, etwas weniger ausgeprägt bei bilateralen Verletzungen, aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz. Je größer der Abstand der thermographischen Untersuchungen zum Operationszeitpunkt wurde, umso geringer wurde der thermographisch zu verzeichnende Temperaturanstieg [64]. Diese Ergebnisse liefern ein weiteres Beispiel für den thermographischen Nutzen zum objektiven Dokumentationsverlauf, in diesem Fall, zur Bewertung des postoperativen Befundes.

Wie in dieser Einleitung bereits erwähnt kann die Infrarot-Thermographie zur Identifizierung der Hautentzündung eingesetzt werden, durch die die aktive lokalisierte Sklerodermie gekennzeichnet ist.

Allen et al beschreibt 1987 erstmals den erfolgreichen Einsatz der Infrarot-Thermographie bei Kindern mit lokalisierter aktiver Sklerodermie [65]. Zu einem ähnlichen Resultat kam die Forschergruppe Murray et al 2002 bei der thermographischen Untersuchung von 40 Kindern mit einer lokalisierten Sklerodermie, in der die thermographischen Befunde zu 92 % sensitiv und zu 68 % spezifisch für den Nachweis von aktiven Hautläsionen waren. Die Übereinstimmung beider auswertender Rheumatologen lag bei 91 % [66].

Birdi et al publizierten 1991 ihre Resultate thermographischer Untersuchungen bei Kindern mit einer Sklerodermie. So konnten sie die von der Sklerodermie befallenen Hautareale thermographisch festhalten. Die Thermogramme wurden als thermographisch positiv gewertet, wenn Läsionen neu aufgetreten waren oder sich ausgebreitet hatten. Sie waren thermographisch negativ bei allen sich zurückgebildeten Hautläsionen. Nur wenige Bereiche der Haut waren klinisch unauffällig und thermographisch auffällig.

Birdi et al zeigten, dass die Thermographie zur Feststellung der Krankheitsaktivität einer Sklerodermie bei Kindern geeignet ist und vermuten, dass dies auch dann der Fall ist, wenn der klinische Befund noch unauffällig ist. Weitere Follow-up-Untersuchungen halten Birdi et al für erforderlich, um die aufgestellte Hypothese zu bestätigen [67].

Unsere Sklerodermie-Patientin zeigte in ihrem Thermogramm der Ellenbeugen, wie bei Birdi et al beschreiben, eine beidseitige Hyperthermie, was mit dem klinischen Befund der Hautareale korrelierte.

Der Mechanismus wodurch die thermographischen Veränderungen zustande kommen ist noch unklar. Früh auftretende Läsionen der Haut bei einer Sklerodermie stellen pathologisch ein inflammatorisches Infiltrat von Lymphozyten, Plasmazellen und Makrophagen dar, welche später durch Fibrose und Sklerose ersetzt werden. Weiterhin werden bei der Sklerodermie Veränderungen der Mikrozirkulation beschrieben, welche mit einem Anstieg des Blutflusses und einem Abfall des Sauerstoffpartialdruckes, vermutlich durch den ansteigenden Sauerstoffverbrauch der entzündeten Haut, einhergehen [68].

Einige Studien beschreiben einem ausgedehnten und zeitlich verlängerten Hautbefall beim Auftreten von Antinukleären-Antikörpern bei Sklerodermie-Patienten [69]. Auch unsere Sklerodermie-Patientin mit einem deutlich positiven ANA-Titer von 1:10.240 weist, bereits seit drei Jahren, einen ausgeprägten Hautbefall auf.

Wir haben in dieser Arbeit bei dieser Patientin den Schwerpunkt auf das Raynaud-Phänomen gelegt, obwohl es sicherlich interessant gewesen wäre, die befallenen Hautareale unter medikamentöser Therapie thermographisch zu beobachten, wie es Birdi et al getan haben.

Die Thermographie scheint somit eine reproduzierbare, effektive Methode zur seriellen Beurteilung der lokalisierten Sklerodermie bei Kindern darzustellen.

Qualitative Aussagen können nur unter standardisierten Untersuchungsbedingungen unter Einbeziehung klinischer Parameter und Untersuchungen verwendet werden und sind von der Erfahrung des Untersuchers auf diesem Gebiet abhängig. Zur Klärung der Frage, ob die Thermographie auch die Progression der Sklerodermie vorhersagen kann, muss auf dem Gebiet noch weitere Forschung betrieben werden [70].

## **4.2 Durchblutungsstörungen im Kindes- und Jugendalter**

### 4.2.1 Raynaud-Phänomen

Der folgende Text befasst sich mit dem Raynaud-Phänomen bei Kindern. Bisläng gibt es keine Studie, die eine genaue Aussage über die Prävalenz des Raynaud-Phänomens bei Kindern zu lassen, jedoch gibt es diverse pädiatrische Untersuchungsserien, die primäre und sekundäre Formen, wie bei den Erwachsenen, meist nach dem zehnten Lebensjahr auftretend, dokumentieren [71, 72, 73].

P. Quartier behauptet, dass die Diagnose des Raynaud Phänomens bei Kindern oft leicht zu stellen ist, dass eine ausführliche klinische Anamnese jedoch unverzichtbar ist, um das Raynaud-Phänomen differentialdiagnostisch von der seltenen Erythromelalgie abzugrenzen.

Das Raynaud-Phänomen ist, wie bereits im Einführungsteil ausführlich beschrieben, eine anfallsartige Durchblutungsstörung, die mit einer Minderperfusion der Hände oder und der Füße einhergeht und im Falle des Trikolore-Phänomens mit einer Hyperperfusion (Rötung) endet. Die Erythromelalgie hingegen ist eine Durchblutungsstörung, bedingt durch eine anfallsartig gesteigerte Durchblutung aufgrund einer Wärmeintoleranz bei 35-37°C. Diese Störung kann ohne Grunderkrankung vorkommen, aber auch bei Diabetes mellitus, Polyzythämie, Polyneuropathien und arteriovenösen Verbindungen [74].

Die Differenzierung zwischen einem Raynaud-Phänomen und einer Erythromelalgie ist im Stadium der Hyperperfusion vermutlich auch mittels der Thermographie nicht möglich.

Die Konzeption des thermographischen Kaltwasser-Provokationstests dieser Arbeit erfolgte in Anlehnung an die von E.F.J. Ring im Jahre 1976 publizierte Methode bei Erwachsenen. Bisher wird diese Methode weltweit akzeptiert [75]. Die thermographischen Befunde der Fallbeispiele V., VI., VII. und VIII. weisen Durchblutungsstörungen bei Kindern und Jugendlichen im Sinne eines Raynaud-Phänomens unterschiedlichster Genese nach. Zu einem vergleichbaren Ergebnis bei der thermographischen Untersuchung eines Kindes mit einer Sklerodermie (Vgl. Kasuistik VIII. dieser Arbeit) kam auch Tomono et al. der Yokohama City University, School of Medicine, in Japan im Jahre 1996.

Tomono et al. beschrieben die Thermographie zur Entdeckung eines Raynaud-Phänomens bei Kindern mit Sklerodermie als möglich und stellten fest, dass das juvenile pubertäts-assoziierte Raynaud-Phänomen zwar klinisch nur in den Wintermonaten auftritt, thermographisch jedoch unter Kälteprovokation das ganze Jahr über auslösbar ist [76]. So auch bei unserer Patientin der achten Kasuistik, die aktuell bei der Untersuchung im Sommer (Mitte Juli) keine Beschwerden zeigte, jedoch unter Kälteprovokation thermographisch ein ausgeprägtes Raynaud-Phänomen zeigte.

Tomono et al. hielten die Thermographie zur Einschätzung von medikamentösen Effekten bei der Behandlung eines Raynaud-Phänomens bei Kindern möglicherweise für sinnvoll [77], was wir mit dieser Arbeit belegen können.

So konnten wir im thermographischen Kaltwasser-Provokationstests nicht nur das Raynaud-Phänomen, sondern auch im Verlauf der Erkrankung unter medikamentöser Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin eine deutlich bessere Perfusion der Hände (Vgl. Kasuistik VII. und VIII), nachweisen.

Calciumantagonisten verhindern den  $\text{Ca}^{2+}$ -gesteuerten Kontraktionsprozess der glatten Muskulatur, so dass die periphere Vasospastik nachlässt und die Ruhedurchblutung der Haut zunimmt.

Meines Wissens liefert unserer Arbeit erstmals den thermographisch dokumentierten Nachweis über die erfolgreiche medikamentöse Therapie mit dem Calciumantagonisten Nifedipin bei einem Raynaud-Phänomens im Kindes- und Jugendalter.

Yokota et al. gelang 1994 ebenfalls der thermographische Nachweis eines Raynaud-Phänomens bei Kindern. Da die Thermogramme der Kinder mit einem Raynaud-Phänomen unter Methylprednisolon-Therapie keine thermographische Veränderung zeigten, schlussfolgerten sie daraus, dass Steroide zur Behandlung eines Raynaud-Phänomens bei Kindern nicht geeignet sind. Die Dauermedikation von Vitamin-E-Präparaten, oralem Prostaglandin E1 und oder Serotonin-Reuptake-Hemmern wurden von Yokota et al. aufgrund der anhaltenden pathologischen Thermogramme ebenfalls als nicht hilfreich beurteilt [78].

Yokota et al und Jayanetti et al führten ähnlich wie wir thermographisch verfolgte Kaltwassertests bei Kindern unterschiedlichen Alters durch.

Yokota et al. wiesen 1994 bei drei Kindern, die an einer sogenannten undifferenzierten „Connective tissue disease“, einer chronisch entzündlichen Bindegewebserkrankung, litten thermographisch ein positives Raynaud-Phänomen nach [79]. Die Kälteprovokation erfolgte bei 4°C für 10 sec., also wesentlich kälter als bei unserer Kälteprovokation mit Wassertemperaturen von 20°C, dafür hielt unsere

Kälteprovokation allerdings auch 50 sec. länger an. Gemeinsam war, bei deren und unseren Ergebnissen, das thermographisch verzögerte Wiedererlangen der Oberflächentemperatur der Hände und der Finger bei einem positiven Raynaud-Phänomen.

Eine Wassertemperatur von 20°C ist bei einer Raumtemperatur von 23°C als Kältereiz ist, unseren Ergebnissen zu folge, bereits ausreichend. Interessant wäre es die Kältereizdauer noch näher zu untersuchen, um die Reizschwelle noch näher definieren zu können. Wichtig ist natürlich weiterhin das Einhalten der Standardbedingungen, um vergleichbare Befunde zu erhalten.

Jayanetti et al führten ähnliche thermographisch verfolgte Kaltwassertests bei 20 Kindern unterschiedlichen Alters durch, wovon zehn ein Raynaud-Phänomen zeigten und zehn Kinder gesund waren. Die Wassertemperatur lag bei Jayanetti et al bei 15 ° C und die Probanden hielten ihre Hände für eine Minute in das Wasserbad. Die Probanden trugen dabei Einmal-Handschuhe aus Latex. Anschließend wurden thermographische Temperaturmessungen der Hände und Finger nach 2, 5, 10 und 15 Minuten vorgenommen [80].

Die Resultate sind vergleichbar mit unseren, da die Raynaud-positiven Kinder ebenfalls eine verzögerte Reperfusion der Hände zeigen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass unsere Kaltwasserexposition bei einer Wassertemperatur von 20°C erfolgte. Bei Jayanetti et al lag die Wassertemperatur bei 15°C und bei Yokota et al lag sie sogar bei 4°C. Eine Wassertemperatur von 20°C, wie in unserem Fall, reicht somit schon zum Nachweis des Raynaud-Phänomens aus.

Die Handschuhe bei den Untersuchungen von Jayanetti et al könnten die thermographischen Aussagen meiner Ansicht nach verfälschen, da die mechanische Druckbelastung beim An- und Ausziehen die Durchblutung verändert.



Jayanetti et al vergleicht den Einsatz der Thermographie bei Kindern mit einem Raynaud-Phänomen mit den Ergebnissen derselben Patienten, die mittels der „Nailfold-Capillaroscopy“ erzielt wurden. Hierbei zeigte sich, dass beide Methoden sich zur objektiven Messung der Durchblutung eignen, wobei jüngere Kinder, d. h. Kinder im Alter von zwei bis fünf Jahren, sich für die Nailfold-Capillaroscopy nicht eignen und deshalb nicht untersucht wurden [81].

Cony et al untersuchte den Effekt der Nailfold-Capillaroscopy bei 80 gesunden Kindern und schlussfolgerte, dass bei jüngeren Kindern Kapillarschlingen kürzer sind und venöse subkapilläre Plexus leichter sichtbar sind als in der Pubertät. Bei den neun und zehnjährigen Kindern war die Morphologie der Kapillaren vergleichbar mit den der Erwachsenen. Aus diesem Grund erachteten Cony et al die Berücksichtigung des Alters bei der Auswertung der Nailfold-Capillaroscopy als wichtig [82]. Diese Beobachtungen von Cony et al sind sicherlich auch von wesentlicher Bedeutung bei der Auswertung von Thermogrammen, da auch hier die altersbedingten Durchblutungsverhältnisse relevant sind. Außerdem sind jüngere Kinder mittels der Infrarot-Thermographie leichter zu untersuchen, als bei der Nailfold-Capillaroscopy, da die Thermographie ohne Berührung erfolgt.

Biernacka-Zielinska et al bestätigten im Jahr 2005 den diagnostischen Wert der Thermographie bei Kindern mit einem primären und sekundären Raynaud-Phänomen und stellten fest, dass die ermittelten Endothelinkonzentrationen im Serum keinen signifikanten diagnostischen Wert erzielten [83].

Unsere positiven Nachweise eines Raynaud-Phänomens bei Kindern- und Jugendlichen stimmen mit den Ergebnissen von Biernacka-Zielinska et al überein und bestätigen die anfänglich aufgestellte Hypothese, dass mittels der Thermographie das Raynaud-Phänomen zu diagnostizieren ist.

#### 4.2.2 Sudeck`sche Reflexdystrophie

Das sechzehnjährige Mädchen der ersten Kasuistik zeigt 15 Minuten nach dem Kaltwasser-Provokationstest, im Vergleich zur Gegenseite, eine deutliche Hypothermie der rechten Finger II-V. Die Infrarotbilder dieser Patientin liefern ein vergleichbares thermographisches Resultat, wie es E.F.J. Ring et al bereits 1993 bei Erwachsenen, die an einer Sudeck`schen Reflex-Dystrophie erkrankt sind, beschrieben haben. Auch bei unserer Patientin stellten wir die Diagnose einer Sudeck`schen Reflex-Dystrophie, wobei der thermographische Befund diese Diagnose untermauerte.

Die Sudeck`sche Reflex-Dystrophie ist bei Erwachsenen gut bekannt, bei Kindern hingegen wurde sie bislang selten festgestellt. Bei Erwachsenen ist die Assoziation der Sudeck`schen Reflex-Dystrophie und der Kompression von Nerven bekannt [84], aber bei Kindern fehlen umfassende Angaben über vergleichbare Assoziationen [85].

Parano et al berichteten im März 1997 über einen vereinzelt Fall einer Sympathischen Reflex-Dystrophie der unteren Extremität (Synonym: Sudeck`schen Reflex-Dystrophie) eines Jungen im Alter von zehn Jahren, wobei sie die Minderperfusion der unteren Extremität ebenfalls thermographisch nachwies. Dies war der erste Fall, der unter chirurgischem Eingriff eine Kompression eines peripheren Nervens bei einer Sympathischen Reflex-Dystrophie im Kindesalter nachwies und der thermographisch dokumentiert wurde.

In dem Fallbeispiel von Parano et al vom März 1997, habe der zehnjährige Patient im Alter von sechs immer wieder für einige Minuten bis zu mehreren Stunden unter Kopfschmerzen, sowie unter Aerophagie, Übelkeit und Erbrechen gelitten.

Zum damaligen Vorstellungszeitpunkt waren seine Röntgenkontrastmittelaufnahmen des Abdomens, die Zystoskopie, die Ösophagogastrroduodenoskopie und die MRT-Aufnahmen des Kopfes und des Rückenmarkes, sowie das Encephalogramm ohne pathologischen Befund.

Im Alter von neun Jahren habe er immer wieder Schmerzen im linken Fußrücken verspürt, bei klinisch ansonsten unauffälligem Befund. Sechs Monate später habe er

sich eine leichte Verletzung des linken Fußes beim Fußballspielen zugezogen und sei daraufhin mit Antiphlogistika behandelt worden, jedoch ohne Erfolg. Die Röntgenaufnahme des linken Fußes war zu dem Zeitpunkt unauffällig.

Einen Monat später sei es zu einer Exacerbation des Schmerzes im linken Fuß gekommen. Die linke untere Extremität war klinisch zyanotisch gefärbt, die Haut war hypotherm, trocken und kalt.

Das Röntgenbild zeigte zu dem Zeitpunkt nun eine leichte Osteopenie des linken Fußes. Die Computertomographie ergab einen Befund einer unspezifischen Inflammation im Bereich der Sehensätze, als Folge der Sympathischen Reflex-Dystrophie.

Die Thermographie zeigte Temperaturdifferenzen von 4°C zwischen dem rechten und linken Fuß und 1,5°C an den Knien. Zeitgleich angefertigte Dermo-Echogramme wiesen linksseitig am Fuß eine erhöhte Echodichte mit vermehrtem fibrösem Gewebe und Zeichen einer Anhidrosis auf. Die zeitnahe triphasische Knochenszintigraphie mit Technetium <sup>99m</sup>-Methyldiphosphonat ergab eine verminderte Perfusion der linken Wade und des linken Fußes in der frühen Phase (5 min.) und in der späten Phase (nach 2 Stunden) zeigte sich eine verminderte Radionukleotidaufnahme im linken Fuß.

Die Nervenleitgeschwindigkeit, die Elektromyographie, die Computertomographie des Abdomens, des Beckens und der lumbosakralen Wirbelsäule waren unauffällig, ebenso die Doppleruntersuchungen der unteren Extremität.

Die Blutuntersuchungen bezüglich Blutbild, Glukose, Albumin, Kreatin – Phosphokinase, Antinukleären Antikörpern, C3 und C4, C-reaktives Protein und die Rheumafaktoren waren alle normal.

Es fand sich bei einem chirurgischen Eingriff ein schmales Band aus fibro-adipösem Gewebe im Bereich des inferioren Retinaculum extensorum, welches den tiefen Nervus Peroneus komprimierte. Der Nervus Peroneus zeigte dabei eine normale Farbe, ein normales Volumen und einen normalen Verlauf und wurde bei dem chirurgischen Eingriff dekomprimiert, worunter die Schmerzen in wenigen Tagen nachließen und sich die Beweglichkeit in den Metatarsophalangealgelenken deutlich verbesserte [86].

Der erste Fall unserer Arbeit zeigt im Vergleich zu dem Fallbeispiel von Parano et al eine sechzehnjährige Patientin mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie, nicht der unteren, sondern der oberen Extremität. Trotz der unterschiedlichen Lokalisation der Sympathischen Reflex-Dystrophie, des unterschiedlichen Geschlechts und Alters unserer Patientin, verglichen mit dem Fall von Parano et al, werden thermographisch vergleichbare Ergebnisse erzielt.

Auch in unserem Fall sind die serologischen Untersuchungsergebnisse, die Nervenleitungsgeschwindigkeit, die sonographischen und radiologischen Befunde unauffällig bei zeitgleich auffälligen Thermogrammen. Die Infrarot-Thermographie dient somit der Diagnostik einer Sympathischen Reflexdystrophie im Kindes- und Jugendalter.

Interessant wären auch in unserem Fall eine Knochenszintigraphie und eine Dermo-Echographie gewesen und es bleibt hypothetisch, dass hier vergleichbare Ergebnisse, wie bei den Untersuchungen von Parano et al, zu erwarten gewesen wären.

Die Dermo-Echographie wurde allerdings bislang bei der Sympathischen Reflex-Dystrophie äußerst selten angewandt und ihre Sensibilität und Spezifität sind noch unklar [87].

Erwähnenswert ist, dass Goldsmith et al bei 11 von 15 Kindern mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie in der <sup>99m</sup>TC-MDP- Szintigraphie eine verminderte Radionukleotid-Aufnahme in der späten Phase feststellte. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von dem Erwachsener mit einer Sympathischen Reflexdystrophie, da dort die Radionukleotid-Aufnahme gewöhnlich in der späten Phase ansteigt [88].

Anamnestisch ließ sich bei unserer Patientin mit der Sympathischen Reflexdystrophie kein Trauma eruieren. Vielleicht ist dies aber auch einfach nicht mehr erinnerlich, da die Symptome einer Sudeck'schen Reflexdystrophie bekanntlich erst Wochen bis Monate nach einem Trauma auftreten. Auch bei Wilder et al [89] werden bei Kindern

Symptome einer Sudeck'schen Reflexdystrophie beschreiben, ohne einen vorherigen Unfall.

In der retrospektiven Studie von siebzig Kindern, die an einer Sympathischen Reflex-Dystrophie erkrankt waren, fand Wilder et al heraus, dass das Manifestationsalter hauptsächlich bei 12,5 Jahren lag, wobei 61 Kinder eine Beteiligung der unteren Extremität zeigten und bei 35 Kindern die Beschwerden nach einem Unfall in Erscheinung traten [89].

Das Manifestationsalter unserer Patientin lag bei 16 Jahren, es gab keine Beteiligung der unteren Extremität und es lag kein Trauma vor, das dem Beginn der Erkrankung vorausging, so dass unsere Ergebnisse nicht mit denen von Wilder et al korrelieren.

Bei den Untersuchungen von Lightman et al zeigten sechs Kinder mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie in ihren thermographischen Bildern auffällige Befunde in Form eines typischen „Stocking Glove“, d. h. in einer Hypothermie der Finger [90]. Dieses Ergebnis korreliert mit unserem, da die schmerzhafteste rechte Hand unserer Patientin nach dem Kaltwassertest nicht auf physiologische Weise reperfundierte. Ihre linke Hand reperfundierte, abgesehen von einer Verzögerung im Bereich des linken Zeigefingers, nahezu normal. Thermographisch zeigte sich bei unserer Patientin eine Minderperfusion der rechten Hand, in Form eines „Stocking glove“, entsprechend dem Befund einer Sympathischen Reflex-Dystrophie im Kindesalter.

Lightman et al beschrieben unter thermographischer Kontrolle bei zwei Kindern mit einer Sympathischen Reflex-Dystrophie nach einigen Monaten, verglichen mit dem thermographischen Ausgangsbefund, eine Verbesserung des Befundes [90]. Wohingegen die thermographische Verlaufskontrolle des zehnjährigen Jungens mit einer Sympathischen Reflexdystrophie bei Parano et al keine Verbesserung ergab [91].

Die Thermographie stellt sich hier also als eine geeignete Methode für den objektiven Dokumentationsverlauf bei Kindern mit einer Sympathischen Reflexdystrophie heraus. Unsere Vermutung, dass pathologische Veränderungen der Durchblutung im Kindes- und Jugendalter thermographisch nachgewiesen werden können, sehe ich darin bestätigt.

#### 4.2.3 Andere Durchblutungsstörungen

Das vierte Fallbeispiel dieser Arbeit zeigt eine besonders starke Temperaturdifferenz der unteren Extremitäten, zum einen aufgrund einer Minderperfusion bei bekannter Hemiparese und zum anderen aufgrund eines Entzündungsgeschehens des rechten oberen Sprunggelenks. Die Infrarotthermographie dient hier nicht nur dem Nachweis einer Entzündung, sondern auch dem Nachweis einer Minderperfusion im Kindesalter.

#### 4.3 Stellenwert statischer und dynamischer Thermographie-Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter

Die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten der Infrarot-Thermographie im Sinne der statischen oder dynamischen Thermographie bieten je nach Indikation gewisse Vorzüge. So kommen Durchblutungsstörungen, wie beim Raynaud-Phänomen in der dynamischen Thermographie sehr gut zur Darstellung, wohingegen die statische Thermographie sich besser zur Darstellung entzündlicher Veränderungen der Gelenke bei rheumatischen Entzündungen im Kindes- und Jugendalter eignet.

Die statische Thermographie ist jedoch auch bei Durchblutungsstörungen sinnvoll, die zum Beispiel bei neurogenen Störungen begleitend auftreten können.

Die Thermographie bietet ein großes Potential für die Pädiatrie, nicht nur weil sie ohne Strahlenbelastung, ohne Sedierung und frei von Nebenwirkungen ist, sondern auch weil sie nicht-invasiv ist und aus diesem Grund von Kindern gut toleriert wird.

Die thermographischen Untersuchungen dieser Studie zeigen, dass sich die Infrarot-Thermographie in der Pädiatrie zur Diagnostik von Störungen der Perfusion, die

trophische Störungen nach sich ziehen können, einsetzen lässt, zum Beispiel beim Raynaud-Phänomen und der Sudeck'schen Reflex-Dystrophie. Das Skelettsystem kann mittels statischer Thermographie nach möglichen Gelenkentzündungen abgesucht werden.

Oberflächliche Prozesse, wie die Durchblutung von Händen und Füßen, kann die Thermographie gut nachweisen. Hingegen sind tiefer gelegene Entzündungen, wie bei einer Osteomyelitis, mittels Thermographie ggf. nicht nachweisbar, sondern nur deren begleitende Störung der Durchblutung.

Die Kinder mit einem positiven Raynaud-Phänomen zeigten 15 Minuten nach dem Kalt-Wasser-Provokationstest im Thermogramm eine anhaltende Hypothermie der Finger, welche je nach Ausprägung zwei, drei oder sogar alle Finger. Es traten somit einige Normvarianten auf, sobald die Finger nicht alle gleich kalt waren.

Qualitative Aussagen über den Befund des Thermogramms können nur unter standardisierten Untersuchungsbedingungen und unter Einbeziehung klinischer Parameter und Untersuchungen verwendet werden. Bei der Interpretation des Thermogramms ist der Seitenvergleich unabdingbar, um eine Aussage über den Grad der Entzündung oder die Ausprägung der Hypothermie treffen zu können. Bei einer Hyperthermie der Gelenke oder Hypothermie der Finger auf beiden Seiten muss eine Körperregion mittlerer Temperatur zum Vergleich genommen werden.

In dieser Arbeit wurde thermographisch erstmals der Nachweis über die erfolgreiche medikamentöse Therapie des Raynaud-Phänomens mit dem Calciumantagonisten Nifedipin im Kindes- und Jugendalter dokumentiert. Vorherige Studien konnten ebenfalls das Raynaud-Phänomen thermographisch nachweisen, jedoch zeigte die medikamentöse Behandlung bei Kindern mittels Methylprednisolon, Prostaglandin E1, Vitamin E-Präparaten und/oder Serotonin-Reuptake-Hemmern keinen Erfolg (Vgl. Yokota et al 1994).

An negativen Erfahrungen mittels der Infrarot-Thermographie zeigte sich, wie schwer es vor allem bei jüngeren Kindern im Alter von drei bis fünf Jahren war die Standardbedingungen einzuhalten, da die Kinder oft nicht still sitzen blieben und somit die Aufnahmewinkel nicht der Norm entsprachen und die Befunde daher nicht verwertbar waren. Insgesamt dienten die Thermogramme dem objektiven Dokumentationsverlauf der Erkrankung, dennoch waren quantitative Aussagen in Bezug auf die in der Tiefe liegende Entzündung oder die graduelle Verbesserung oder Verschlechterung zwar möglich, jedoch noch sehr ungenau. Es wäre wünschenswert, wenn weitere thermographische Untersuchungen in Zukunft dies noch herausstellen könnten.



## **6. Zusammenfassung**

### **Background**

Thermographische Untersuchungen bei Erwachsenen von E.F.J. Ring im Jahre 1993 haben gezeigt, dass Thermogramme der objektiven Dokumentation im Verlauf von Gelenkentzündungen dienen und dass unter Verwendung des dynamischen Kaltwasser-Provokationstestes die Diagnose eines Raynaud-Phänomens zu erheben ist.

### **Fragestellung der Arbeit**

In dieser Arbeit sollte untersucht werden, ob es auch im Kindes- und Jugendalter möglich ist, entzündliche Knochen- und Gelenkprozesse mittels Thermographie zu objektivieren oder auszuschließen, und ob unter Verwendung des dynamischen Kaltwasser-Provokationstestes die Diagnose eines Raynaud-Phänomens bei Kindern zu erheben ist. Darüber hinaus interessierte uns die Frage, welche Aussage über die Effektivität der medikamentösen Behandlung mittels Thermographie getroffen werden kann. Insgesamt sollte diese Arbeit die Einsatzmöglichkeiten der Infrarot-Thermographie in der Pädiatrie aufzeigen.

### **Material und Methoden**

Hierzu wurden mittels einer portablen und akkubetriebenen „Nikon Thermal Vision LAIRD-S- 270 Kamera“ (Fa. Nikon, Japan) mit einem integrierten „Sterling-Kühler“ und digitaler Bildverarbeitung mittels „PicWin- IRIS“ Software (Fa. ebs, München) an achtzehn Mädchen und neun Jungen in einer Altersspanne vom dritten bis zum achtzehnten Lebensjahr thermographische Gelenkaufnahmen und Kaltwasser-Provokationstests durchgeführt.

Bei den thermographischen Aufnahmen wurden die Standardbedingungen, wie die konstante Umgebungs- bzw. Raumbedingungen (18-20°C), körperliche Ruhe, keine vasoaktiven Getränke oder Medikamente, normo- oder hyperkalorische Ernährungs-

bedingungen, Akklimatisation der Haut für mindestens 15 Minuten, ruhiger Untersuchungsablauf, um stressbedingte Vasokonstriktion zu verhindern, definierte Abbildungswinkel und -ebenen und Auswertungstechnik, sowie die Berücksichtigung von tageszeitlichen Schwankungen eingehalten, um reproduzierbare und vergleichbare Bilder und Befunde zu erhalten.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse wurden in Form von zehn Kasuistiken präsentiert. Das Spektrum der Diagnosen erstreckte sich dabei von Gelenkentzündungen des Skelettsystems zum Beispiel bei kindlichem Rheuma, bakteriellen Gelenkentzündungen oder Veränderungen an den Gelenken anderer Genese bis hin zu Störungen der Perfusion, die trophische Störungen nach sich ziehen können, zum Beispiel des Raynaud-Phänomens und der Sudeck'schen Reflex-Dystrophie.

### **Diskussion**

Mit diesen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass mittels der statischen Thermographie die Dokumentation von Entzündungen der Gelenke im Kindes- und Jugendalter möglich ist.

Da die Thermographie die Wärmestrahlung von der Körperoberfläche erfasst, lassen sich oberflächliche Prozesse, wie die Durchblutung von Händen und Füßen mittels Thermographie gut darstellen, wobei sich der dynamische Kaltwasser-Test zum Nachweis eines Raynaud-Phänomens auch im Kindesalter bewährt hat. Tiefer gelegene Entzündungen, wie bei einer Osteomyelitis, lassen sich nicht direkt, sondern nur indirekt über die begleitende Durchblutungsstörung nachweisen.

Darüber hinaus gelang in dieser Arbeit erstmalig der thermographische Nachweis einer erfolgreichen medikamentösen Therapie des Raynaud-Phänomens mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin im Kindes- und Jugendalter.

Med. Fachbereich	Mögliche Anwendung der IR Thermographie
• Kinder-Cardiologie	• Gefäßdurchblutung während Operationen (Goodarzi et al,1997)
• Kinder-Chirurgie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Beurteilung thorakaler und abdomineller Entzündungsgeschehen, z.B. der Appendicitis (Levitskii et al, 1993; Shchitinin et al, 1980)</li> <li>• Zur Beurteilung postoperativer Verläufe nach Appendektomien oder Operationen eines Kryptorchismus (Shchitinin et al, 1980, Sleptsov et al 1992)</li> <li>• Zur Diagnostik von Störungen der Perfusion, z.B. beim Raynaud-Phänomen und der Sudeck'schen Reflex-Dystrophie</li> </ul>
• Kinder-Dermatologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Beurteilung des Verlaufs einer Sklerodermie ( Murray et al 2002)</li> <li>• Zur objektiven Diagnostik eines Raynaud-Phänomens und der Beurteilung von medikamentösen Behandlungen beim Raynaud-Phänomen</li> </ul>
• Kinder-Neurologie	• Zur Prüfung der Funktion einer Ableitung über einen Shunt bei einem Hydrocephalus (Goetz et al, 2005)
• Kinder-Ophthalmologie	• Zur Diagnostik einer Uveitis (Khvatova et al 1991)
• Kinder-Orthopädie	• Zum Nachweis von Gelenkentzündungen

Tab.2

Da die Infrarot-Thermographie ohne Strahlenbelastung, ohne Sedierung und frei von Nebenwirkungen ist, aber auch weil sie nicht-invasiv ist und von Kindern gut toleriert wird, wäre es wünschenswert, dass die Thermographie in die pädiatrisch-klinische Diagnostik immer mehr mit einbezogen wird.

Weitere Untersuchungen bezüglich der Quantifizierung der Thermogramme sind jedoch erforderlich, um den Verlauf von Erkrankungen besser beurteilen zu können.

## Literaturverzeichnis

- 1 **Internet:** <http://www.atlanticinfrared.com/what.htm>, eigene Übersetzung
- 2 **Ramos F.**, Department of Paediatrics, Santa Maria Hosp., Lisbon, Portugal
- 3 **Lasserre, Blohm**, Allgemeine Radiologie, physikalische Grundlagen, Urban und Fischer Verlag München, 2. Auflage, 2:1-5
- 4 **Internet:** [http://www.ebs-thermography.com/manual/strahlung\\_e.html](http://www.ebs-thermography.com/manual/strahlung_e.html), Strahlungsmessung- ebs Automatisierte Thermographie und Systemtechnik GmbH, 4: 26-39
- 5 **Internet:** [http://www.ebs-thermography.com/manual/strahlung\\_e.html](http://www.ebs-thermography.com/manual/strahlung_e.html), Strahlungsmessung- ebs Automatisierte Thermographie und Systemtechnik GmbH, 5: 5-12
- 6 **Internet:** <http://www.ebs-thermography.com/gallery/construction.g.html>, Bauthermographie und Blowerdoor-ebs Automatisierte Thermographie und Systeme, 1:2-7, eingesehen am 08.10.2002
- 7 **Internet:** <http://www.ebs-thermography.com/gallery/chemistry.g.html>, chemische Produktionsstätten und Kraftwerke-ebs Automatisierte Thermographie und Systeme, 1:5, eingesehen am 08.10.2002
- 8 **Internet:** <http://www.ebs-thermography.com/gallery/electro.g.html>, Vorbeugende Instandhaltung, Schaltschränke und Elektroanlagen-ebs Automatisierte Thermographie und Systeme, 1:2-5
- 9 **Roche, Lexikon der Medizin**, 3. Auflage 1993, Urban und Schwarzenberg, 1631: 1-17
- 10 **Engel J.M.**, Thermographische Diagnostik in der Rheumatologie. Akt. Rheumatol. 1979; 4:25-37
- 11 **Rush D.**, Thermographische Befunde bei ankylosierender Spondylitis. Akt Rheumatol. 1982;7 : 102-8
- 12 **Ring E.F.J., Elvins D.M.**, Quantification of Thermal Images. J. Phot. Science 37.164-167, 115.1998
- 13 **Ring E.F.J.**, Royal National Hospital for Rheumatic diseases, Bath UK, Cold Stress Test For The Hands, Clin. Rheumat. 1993, 237: 1-5, 9-10; 240: 2-5, 13-16

- 14 **Shah A., Rao H, Ruedi B, Margrini G,** Determination of fertility interval with ovulation time estimation using differential skin surface temperature DST measurement, *Fertility and sterility* 1984, Vol. 41 (5), p 771-4
- 15 **Allen RC, Ansell BM, Clark RP, Goff MR, Waller R ,Williamson S.** Localized scleroderma: treatment response measured by infrared thermography. *Thermology* 1987, 2: 550- 553
- 16 **KJ Howell, G. Martini, KJ Murray, RE Smith, CM Black,** Infrared thermography for the assessment of localised scleroderma in children, Centre of Rheumatology, Royal Free and University College Medical School, London, *Thermology international* 10 / 04 (2000)
- 17 **Murray K.J., Harper J., Howell K.J., Martini G., Artherton D., Woo P., Zulian F. and Black C.M.,** Juvenile-onset localised scleroderma activity detection by infrared thermography, Royal Free Hospital London, UK; *Rheumatology* 2002, engl. Abstract ,1178 : 13-14
- 18 **Khvatova AV, Katargina LA, Lokhmanov VP, Zibravo IN,** Use of distant thermography in uveitis in children, *Vestnik oftalmologii* 1991, Vol.107(5), p: 46-9
- 19 **Levitskii A.F., Marchenko T.V.;** Remote thermography in funnel-shaped chest deformity in children, *Klin-Khir. Ukraine*, 1993 (6): 38:40
- 20 **Bhatia M., Poley JR, Haberman JD, Boon DJ,** Abdominal thermography in infantile and childhood liver disease, *Southern medical journal*, Vol. 69 (8), p:1045-8
- 21 **Shchitinin V.E, Dvorovenko E.V,** Thermographic studies in acute appendicitis and its complications in children, *Vestnik khirurgii imeni i.i. Grekova* 1980, Vol. 124 (4), p: 115-8
- 22 **Iwata G, Deguchi E., Nagashima M., Yanagihara J., Iwai N., Yamada K.,** Thermography in achild with a varicocele, *European journal of pediatric surgery* 1992, Vol. 2 (5), p: 308-10
- 23 **Sleptsov V.P., Astakhova I.R., Astakhov A.A.,** Telethermography in the examination of children following orchiopexy, *Khirurgiia* 1992 (11-12),p: 56-7
- 24 **Goetz C., Foertsch D., Schoenberger J., Uhl E.,** Thermography a valuable tool to test hydrocephalus shunt patency, *Acta neurochirurgica* 2005, Vol. 147 (11), p: 1167-73
- 25 **Caldarelli M., Di Rocco C., Cellini N., De Santis M.,** A technique for evaluation of CSF shunt patency using telethermography, *Neuropediatrics* 1981, Vol. 12 (4), p: 303-7

- 26 **Goodarzi M., Shier N.H., Grogan D.P.**, Does sympathetic blockade prevent the physiologic changes associated with tourniquet use in children? J-Pediatr.-Orthop. 1997 May-Jun; 17(3) : 289-92
- 27 **Bethencourt J.**, Bustabad S., Alvarez A., Ferraz I., Quevedo J., Rodriguez B., Lozano, Arteaga A., Gonzalez T., H. Uni. de Canarias, La Laguna, Spain, Immunological Features and Nail- Fold Capillary patterns in 32 cases of Raynaud's Phenomenon in Childhood, Eular 2003 SCIE,1:20-25, eigene Übersetzung
- 28 **Krzysztof S., Boguslaw W., Baszczyński J., Zwolenik S.**, Use of Thermal Imageing in children with orthostatio cardiovascular disorders: A new method of diagnosis, Thermology international 11/4 (2001)
- 29 **Wolstein J.R., Reed M.H., Seshia S.S., Kubrakovich P., Linsey B., Samuel A.**, Contact thermography in the diagnosis of childhood migraine, Can-J-Neurol-Sci. 1993 Aug; 20 (3) : 222-6
30. **Canter R.J.**, A non invasive method of demonstrating the nasal cycle using flexible liquid crystal thermography, Clin. Otolaryngol. 1986; 11: 329-336
- 31 **Geidel H.**, Juvenile chronische Arthritis, Gelenkerkrankungen, Gräfenstein (Hrsg) Klinische Rheumatologie, 4.vollständig überarbeitete Auflage: ecomed 2001, 212 : 1-3
- 32 **Geidel H.**, Juvenile chronische Arthritis, Gelenkerkrankungen, Gräfenstein (Hrsg) Klinische Rheumatologie, 4.vollständig überarbeitete Auflage: ecomed 2001, 212 : 4-7
- 33 **Geidel H.**, Juvenile chronische Arthritis, Gelenkerkrankungen, Gräfenstein (Hrsg) Klinische Rheumatologie, 4.vollständig überarbeitete Auflage: ecomed 2001, 211: 5-10
- 34 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003,78 : 44 – 61
- 35 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003,78 : 75 – 78
- 36 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 147 – 152, 2-4
- 37 **Wollenhaupt J.**, prozentuale Häufigkeitsverteilung der Juvenile rheumatoide Arthritis, 6 entzündl. Gelenkerkrankungen, Auflage Juli 2003, 74:1- 13

- 38 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 147 - 152, 2-4
- 39 **Girschick H.-J.**, Universitäts- Kinderklinik Würzburg, Diagnose, klinisches Bild, Therapie und Differentialdiagnose von kindlichem Rheuma 12/02, 1-14, eigene Formulierung
- 40 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 147 – 152, Tab. 1c
- 41 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003,80 : 40
- 42 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003,79: 23 -26
- 43 **Girschick H.-J.**, Universitäts- Kinderklinik Würzburg, Diagnose, klinisches Bild, Therapie und Differentialdiagnose von kindlichem Rheuma 12/02, 7
- 44 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003, 79: 59 – 64
- 45 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 150 : 1:11
- 46 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 151 : 24 : 41
- 47 **Hettenkofer H.-J.**, Entzündliche rheumatische Erkrankungen, Rheumatologie, Diagnostik- Klinik- Therapie, 5. Auflage, Neuauflage 2003, 61: 33 – 60; 62 : 3-17
- 48 **Haas, J.P.**, Gene und Risikofaktoren; Thieme - Rheumatol. 2005, 30: 151 : 24 : 41
- 49 **Lovell, D.J. et al.**, Etanercept in children with polyarticular juvenile rheumatoid arthritis, N.Engl. Med., 2000 342: p 763-9
- 50 **Foeldvari van**, TNF-alpha-Antagonisten in der Kinderrheumatologie, Symposium Medical ISSN 09433-9 250. A 30969. 2004, 32: 10-24
- 51 **Foeldvari van**, TNF-alpha-Antagonisten in der Kinderrheumatologie, Symposium Medical ISSN 09433-9 250. A 30969. 2004, 32: 1-3



- 52 **Singer NG, Scalzi**, Curr Opin Rheumatol. 2004 Sep; ISSN: 1040-8711; 16 (5): 571-6
- 53 **Isenberg D.-A., Black C.**, Raynaud`s phenomenon, scleroderma, and overlap syndromes, BMJ Publishing Group, BMA House, London, Third impression 2001, 65: 1-11, übersetzt von der Verfasserin
- 54 **Mediscript**; 2.Staatsexamen 3/2001, 209
- 55 **Ring E.F.J.**, Royal National Hospital for Rheumatic diseases, Bath UK, Cold Stress Test For The Hands, Clin. Rheumat.1993, 237: 1-5, 9-10; 240: 2-5, 13-16
- 56 **Internet**: <http://www.ebs-thermography.com/manual/funktion.g.html>., Funktionsprinzip-ebs Automatisierte Thermographie und Systeme, 6:17-26,eingesehen am 15.10.2002
- 57 **Droste U., Frenssen E.**, 2003
- 58 **Ilowite N.T., Walco G.A., Pochaczewsky R.**; Assesment of pain in patients with juvenile rheumatoid arthritis: relation between pain intensity and degree of joint inflammation, Annals of the Rheumatic diseases1992; 51: 343-346
- 59 **Beales J.G., Keen J. H., Holt P.J.L.**, The child`s perception of the disease and experience of pain in juvenile chronic arthritis. J. Rheumatol 1983; 10: 61-5
- 60 **Engel J.M.**, Thermographische Diagnostik in der Rheumatologie. Akt Rheumatol. 1979; 4:25-37
- 61 **Neikov-GN, Mingalov-IT**, The diagnosis and treatment of acute hematogenous osteomyelitis in children, Vestn-Khir-Im-I-I-Grek. 1994 Jan.-Feb.; 152 (1-2): 75 -8
- 62 **Bajtay Chefarzt A.**, Györ, Ungarn, Telethermovisions- Untersuchungen beim Morbus Perthes, Z. Orthop. 126 (1988) 484 : 1-9, 484 55-73, 486 : 1-2
- 63 **Bajtay Chefarzt A.**, Györ, Ungarn, Telethermovisions- Untersuchungen beim Morbus Perthes, Z. Orthop. 126 (1988) 484 : 7-9, 13-19
- 64 **Wasillewski K, Deboba D, Królewski J**, Thermographic examination of the hip and distal femoral epiphysis in children after surgery of the proximal femur, Chirurgica narzadow ruchu ortopedia polska 1995, Vol. 60 (3), p: 181-5

- 65 **Allen RC, Ansell BM, Clark RP, Goff MR, Waller R, Williamson S.** Localized scleroderma: treatment response measured by infrared thermography. *Thermology* 1987, 2: 550- 553
- 66 **Murray K.J., Harper J., Howell K.J., Martini G., Artherton D., Woo P., Zulian F. and Black C.M.,** Juvenile-onset localised scleroderma activity detected on by infrared thermography, Royal Free Hospital London, UK; *Rheumatology* 2002, 41: 1178-1182, übersetzt von der Verfasserin
- 67 **Birdi N., Shore A., Rush P. Laxer R.M., Silverman A.D., Krafchik B.,** Childhood Linear Scleroderma: A Possible Role of Thermography for Evaluation, Division of Rheumatology 1991, The Hospital for sick children, Toronto, Canada; 970: 15-24
- 68 **Kalis B., Derigal J. Leonard F, et al:** In vivo study of scleroderma by non-invasive techniques. *Br. J. Dermatology* 1990; 122: 785-91
- 69 **Falanga V., Medsger TA, Reichlin M.:** Antinuclear and anti-single-stranded DNA antibodies in morphea and generalized morphea. *Arch Dermatol.* 1987; 123: 350-3 und Clinical spectrum, prognosis and laboratory abnormalities. *Ann Intern Med.* 1986; 104:849-57
- 70 **Murray K.J., Harper J., Howell K.J., Martini G., Artherton D., Woo P., Zulian F. and Black C.M.,** Juvenile-onset localised scleroderma activity detection by infrared thermography, Royal Free Hospital London, UK; *Rheumatology* 2002, engl. Abstract ,1178 : 13-14
- 71 **Duffy CM, Laxer RM, Lee P, Ramsay C, Fritzler M, Silverman ED.** Raynaud syndrome in childhood. *J Pediatr* 1989; 114 (I): 73-8
- 72 **Gonzalez PE, Esquinas RG, Ruiz Espana A, Ros V., Juanola RX.** Raynaud phenomenon in childhood, review and progress control in eight cases. *An Esp Pediatr.* 1998; 48 (6): 603-7.
- 73 **Kone-Paut I, Olivar E, Elbhar C, Garnier JM, Berbis P,** Syndrome de Raynaud de l'enfant. Etude de 23 cas. *Arch Pediatr* 2002 ; 9 (4) :365-70
- 74 **Quartier P.,** Phénomène de Raynaud chez l'enfant, *Archives de pédiatrie II* (2004) 75 : 6-9
- 75 **Ring E.F.J.,** Royal National Hospital for Rheumatic diseases, Bath UK, Cold Stress Test For The Hands, *Clin. Rheumat.*1993, 237: 1-5, 9-10; 240: 2-5, 13-16

- 76 **Tomono-N, Kuriyama-T, Mori-M, Takahashi-Y, Mitsuda-T, Aihara-Y, Yokota-S**; Serial computed thermography for Raynaud's phenomenon of patient with progressive systemic sclerosis, Ryumachi. 1996 Jun; ISSN: 0300-9157; 36 (3) : 522-7 , English- Abstract übersetzt von der Verfasserin; 1:11-12
- 77 **Tomono-N, Kuriyama-T, Mori-M, Takahashi-Y, Mitsuda-T, Aihara-Y, Yokota-S**; Serial computed thermography for Raynaud's phenomenon of patient with progressive systemic sclerosis, Ryumachi. 1996 Jun; ISSN: 0300-9157; 36 (3) : 522-7, English-Abstract übersetzt von der Verfasserin; 1 : 3-6
- 78 **Yokota-S, Kuriyama-T, Takahashi-Y, Mori-M, Shike-H, Ibe-M, Mitsuda-T, Aihara-Y**; Serial computed thermography for Raynaud's phenomenon of patient with progressive systemic sclerosis, Ryumachi. 1994 Dec; ISSN: 0300-9157; 34 (6) : 955-60, English-Abstract übersetzt von der Verfasserin; 1 : 1-8
- 79 **Yokota-S, Kuriyama-T, Takahashi-Y, Mori-M, Shike-H, Ibe-M, Mitsuda-T, Aihara-Y**; Thermographic assessment of Raynaud's phenomenon in childhood mixed connective tissue disease, Ryumachi. 1994 Dec; ISSN: 0300-9157; 34 (6) : 955-60, English-Abstract übersetzt von der Verfasserin; 1 : 1-8
- 80 **Jayanetti S., Smith C.P., Moore T., Jayson M. Herrick A.L.**, Thermography and Nailfold Capillaroscopy as Noninvasive Measures of Circulation in children with Raynaud's Phenomenon, 997 : 23 – 998 : 10
- 81 **Jayanetti S., Smith C.P., Moore T., Jayson M. Herrick A.L.**, Thermography and Nailfold Capillaroscopy as Noninvasive Measures of Circulation in children with Raynaud's Phenomenon, 998 : 40-50; 53-55
- 82 **Cony M, Klene-Boudard C, FontanI, et al**, Etude des aspects capillaroscopiques peri-ungueaux chez l'enfant normal. Arch Fr Pediatr 1992 ; 49: 171-4
- 83 **Biernacka-Zielenska M, Brozik H, Somolewska E, Mirinka M, Jakubowska T, Stanczyk J**, Diagnostic value of thermography and endothelin concentration in serum of children with Raynaud's Syndrome, Medycna wieku rozwojowego, Vol.9 (2), p : 213-22
- 84 **Grundberg AB, Regan DS**. Compression syndromes in reflex sympathetic dystrophy. J Hand surg. (Am) 1991; 16: 731-736
- 85 **Parano E., Pavone V., Greco F., Majorana M., Trifiletti R.-R.**, Reflex Symathetic dystrophy associated with deep peroneal nerve entrapment; Elsevier Science 1998, 80: 7-5

- 86 **Parano E., Pavone V., Greco F., Majorana M., Trifiletti R.-R.**, Reflex Symathetic dystrophy associated with deep peroneal nerve entrapment; Elsevier Science 1998, 80: 12 – 82:3
- 87 **Parano E., Pavone V., Greco F., Majorana M., Trifiletti R.-R.**, Reflex Symathetic dystrophy associated with deep peroneal nerve entrapment; Elsevier Science 1998, 82 38- 42
- 88 **Goldsmith D.P., Vivino F.B., Eichenfeld A.H., Athreya B.H., Heyman S.**; Nuclear imaging and clinical features of childhood reflex neurovascular dystrophy: comparison with adults. *Arthritis Rheum* 1989; 32: 480-485
- 89 **Wilder R.T., Berde C.B., Wolohan M., Vieyra M.A., Masek B.J. ,Micheli L.J.**; Reflex sympathetic dystrophy in children.. *J Bone Jt Surg (Am)* 1992; 74: 910-919
- 90 **Lightman H.I., Pochaczewsky R., Aprin H., Ilowite NY.** Thermography in childhood reflex sympathetic dystrophy. *J. Pediatr.* 1987; 111: 551-555
- 91 **Parano E., Pavone V., Greco F., Majorana M., Trifiletti R.-R.**, Reflex Symathetic dystrophy associated with deep peroneal nerve entrapment; Elsevier Science 1998, 82: 29 – 32

## Abbildungsverzeichnis

<u>Abb.1</u>	Elektromagnetische Strahlung, Frequenz und Wellenlänge selbst entworfene Darstellung unter Verwendung physikalischer Größen aus Lasserre, Blohm, Allgemeine Radiologie, Urban und Fischer Verlag München, 2. Aufl., 2	Seite 2
<u>Abb.2</u>	Wien'sche Verschiebungskurve selbst entworfene Darstellung in Anlehnung an das Planck'sche Strahlungsgesetz	Seite 4
<u>Tab.1.</u>	Mögliche Indikationen der Infrarot-Thermographie in der Pädiatrie	Seite 13
<u>Abb.3</u>	Infrarotbild ohne Kälte-Provokation bei einem sechzehnjährigen Mädchen mit einer Sudeck'schen Reflex-Dystrophie	Seite 27
<u>Abb.4</u>	Infrarotbild nach 15 Minuten Kälte-Provokation bei einem sechzehnjährigen Mädchen mit einer Sudeck'schen Reflex-Dystrophie	Seite 28
<u>Abb.5</u>	Infrarotbild der Hände ohne Kälte-Provokation bei einem zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 29
<u>Abb.6</u>	Infrarotbild der Füße ohne Kälte-Provokation bei einem zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 29
<u>Abb.7</u>	Infrarotbild der Hände ohne Kälte-Provokation bei einem zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch nach Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 31
<u>Abb.8</u>	Infrarotbild der Füße ohne Kälte-Provokation bei einem zehnjährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch nach Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 31
<u>Abb.9</u>	Infrarotbild der Füße ohne Kälte-Provokation bei einem 5 jährigen Jungen mit einer Purpura Schönlein-Henoch	Seite 33
<u>Abb.10</u>	Infrarotbild der Füße eines zehnjährigen Mädchen mit linksseitiger Hemiparese	Seite 35
<u>Abb.11</u>	Ausgangsbild des Dynamischen Kaltwassertests der Hände bei einem fünfzehnjährigen Mädchen nach Ablauf einer Mykoplasmeninfektion	Seite 37
<u>Abb.12</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände bei einem fünfzehnjährigen Mädchen nach Ablauf einer Mykoplasmeninfektion	Seite 38
<u>Abb.13</u>	Ausgangsbild des Dynamischen Kaltwassertests der Füße bei einem fünfzehnjährigen Mädchen nach Ablauf einer Mykoplasmeninfektion	Seite 39

		90
<u>Abb.14</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Füße bei einem fünfzehnjährigen Mädchen nach Ablauf einer Mykoplasmeninfektion	Seite 40
<u>Abb.15</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände bei einem sechzehnjährigen Mädchen mit Kälteagglutininen	Seite 43
<u>Abb.16</u>	Ausgangsbild Dynamischer Kaltwassertest der Hände eines fünfzehnjährigen Mädchen mit Trikolore-Phänomen vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 44
<u>Abb.17</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände eines fünfzehnjährigen Mädchen mit Trikolore-Phänomen vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 45
<u>Abb.18</u>	Ausgangsbild des Dynamischen Kaltwassertests der Hände eines fünfzehnjährigen Mädchen mit Trikolore-Phänomen nach einer medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin	Seite 46
<u>Abb.19</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände eines fünfzehnjährigen Mädchen mit Trikolore-Phänomen nach einer medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin	Seite 47
<u>Abb.20</u>	Infrarotbild der Ellenbeugen einer dreizehnjährigen Patientin mit einer systemisch progressiven Sklerodermie	Seite 49
<u>Abb.21</u>	Ausgangsbild des Dynamischen Kaltwassertests der Hände eines Mädchen mit systemisch progressiver Sklerodermie vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 50
<u>Abb.22</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände eines Mädchen mit systemisch progressiver Sklerodermie vor Beginn einer medikamentösen Therapie	Seite 51
<u>Abb.23</u>	Ausgangsbild des Dynamischen Kaltwassertests der Hände eines Mädchen mit systemisch progressiver Sklerodermie nach Beginn einer medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin	Seite 53
<u>Abb.24</u>	Dynamischer Kaltwassertest der Hände eines Mädchen mit systemisch progressiver Sklerodermie nach einer medikamentösen Therapie mit dem Calcium-Antagonisten Nifedipin	Seite 54
<u>Abb.25</u>	Infrarotbilder beider Knie-, Fuß- und Handgelenke eines vierzehnjährigen Jungens mit einer Oligoarthritis	Seite 56
<u>Abb.26/27</u>	Infrarotbild eines zweijährigen Jungens mit einer Osteomyelitis der distalen Femurmetaphyse	Seite 58
<u>Tab.2</u>	Anwendungsmöglichkeiten der IR-Thermographie in der Pädiatrie	Seite 75

# Danksagung

Ich bedanke mich ganz herzlich bei meinen Doktorvätern

**Hrn. Prof. Dr. med. D. Singer und Hrn. Priv. Doz. Dr. med. H. J. Girschick**

für die hervorragende, über drei Jahre andauernde,  
intensive Betreuung dieser Arbeit und das Verständnis, welches Sie mir bei der ein oder  
anderen Problemstellung während dieser Zeit entgegen gebracht haben.

Besonders in der Einarbeitungsphase bei der Anwendung dieser Untersuchungsmethode  
kam uns die großartige Erfahrung auf dem Gebiet der Thermographie von

**Hrn. Priv. Doz. Dr. med. Joachim - Michael Engel**  
**Direktor der Rheumaklinik Bad - Liebenwerda**

zu gute.

An dieser Stelle sei ihm herzlichst dafür gedankt.

Dank gilt der

**Dr. med. h. c. Erwin Brau – Stiftung, Basel / Schweiz,**  
welche dieses Projekt unterstützt hat.

Ich danke

**allen Kindern und ihren Eltern,**

die sich bereit erklärt haben an dieser Studie teilzunehmen  
und sich mittels der Infrarot - Thermographie untersuchen zu lassen.

Elke Maurer sei für die Anleitung im Labor gedankt.

**LAST BUT NOT LEAST**

“Vielen Dank”

**meinem Lebenspartner Dipl.-Ing. Christian Osório**  
**und meinem Bruder Philip Herrmann** dafür,  
dass Ihr stets für Computerfragen ein offenes Ohr habt.

Ein ganz herzlicher Dank gilt meiner Familie,

**besonders meinen Eltern,**  
**Luise Bouteiller und Prof. Dr. Harald Herrmann**

**und meinen Großeltern,**  
**Sophie - Luise und Oskar Geisler,**  
**aber auch Hanne und Prof. Dr. Wolfgang Herrmann,**  
die mir dieses Studium ermöglicht und  
mich in jeder Hinsicht großartig unterstützt haben.

Für die liebevolle Inspiration möchte ich  
meinen Freundinnen

**Dr. med. Silke Kniesch und Dr. med. Stefanie Schäfer,**  
**Dipl.- biol. Dr. med. Antonia Uecker, Dipl.- soz.-päd. (FH) Nicole Wendel,**  
**Dipl.- Kauffrau (FH) für Tourismus-Marketing Sybille Postel**

Danke sagen.



## **Lebenslauf**

### **Angaben zur Person**

Name	Meyer auf der Heide geb. Herrmann
Vorname	Danielle
Geburtsdatum /-ort	01.10.1975 in Bielefeld
Anschrift	Stadtplatz 17 83278 Traunstein
Eltern	Prof. Dr. Harald Herrmann, Jurist Luise Bouteiller, geb. Geisler, Realschullehrerin
Staatsangehörigkeit	Deutsch

### **Schulbildung**

Grundschule	4 Jahre (1981 - 1985) Kardinal - von Galen Schule in Hansewinkel
Gymnasium	9 Jahre (1985 - 1994) Jugendorf Christophorusschule Gymnasium Versmold
07.06.1994	Allgemeine Hochschulreife

### **Weiterer Bildungsverlauf**

1994-1996	Heilpraktikerausbildung an der Deutschen Paracelsus Schule in Bielefeld zur Überbrückung der Wartezeit auf einen Medizinstudienplatz.
Januar - Oktober 1996	Auslandsaufenthalt in den USA, der Schweiz und Belgien mit sozialem Dienst in Krankenhäusern, Altenheimen und Behindertenwerkstätten
Oktober 1996	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Martin - Luther - Universität, Halle-Wittenberg
26.03.1999	Ärztliche Vorprüfung in Halle-Wittenberg
Mai 1999	Fortsetzung des Medizinstudiums an der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

### **Famulaturen**

16.08.1999 - 16.09.1999	Erste Famulatur, Kreiskrankenhaus Ochsenfurt, Innere Medizin
23.03.2000	Erster Teil der Ärztlichen Prüfung in Würzburg
01.08. 2000 - 30.09.2000	Zweite Famulatur, Kinder- und Poliklinik der Technischen Universität München - Schwabing, Pädiatrie
05.03.2001 - 04.04.2001	Dritte Famulatur, Gemeinschaftspraxis für Allgemeinmedizin, Dres. med. J. und G. Stürmer, Würzburg

01.08.2001 - 31.08.2001	Vierte Famulatur, Regional Hospital Dooradoyle C0. Limerick, Republik Irland, Allgemeine Pädiatrie und Neonatologie
22.-23/26.-27.8.2002	Zweiter Teil der Ärztlichen Prüfung in Würzburg (schriftlich)
02.09.2002	Zweiter Teil der Ärztlichen Prüfung in Würzburg (mündlich)

**Praktisches Jahr gem. §3ÄappO**

21.10.2002 - 09.02.2003	Erstes Tertial des Praktischen Jahres, Universitäts-Kinderklinik Würzburg, Pädiatrie
10.02.2003 - 31.03.2003	Zweites Tertial des Praktischen Jahres, Medizinische Poliklinik der Universität Würzburg, Innere Medizin
01.04.2003 - 31.05.2003	Fortsetzung des zweiten Tertials des Praktischen Jahres, Kantonsspital Luzern der Universität Zürich, Innere Medizin
02.06.2003 - 21.09.2003	Drittes Tertial des Praktischen Jahres, Allgemeine Chirurgie, LKH Juliusspital Würzburg
25.11.2003 u. 26.11.2003	Dritter Teil der Ärztlichen Prüfung in Würzburg
26.11.2003 - 01.05.2004	Klinische Untersuchungen im Rahmen der Promotion der Kinderklinik der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Betreuung PD Dr. med. D. Singer und PD Dr. med. H. Girschick ;Thema: Infrarot - Thermographie als nicht-invasive Untersuchungsmethode in der Pädiatrie
01.05.2004 - 01.10.2004	Ärztin im Praktikum in der Kinder- und Jugendpsychiatrie im Sana-Klinikum Remscheid; Akademisches Lehrkrankenhaus der Ruhr-Universität Bochum
01.10.2004 – 30.11.2005	Assistenzärztin in der Kinder- und Jugendpsychiatrie im Sana-Klinikum Remscheid, Akademisches Lehrkrankenhaus der Ruhr-Universität Bochum
01.05.2006 – 30.09.2006	Assistenzärztin im Medical Park Prien Kronprinz GmbH & Co KG, orthopädisch-internistische Rehabilitationsklinik
Seit 04.10.2006	Assistenzärztin in der Psychosomatik im Klinikum Roseneck in Prien am Chiemsee, Lehrkrankenhaus der LMU München

**Sonstige Erfahrungen und Interessen**

Musik	Mitglied des Jazz- und Gospelchores Giovedi Vocale Traunstein
Januar - Oktober 1996	Teilnahme am internationalen Bildungsprogramm "Up with People", das in Zusammenarbeit mit der Universität von Arizona, Tucson, konzipiert wurde.
Sprachkenntnisse	Englisch, Französisch, Russisch in Wort und Schrift

