

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktorin: Prof. Dr. med. S. Ritz-Timme

Variabilität des Handrückenvenenverlaufs  
bei erwachsenen Personen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von  
Dominic Pascal Rauschning

2014

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf  
Dekan

Erstgutachterin: Prof. Dr. med. Stefanie Ritz-Timme

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Gerd Rehkämper

*Erfolg ist das Ergebnis harter und zäher Arbeit. Es erfordert die Anspannung aller Kräfte.*

Konrad Adenauer

## Zusammenfassung

Die Fragestellung der Arbeit ergab sich aus der forensischen Praxis: Auf einem Filmdokument war nur die dorsale Ansicht einer Hand eines Täters zu sehen; dabei war das Venenrelief des Handrückens im Detail zu erkennen. Die einzige Möglichkeit, die Identität des Täters mit einem Tatverdächtigen zu prüfen, war der Vergleich des auf dem Filmmaterial abgebildeten Handvenenreliefmusters mit dem der entsprechenden Hand des Tatverdächtigen. Diese Situation führte zu der gutachtlich wichtigen Frage, ob das Muster der Handrückenvenen so individuell und variabel genug ausgeprägt ist, dass es zu Identifizierungszwecken herangezogen werden kann.

In der älteren Literatur sind zur Variabilität des Venensystems am Handrücken einige anatomische Arbeiten zu finden. Verschiedene Venenverlaufstypen wurden beschrieben, ebenso einige Daten zur Häufigkeit bestimmter Verlaufsmuster. Allerdings ist dieses anatomische Datenmaterial nicht geeignet, die Frage nach der Variabilität des Venenmusters mit der Eindeutigkeit zu klären, die im forensischen Kontext erforderlich ist.

Deshalb wurden die beschriebenen Venenverlaufstypen der Handrückenvenen und deren Variabilität an einer Stichprobe von 30 Probanden überprüft. Dazu wurden die Handrücken der rechten und linken Hand der 30 Probanden sowohl in einfacher Farbbildtechnik als auch mittels einer Infrarotkamera aufgenommen.

Alle Bilder wurden in die beschriebenen Venenverlaufssysteme eingeordnet, die Variabilität der Muster innerhalb dieser Systeme deskriptiv erfasst. In einem quantitativ ausgerichteten Ansatz wurden die Bilder unter ein Raster projiziert. Anschließend wurden die Schnittpunkte der Venen mit dem Raster und Verzweigungen innerhalb der Quadranten des Rasters gezählt und so für jeden Probanden eine Zahlenfolge generiert. Mittels Kreuztabellen und Häufigkeitsverteilungen wurden rechte und linke Hand, sowie Farb- und Infrarotaufnahmen verglichen. Weiter wurde untersucht, wie viele der erhobenen Variablen mindestens gebraucht wurden, um einen der Probanden sicher von den anderen zu unterscheiden. Da in der Stichprobe unter den Probanden familiäre Verbindungen zu finden waren, wurden in diesen Fällen Übereinstimmungen oder Unterschiede untersucht, die auf eine mögliche genetische Komponente hinweisen konnten.

In dem deskriptiven Ansatz unter Nutzung der vorbeschriebenen Venenverlaufstypen zeigte sich, dass die Ausprägung des Verlaufsmusters unabhängig war von verwandtschaftlichen Beziehungen der Probanden; auch das Geschlecht eines Probanden, wie auch äußere Einflüsse wie z.B. die Nutzung der Hand scheinen keinen nennenswerten Einfluss auf die Ausprägung eines bestimmten Verlaufsmusters zu haben. Am ehesten ist von einer komplexen Genetik, sowie einer multikausalen Beeinflussung der Ausprägung eines Handrückenvenenmusters auszugehen, was offenbar einen morphologisch höchst variablen Venenverlauf bedingt. Teilweise traten sogar intraindividuell unterschiedliche Verlaufstypen auf, allerdings zeigten mehr als die Hälfte der Personen zumindest denselben Verlaufstyp auf beiden Handrücken.

Die quantitative Analyse mit dem entwickelten Rastersystem belegte ebenfalls eine hohe Variabilität. Es reichten hier schon durchschnittlich 4 Variablen aus, um morphologische Unterschiede zwischen den Probanden eindeutig belegen zu können, bei mehr als zehnmals mehr erhobenen Variablen.

Die Ergebnisse der durchgeführten deskriptiven und quantitativen Untersuchungen belegen eine so hohe Variabilität des Handvenenreliefmusters, dass dessen Beurteilung im forensischen Kontext zu Identifizierungszwecken einsetzbar ist. Lässt sich ein Tatverdächtiger im Vergleich nicht ausschließen, so kann der entwickelte quantitative Ansatz zur Analyse der Morphologie des Venenmusters einen wichtigen Beitrag zu einer zweifelsfreien Identifikation leisten.

## Abkürzungen

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>AVI</b>	<i>Audio Video Interleave</i>
<b>CCD</b>	<i>Charge-Coupled Device</i>
<b>cm</b>	Zentimeter
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung ( <i>alt:</i> Deutsche Industrie-Norm)
<b>IR</b>	Infrarot
<b>LED</b>	Licht-emittierende Diode
<b>MiniDV</b>	Kassettenformat des Standards <i>Digital Video</i>
<b>PASW</b>	<i>Predictive Analysis Software</i>
<b>SPSS</b>	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
<b>TIFF</b>	<i>Tagged Image File Format</i>

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund und Fragestellung	1
1.2 Venen des Handrückens	2
1.2.1 Typologie nach Piolino	2
1.2.2 Typologie nach Sayfi	4
1.2.3 Typologie nach Freerksen	5
1.3 Ansatz zur Klärung der aufgeworfenen Fragestellung	7
<b>2. Material und Methodik</b>	<b>8</b>
2.1 Probanden	8
2.2 Dokumentation der Handvenenmuster – Versuchsaufbau	9
2.2.1 Vorversuche	9
2.2.2 Hauptversuche	12
2.3 Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken	14
2.4 Quantitativer Ansatz: Analyse der dokumentierten Handvenenreliefmuster mit einem Rastersystem	18
2.5 Analyse der Variabilität der Handvenenmorphologie	22
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>26</b>
3.1 Qualität der Dokumentation des Handvenenreliefmusters	26
3.1.1 Vorversuche	26
3.1.2 Hauptversuche	28
3.2 Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken.	28
3.2.1 Typologie nach Piolino	28
3.2.2 Typologie nach Sayfi	34
3.2.3 Typologie nach Freerksen	40
3.3 Prüfung der Variabilität des Handrückenvenenmusters und der Möglichkeit der Probandenidentifikation innerhalb der Stichprobe anhand der über das Rastersystem des Handrückens erhobenen Variablen	45
3.3.1 Identifikation unter Nutzung aller Variablen des Rastersystems	46

3.3.2 Identifikation unter Nutzung möglichst weniger, ausgewählter Variablen des Rastersystems	49
3.3.2.1 Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien	49
3.3.2.2 Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten	54
3.3.2.3 Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten und Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien, die ihn begrenzen	59
3.3.2.4 Anzahl der Schnittpunkte mit den Hauptachsen des Rasters (Linien II und IV) und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten (A, B, C, D)	76
3.3.2.5 Kombination aus Variablen beider Aufnahmetechniken	88
3.3.2.5.1 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Aufnahmetechnik sowie die Schnittpunkte mit den Rasterlinien der jeweils anderen Aufnahmetechnik	88
3.3.2.5.2 Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien I-VI der einen und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten der anderen Aufnahmetechnik	93
3.3.2.6 Kombination aus Variablen der rechten und linken Hand	98
3.3.2.6.1 Anzahl Schnittpunkte mit den Hauptachsen des Rasters (Linien II und IV) der einen Hand und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten der anderen Hand	98
3.3.2.6.2 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Hand und Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien, sowie Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten ABCD der anderen Hand	103
3.3.2.6.3 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Hand und Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV der anderen Hand	108
3.3.3 Zusammenfassung der Befunde	113
3.4 Betrachtung verwandter Probanden	115
3.4.1 Probanden P-2009/1 und P-2009/6 (Brüder)	115
3.4.2 Probanden P-2009/23 und P-2009/24 (Brüder)	118
3.4.3 Probanden P-2009/8 und P-2009/9 (Vater und Sohn)	120
3.4.4 Probanden P-2009/3, P-2009/4 und P-2009/5 (Eltern und Sohn)	122

<b>4. Diskussion</b>	<b>125</b>
4.1 Technische Lösung zur Dokumentation der Venenverlaufsmuster	125
4.2 Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken	126
4.3 Prüfung der Variabilität des Handrückenvenenmusters und der Möglichkeit der Identifikation einzelner Probanden innerhalb der Stichprobe anhand der durch das Rastersystem des Handrückens erhobenen Variablen	133
4.4 Betrachtung verwandter Probanden	135
4.5 Conclusio	136
<b>5. Literaturverzeichnis</b>	<b>139</b>
<b>6. Anhang</b>	<b>142</b>
Standardisierter Erfassungsbogen	142
Tabellarische Übersicht der erhobenen Daten der Erfassungsbögen	143



# **1. Einleitung**

## **1.1 Hintergrund und Fragestellung**

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit leitete sich aus einem realen Kriminalfall ab: Im Rahmen von Ermittlungen im Milieu der Kinderpornographie sichteten Kripo-Beamte ein Video, das die sexuelle Misshandlung einer Minderjährigen durch eine erwachsene, männliche Person zeigte. Der Täter selbst blieb, um unkenntlich zu bleiben, außerhalb des gefilmten Bereiches. Allein eine Hand, die auf dem Opfer ruhte, und hier insbesondere das Relief der sich abzeichnenden Handrückenvenen war deutlich zu erkennen. Im weiteren Verlauf konnte ein Verdächtiger ermittelt werden.

Daraus ergab sich die Frage, ob die Identifizierung des Verdächtigen als Täter durch Vergleich seines Handrückenvenenmusters mit dem auf dem Filmmaterial erkennbaren Muster mit der erforderlichen Sicherheit möglich ist, wie sie zum Beispiel auch bei der Gesichtserkennung in Videoaufnahmen oder auf Photographien von mutmaßlichen Tätern gefordert wird [1], [2].

Im Strafverfahren ist für eine Verurteilung eine Täteridentifizierung mit dem Prädikat „mit an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit“ erforderlich. Das bedeutet, dass jeder vernünftige Zweifel an der Nicht-Identität ausgeschlossen sein muss.

Daraus folgt, dass eine für ein Strafverfahren ausreichend sichere Identifizierung aufgrund eines Handvenenverlaufsmusters nur dann möglich ist, wenn dieses Muster in der Bevölkerung eine ausreichend hohe Variabilität aufweist.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Klärung der Frage, ob die Variabilität des Venenmusters im Bereich des Handrückens als Grundlage für die Identifizierung eines mutmaßlichen Täters im Strafverfahren genutzt werden kann.

Zur Frage der Variabilität der Ausprägung der Venen am Handrücken existierten bislang lediglich einige orientierende Angaben aus der älteren anatomischen Literatur (s.1.2.). Wenn auch in diesen Arbeiten teilweise schon die Nutzung der Variabilität des Handvenenverlaufssystems in der „Kriminologie“ diskutiert wird, so wird durch diese Arbeiten diese Variabilität noch nicht so ausreichend belegt, dass sie heute im forensischen Kontext zu Zwecken der Identifikation genutzt werden kann.

## 1.2 Venen des Handrückens

Der Handrücken spielt für den venösen Blutabfluss der Hand eine große Rolle. Der venöse Hauptabfluss findet über die subkutanen Venen des Handrückens statt, während die arterielle Versorgung der Hand hauptsächlich palmar liegt. Das venöse Blut aus der Hohlhand wird unter anderem über *Venae perforantes* in das Venensystem des Handrückens gespeist. Zusammen mit dem Blut aus den Fingern aus den *Venae digitales dorsales* gelangt es von dort nach proximal über ein Venennetz, das sogenannte *Rete venosum dorsale manus*, oder auch über einen Venenbogen, *Arcus venosus dorsalis manus*, in die großen epifaszialen Venen des Unterarms, der radialen *Vena cephalica* und der ulnaren *Vena basilica*, die in Höhe des Handgelenks entspringen [3], [4], [5], [6], [7].

Die Anastomosen und Verläufe innerhalb des *Rete venosum dorsale manus* sind sehr variabel. Auch ein *Arcus venosus* im wörtlichen Sinne wird nicht regelhaft angetroffen [8]. Die Begrifflichkeiten *Rete venosum* und *Arcus venosum* benutzen hierbei eine möglichst allgemeine Terminologie, ohne einen besonderen Gefäßverlauf abzugrenzen.

Durch Beschreibung von Typologien wurde in den älteren anatomischen Arbeiten versucht, häufiger anzutreffende Verlaufsmuster zu kategorisieren und dadurch Verlaufstypen benennen zu können.

Im Folgenden werden drei solcher Typologien dargestellt.

### 1.2.1 Typologie nach Piolino

Piolino [9] stellte fest, dass die klassischen anatomischen Werke die große Variabilität des Venennetzes am Handrücken beschreiben, ohne genaue Verläufe oder Formationen zu definieren.

Er untersuchte die Hände 49 erwachsener Personen wie folgt:

- Leichen: Sektion nach normaler Fixierung (9 Personen)
- Lebende Personen: Leichte Kompression des Unterarms zur Hervorhebung der Venen (40 Personen)

Als eine erste wichtige Aussage im Rahmen seiner Forschung an Händen erwachsener Personen stellte Piolino fest, dass es keine Unterschiede zwischen den Bautypen bei Männern und Frauen gebe, allerdings Unterschiede in den Häufigkeiten ihres Auftretens nachweisbar seien.

Anhand seiner anatomischen Analysen beschrieb Piolino zunächst anatomische Befunde, die er grundsätzlich antraf. Danach bildeten die *Venae digitales* im Verlauf die *Venae metacarpales dorsales*, nachdem sie die *Venae interdigitales* aufgenommen hatten; meist gab es mehrere Anastomosen zwischen diesen Fingerven, eine sog. Fingerarkade bildend, die Piolino immer an allen vier Fingern fand. Am Daumen war sie allerdings fast konstant nicht vorhanden.

Die *Venae metacarpales dorsales* waren nach Piolino nahezu konstant, schwankten allerdings je nach Konfiguration der Handrückenvenen im Kaliber mit variabler Wichtigkeit. Bei 30% blieben diese Metacarpalvenen bis zur Handwurzel erhalten, in 70% waren sie beteiligt an einer Handrückenarkade. Allein der Abgang der dorsalen oberflächlichen Metacarpalvenen zeigte sich interindividuell unterschiedlich. Das oberflächliche Venennetz am Handrücken ging am Arm in vier Stammvenen über:

- die radiale Superficialvene
- die anastomosierende Dorsalvene der Handwurzel
- die ulnare Superficialvene
- *Vena cubitalis accessoria*

Anhand dreier beispielhafter Präparationen baute Piolino seine Typologie, bestehend aus drei Verlaufstypen auf:

1. *Typische Arkade* (in 40% angetroffen), drei konstante Merkmale zeigend:

- entspringt auf Kosten der 2. Metacarpalvene
- Ursprung distal im 2. interossären Raum
- verläuft im 1. und 4. interossären Raum als *Venae marginales interna/externa*

2. *Atypische Arkade* (in 30% angetroffen) mit Anastomosenbildung, die nicht die Kriterien der typischen Arkade erfüllt.

3. In weiteren 30% konnte er *keine Arkadenbildung* nachweisen

Piolino beschrieb weiter, dass er vor allem Hände von Arbeitern untersuchte, bei denen er vorwiegend typische Arkaden vorfand, während die Frauenhände durch einen höheren Anteil ohne Arkadenbildung auffielen. Bei einigen Medizinstudenten, die durch Aufstauung der Handvenen untersucht wurden, stellte er ebenfalls einen niedrigeren Anteil an Arkaden fest und fasst diese Ergebnisse statistisch zusammen:

Arbeiter	80% Arkaden (50% davon typisch)
„Intellektuelle“	65% Arkaden
Frauen	60% Arkaden

Als Ursache vermutete Piolino, dass vermehrte Bewegung (v.a. Flexion) und erhöhter Blutdurchfluss durch die Hand das Blut vorwiegend nach lateral weichen lässt, wodurch besonders die erste und vierte Metacarpalvene als Abflusstraßen wirken, während die medialen Metacarpalvenen komprimiert werden und ihr Blut durch die verschiedenen Anastomosen, die schon beim Neugeborenen vorhanden sind, an die lateral gelegenen abgeben.

### 1.2.2 Typologie nach Sayfi

Sayfi [10] führte eine Studie mit 74 verstorbenen Personen durch, die 47 Männer und 27 Frauen umfasste.

Er teilte den Venenverlauf am Handrücken in fünf große Typen ein:

- Typ 1 („einfachster Typ“):*
- keine Arkaden der Finger- und Handrückenvenen
  - Die Venen des 1. und 2. Intermetacarpalraumes bilden mit der *V.cephalica pollicis* einen gemeinsamen Stamm, der Ursprung der radiären Oberflächenvene des Unterarms ist
  - Venen des 3. und 4. Intermetacarpalraumes bilden einen gemeinsamen Stamm, der die Vene des 5. Fingers aufnimmt und Ursprung der ulnaren Oberflächenvene des Unterarms ist
  - 8,10% der Beobachtungen
- Typ 2:*
- dorsale Arkade
  - Anastomosierende Vene zwischen 2. und 3. Intermetacarpalvene
  - 20,27% der Beobachtungen
- Typ 3:*
- Fingervenenarkade auf Höhe der proximalen Phalangen durch kleine Anastomosen zwischen *Vv. collaterales dorsales* desselben Fingers
  - 25,66% der Beobachtungen
- Typ 4 („Typ Rouvière“):*
- Finger- und Handrückenvenenarkade
  - Kombination aus Typ 2 und 3
  - 31,08% der Beobachtungen

- Typ 5 („komplexester Typ“):* - verschiedene Arkaden am Handrücken durch Anastomosen der Intermetacarpalvenen
- 14,89% der Beobachtungen

### 1.2.3 Typologie nach Freerksen

Freerksens [11] Arbeit aus dem Jahr 1937 umfasst eine weitere Systematisierung der Handrückenvenen, die weitere Aspekte des Gefäßverlaufs mit einschließt. Zunächst beschrieb Freerksen die makroskopische Untersuchung von 250 Probanden mittels Infrarotaufnahmen, wobei er feststellte, dass die besten Ergebnisse bei älteren Personen mit fettarmer, dünner Haut erzielt werden.

Seine Befunde ergaben, dass es sowohl intraindividuelle Rechts-Links-Unterschiede als auch interindividuelle Unterschiede im Handvenenmuster gibt. Deshalb, so Freerksen damals schon, sei dieses Merkmal im forensischen Kontext zur Identifikation nutzbar, vor allem, da der Handrücken relativ leicht zugänglich ist und das Muster gut ausdifferenziert ist. Weiterhin entzogen sich die Handrückenvenen einer Veränderung während des Lebens nach der Geburt und eine Rekonstruktion des ursprünglichen Verlaufs sei seiner Meinung nach auch im Falle des nachträglichen Entfernens einiger Abschnitte oder bei Hautveränderungen möglich.

Seiner Meinung nach käme es im Alter von 5 bis 6 Jahren zur Ausbildung der Hauptstämme aus einem kindlichen Venennetz mit kalibergleichen Venen und somit zur Entwicklung des späteren Mustertypus. Bezüglich der Geschlechtsunterschiede traf Freerksen in der Regel dünnere und tiefer in der *Cutis* gelegene Venen bei Frauen an.

Freerksen beschrieb folgende fünf Verlaufstypen:

*Typ 1: „nach proximal konkaver Bogen“*

- steigt flach von ulnar her auf
- zwischen Daumen und Zeigefinger sinkt er nach radial ab
- kurze Stämme zu den Fingern, v.a. zwischen 3. und 4. Metacarpalknochen

*Typ 2: „rhombische Form“*

- von radial zieht ein Stamm ins Gebiet des 4. Metacarpale
- nach ulnar Aufsplitterung in kleine Gefäße; rechts und links etwa gleichartige Aufsplitterung

- Vereinigung der beiden Hauptgefäße im 1. Interdigitalraum auf Höhe des Köpfchens des Metacarpalknochens

*Typ 3:*

- Hauptstamm zieht von radial her nach ulnar auf den Handrücken
- im mittleren Handrücken über 4. und 5. Metacarpalknochen entsteht eine Venenansammlung mit Aufsplitterung

*Typ 4: „Hauptgefäße“; „longitudinaler Typ“*

- kaum Gliederung in Haupt- und Nebengefäße, kein Venennetz
- z.T. rein longitudinaler Verlauf der Venen
- geringe Gefäßzahl, weitlumig
- nur bei Männern beobachtet

Freerksen betont, dass dieser Typus nicht ausschließlich stark körperlich arbeitenden Menschen zuzuordnen ist, da die von ihm untersuchten Hände nur geistig tätigen Personen gehörten. Dieser Typus kommt ihm zufolge schon bei Kindern vor und ist angeboren, nicht erworben.

*Typ 5:*

- stark verzweigtes Netzwerk
- meist ulnares und radiales Hauptgefäß als Rahmen

Zu beachten galt laut Freerksen, dass es zwischen diesen Typen Mischformen gäbe und dass ein *Arcus venosus dorsalis*, wie er in anatomischen Lehrwerken beschrieben wird, in Reinform kaum anzutreffen sei und als Typus verworfen werden könne.

Bezüglich der Zuordnung von Venenmustern zu bestimmten Konstitutionstypen, gab Freerksen an, dass reichliche Venendurchfurchung der Haut am häufigsten einer bindegewebsschwachen, asthenischen Konstitution gleichkäme.

Zur Symmetrie schrieb Freerksen, dass man in den allermeisten Fällen eine Links-Rechts-Symmetrie vorfände („Bilateralsymmetrie“), trotz der allgemeinen Annahme, die Handrückenvenen würden als Beispiel für Asymmetrie gelten. Diese Aussage wird relativiert und bezieht die Symmetrie nur auf den Typus und nicht auf die Ausdifferenzierung einzelner Verläufe.

Freerksen widmete einen Teil seiner Arbeit auch der Zwillingsforschung, wobei hier besonderes Augenmerk auf die eineiigen Zwillinge gerichtet wurde.

Hier beschrieb Freerksen den überraschenden Befund, dass bei zwei untersuchten Zwillingspaaren eine stärkere interindividuelle Rechts-Rechts- bzw. Links-Links-Symmetrie zu finden sei als eine Übereinstimmung im intraindividuellen Rechts-Links-Vergleich. Auf der anderen Seite stellte er auch zwei eineiige Zwillingspaare vor, bei denen eine deutliche Symmetrie zwischen beiden Händen des gleichen Individuums zu sehen sei, während deutliche Unterschiede im interindividuellen Vergleich vorgefunden wurden.

Abschließend kam er aber noch einmal zu dem Schluss, dass zwischen beiden Körperhälften eine Asymmetrie herrschte, während eine Links-Links- und Rechts-Rechts-Konkordanz ein „durchgehendes Merkmal für den ganzen Organismus darstellen kann“. Eine mögliche Erklärung der Symmetrie bei Zwillingen beruhe auf der Annahme einer Medianspaltung des befruchteten Eies.

Außerdem konnten die Venenverläufe einer Familie über 3 Generationen verfolgt werden, worunter sich ein eineiiges und ein zweieiiges Zwillingspaar befanden, so dass Freerksen insgesamt zu dem Schluss kam, dass eine Vererbung des Musters unwahrscheinlich sei. Lediglich die „Gliederung in Haupt- und Nebengefäße“, die „Durchfurchung des Handrückens“ und der „Grad des Hervortretens aus der Haut“ zeigten sich bei Eltern und Kindern nahezu identisch.

### **1.3            Ansatz zur Klärung der aufgeworfenen Fragestellung**

Die Frage, ob die Variabilität des Venenverlaufsmusters am Handrücken Basis einer Identifizierung eines Täters im Strafverfahren sein kann, wurde bearbeitet, indem die Variabilität des Venenverlaufs am Handrücken durch Untersuchung von 30 Probanden über zwei Ansätze erfasst und beschrieben wurde:

- deskriptiv unter Nutzung der o.g. Typologien nach Piolino, Sayfi und Freerksen
- quantitativ mittels systematischer Analyse in einem Rasterliniensystem

## **2. Material und Methodik**

Die Morphologie des Handvenenmusters wurde bei insgesamt 30 Probanden mit definierter Methodik dokumentiert, beschrieben und mit geeigneten statistischen Verfahren analysiert, um folgende Fragen zu adressieren:

- Wie variabel ist die Morphologie des Handvenenmusters?
- Beeinflussen genetische oder externe Faktoren das Muster (z.B. Einfluss von Geschlecht und Belastung)?
- Kann die Morphologie des Handvenenmusters zur Identifikation von Individuen genutzt werden?

Gegen die Durchführung der Studie unter der Studiennummer 2865 wurden vonseiten der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf keine ethischen oder rechtlichen Bedenken geäußert.

### **2.1 Probanden**

Insgesamt nahmen 30 Probanden an den Untersuchungen teil, davon 5 sowohl in einer Vorversuchsserie, als auch in der Hauptversuchsserie.

Bei den Probanden handelte es sich um 23 männliche und 7 weibliche Personen zwischen 20 und 74 Jahren. Darunter befanden sich vor allem Studenten und Personen mit akademischen, allerdings auch einigen handwerklichen Berufen (s. „tabellarische Übersicht der erhobenen Daten in den Erfassungsbögen“ im Anhang). Außerdem konnten drei Geschwisterpaare sowie zwei Eltern- bzw. Vater-Kind-Konstellationen mit einbezogen werden.

Alle Probanden wurden durch einen standardisierten Bogen (s. Anhang) zu Alter und Geschlecht sowie insbesondere zu potentiellen Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Handvenenmusters beziehungsweise die Nutzung/Belastung der Hände in ihrem Alltag befragt. Konkret wurde nach der Händigkeit gefragt und im Falle einer Rechtshändigkeit genauer, ob die betreffende Person schon immer vor allem die rechte Hand nutzte oder „umerzogen“ wurde. Desweiteren waren die Berufe von Interesse und die Dauer der Ausübung. Hierbei wurde gezielt nach bestimmten Kriterien gefragt, nämlich nach Kraft, Feinmotorik, Geschwindigkeit und Dauer der Handbewegungen im Arbeitsprozess. Die Angaben der Probanden wurden mit einer Skala von eins bis fünf festgehalten, wobei „eins“ einem „fast gar nicht“ und „fünf“ einem „sehr viel“ entsprach.



Neben diesen beruflichen Aspekten, bediente der Fragebogen auch den Bereich Freizeit und fragte nach Hobbies und erlernten Musikinstrumenten, um die Nutzung der Hände möglichst vollständig zu erfassen.

Weiter wurden andere, exogene Faktoren adressiert, insbesondere regelmäßiger Kontakt mit (Schad-)Stoffen, Rauchen und Medikamenteneinnahme.

## **2.2 Dokumentation der Handvenenmuster – Versuchsaufbau**

Die Varianten des Handvenenmusters sollten möglichst exakt dokumentiert werden. Die Erfassbarkeit des Musters ist von verschiedensten Faktoren abhängig, so unter anderem vom Gefäßkaliber, der Venenfüllung und dem Hautturgor. Deshalb waren einige Vorversuche nötig, um die optimale Dokumentationstechnik zu entwickeln.

### **2.2.1 Vorversuche**

Wichtigste Aufgabe war die Lösung der Kamerafrage. Wegen der eingeschränkten Möglichkeiten der gewöhnlichen Farbphotographie wurde nach anderen, ergänzenden Techniken gesucht.

Zur Wahl standen die Wärmebildtechnik (ähnlich wie sie auch in der Gebäudegutachterbranche eingesetzt wird), sowie die konventionelle Infrarot-(IR-)Photographie. In beiden Fällen stand die Fachhochschule Köln sehr hilfsbereit zu Verfügung. Es konnten mit beiden Systemen einige Probeaufnahmen gemacht werden. Hier zeigte die Infrarot-Photographie vielversprechende Ergebnisse, so dass die Entscheidung für Vergleichsaufnahmen auf die IR-Photographie fiel.

Die nächste zu klärende Frage war, wie mit den zwei optischen Systemen für die beiden Aufnahmemodi identische Rahmenbedingungen geschaffen werden konnten, insbesondere hinsichtlich der Position der Hand und der Aufnahmewinkel. Dabei war zu berücksichtigen, dass es für einen Probanden kaum zumutbar ist, mit Staubinde am Arm von einem Versuchstisch zum anderen zu gehen.

Vor diesem Hintergrund wurden *Camcorder* mit Nachtsichtfunktion für die gegebene Fragestellung getestet, die man während der Aufnahme umschalten kann. Die

Nachtsichtfunktion entspricht im weitesten Sinne einer IR-Aufnahme, sodass beide Aufnahmearten mit einer Optik durchgeführt werden konnten.

Die in den Abbildungen dieser Arbeit gezeigten Bilder wurden mit einem konventionellen *MiniDV-Camcorder* DCR-HC23E der Marke Sony aufgenommen. Dieses Gerät verfügt über eine *NightShot* (®)-Funktion, die Nachtaufnahmen ermöglicht. Dabei wird beim Umstellen in den *NightShot* (®)-Modus der IR-Sperrfilter vor dem *CCD*-Sensor im *Camcorder* weggeklappt und der Aufnahmebereich des Sensors bis in den Infrarotstrahlenbereich voll ausgenutzt. Das Bild wird durch Farbsummation erzeugt. Es enthält also sowohl Informationen des sichtbaren Spektrums als auch des IR-Spektrums. IR-LEDs im Bereich der *Camcorderoptik* geben für den Nahbereich Infrarotlicht zur Ausleuchtung ab. Da die IR-Aufnahmen dieser Arbeit in abgedunkelten Räumen ohne weitere Beleuchtung, mit Ausnahme des Streulichts durch die sich im Raum befindlichen elektronischen Geräte, aufgenommen wurden, waren die eingebauten IR-LEDs die einzige Lichtquelle und das aufgenommene Bild enthielt im Wesentlichen nur die Informationen des Infrarotspektrums.

Eine erste Versuchsreihe erfolgte mit fünf Probanden. Sie umfasste vier männliche Probanden im Alter von 21, 22, 23 und 72 Jahren, sowie eine weibliche Probandin von 53 Jahren. Es wurden jeweils konventionelle Farbaufnahmen sowie IR-Aufnahmen gemacht.

Der *Camcorder* war während der Aufnahmen durch ein 110cm hohes Stativ in einem Winkel von 45° Richtung Boden fixiert. Die Platzierung der Probandenhände erfolgte auf einem Spannbrett der Größe DIN A3 (29,7 cm x 42 cm), das mit blauem Zeichenkarton und im Aufnahmebereich zusätzlich mit Millimeterpapier blauer Liniatur bezogen wurde. Montiert war diese Platte auf einen 80 cm hohen Tisch ebenfalls im Winkel von 45°, sodass eine orthogonale Ebene zum Aufnahmegerät gewährleistet war. Der Abstand zwischen Objekt und Linse betrug 34 cm. Ausgeleuchtet wurde der Aufnahmebereich im konventionellen Betrieb mittels zweier einfachster 20-Watt-Halogenlampen ohne Leuchtstärkenregelung, die jeweils auf Höhe der Ränder hinter der Aufnahmeplatte aufgestellt waren. Gemessen von der Tischplatte befanden sich die Lichtquellen in 30 cm Höhe etwa 20 cm vor der Objektebene. Der Leuchtkopf der Lampen war 30° zur Grundebene angehoben. Zur besseren Verteilung des Lichts waren vor der Aufnahmeplatte zu beiden Seiten zwei Styropor (®)-Platten in etwa 70° Neigung nach oben und innen platziert, sowie eine trapezförmige, 25 cm lange und 8cm hohe, ca. 45° angewinkelte Styroporplatte unmittelbar frontal vor der Auflagefläche [Abb. 1]. Im IR-Modus wurden die Halogenleuchten ausgeschaltet.



**Abb. 1**

Versuchsaufbau der Vorversuchsserie: Beleuchtung durch zwei handelsübliche Halogenstrahler; zum Erhalt einer gleichmäßigen Ausleuchtung bei den konventionellen Aufnahmen wurden seitlich Styropor(®)-Flächen angebracht. Der Proband tritt auf der Seite der Halogenstrahler an den Tisch; die Ablage der Hand erfolgt auf der mit Millimeterpapier präparierten, blauen Fläche.

Den Probanden wurde zunächst ein Stauschlauch in der Mitte des Unterarmes angelegt und dieser so fest angezogen, dass der venöse Rückstrom über die oberflächlichen Venen minimiert wurde. Nach ca. zwei Minuten traten die Probanden von hinten an den Tisch und legten zunächst eine Hand so auf das Aufnahmefeld, dass die Finger nach unten zeigten. Durch Schwenken des *Camcorder-Displays* zum Probanden hin konnte er selbst die Ausrichtung seiner Hand übernehmen. Vorgegeben war nur eine entspannte, nicht gespreizte oder gestreckte Hand; auf dem *Display* sollte der Proband weiterhin seine Hand so in der Vertikalen positionieren, dass der untere *Displayrand* gerade das proximale Interphalangealgelenk des Mittelfingers begrenzte. Da das *Display* nicht das gesamte Bild der Optik wiedergibt, ist die Abbildung im *Stream* ein wenig größer und die Bilder konnten im Nachhinein nochmal zugeschnitten werden, allerdings wurde so auch der Bildbereich auf ein wenig mehr als den Handrücken beschränkt. Die Aufzeichnung erfolgte ohne optische Vergrößerung digital über ein I.Link (®)-Kabel an einen *Laptop*, auf dem Adobe Premiere (®) aufgespielt war. Es wurde in *Streamfunktion* ein Video aufgezeichnet, das zunächst

konventionell, anschließend auch in IR-Technik den Handrücken abbildete, und dann zwei *Frames*, also Standbilder des Films, herauskopiert und gespeichert. Es wurden also pro Proband zwei Videos, jeweils eines für die rechte und eines für die linke Hand aufgenommen. Mit dem Bildbearbeitungsprogramm Adobe Photoshop (®) gelang es durch Tonwert-, Farbsättigungs- und Kontrastooptionen eine noch klarere Darstellung des Venenverlaufs zu erhalten und in jedes Bild die Probandennummer einzufügen.

Die Bildgrenzen wurden wie folgt definiert: Distal bildet das proximale Interphalangealgelenk des dritten Strahls das Bildende, während proximal 2 cm oberhalb des Handgelenks virtuell abgeschnitten wurde. Die lateralen Seiten sind jeweils tangential an erstem und fünftem Strahl angelegt.

### 2.2.2 Hauptversuche

Nachdem die Ergebnisse der Vorversuche nicht optimal waren (s. 3.1 Ergebnisse der Vorversuche), wurde der Versuchsaufbau überarbeitet. In einigen informationswissenschaftlichen Arbeiten, die sich mit biometrischen Identifizierungssystemen beschäftigen, und in schon zur Anwendung gebrachten biometrischen Systemen werden zum Teil eine geschlossene Faust oder das Umgreifen eines stabartigen Gegenstandes als Handhaltung verwendet [12], [13]. Dies führt dazu, dass die Haut des Handrückens straff gespannt ist. Diese Handpositionen konnten in dieser Arbeit jedoch nicht verwendet werden, da mit den erstellten Aufnahmen auch ältere Systeme zur morphologischen Unterscheidung des Handrückenvenennetzes in ihren quantitativen Ergebnissen mit denen dieser Arbeit verglichen werden sollten. Hier ist insbesondere der Einteilungsversuch von Sayfi [10] zu erwähnen, der als ein Kriterium Fingerarkaden nutzt. Somit musste sichergestellt werden, dass zumindest der Beginn der *Phalanges proximales* abgebildet wurde.

Aus diesem Grund wurde der Versuchsaufbau wie folgt verändert: Die Auflagefläche wurde beibehalten, allerdings wurde sie um ca. 20 cm nach hinten versetzt und diente nur noch als Hintergrund. Davor wurde ein weißer Ball mit 15 cm Durchmesser platziert, auf dem die Hand, den Ball locker umgreifend, zu liegen kommt. Durch die lockere Griffhaltung der Finger wird die Haut des Handrückens leicht gespannt und das Gefäßrelief der Venen kann besser zum Vorschein kommen, die Finger werden aber immer noch, leicht gebeugt, abgebildet.

Weiterhin wurde die Millimeterskala der Hintergrundplatte durch einen schmalen, ebenfalls millimeterskalierten Maßstab am linken Rand des Bildfeldes ersetzt und die

Hintergrundplatte mattschwarz lackiert. Dadurch, dass nun der Ball das Bildzentrum ausmachen sollte, wurde die Kamera um ca. 10cm abgesenkt. Die Lichtdiffusoren aus Styropor (®) der ersten Versuchsreihe wurden leicht verändert beibehalten [Abb. 2].



**Abb. 2**

Versuchsaufbau der Hauptversuche: Die ehemalige Auflagefläche wurde schwarz lackiert, eine Millimeterskala verbleibt randständig. Die Hand wird nun auf dem weißen Ball aufgelegt. Die Lichtdiffusoren aus Styropor (®) wurden wenig modifiziert, um eine gleichmäßigere Ausleuchtung zu erhalten.

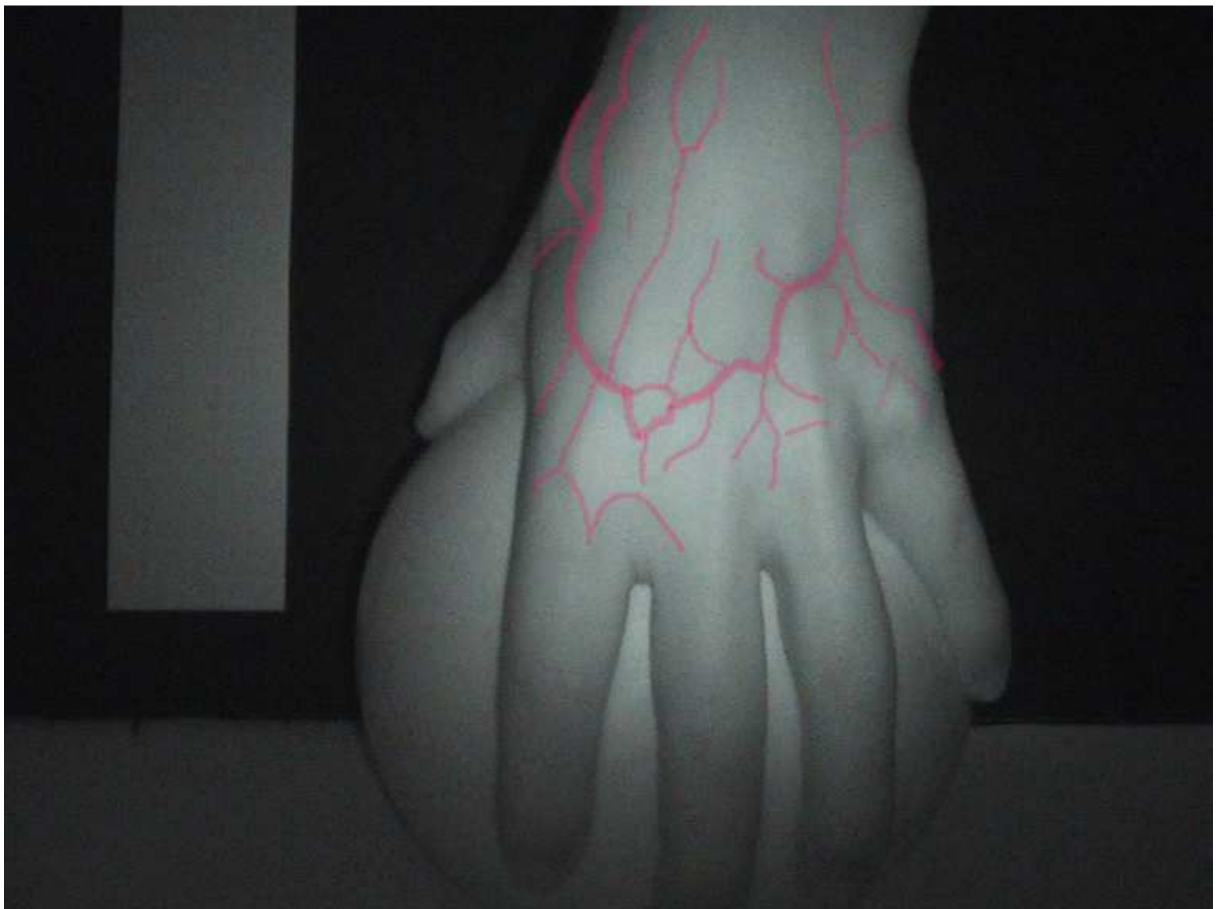
Mit dem veränderten Versuchsaufbau wurde eine Stichprobe von 30 Probanden untersucht.

Der Versuchsablauf entsprach ansonsten dem der Vorversuchsreihe.

### **2.3 Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken**

Zunächst bestand die Analyse der Variabilität des Handvenenverlaufsmusters darin, die erstellten Aufnahmen über bereits existierender Klassifikationssysteme der Venenmorphologie des Handrückens auszuwerten. Freerksen [11] hatte bereits 1937 ein aus fünf Verlaufsmustern bestehendes System entwickelt, Piolino [9] und Sayfi [10] folgten 1957 bzw. 1967 mit anderen Einteilungsversuchen (siehe 1.2.). Anhand der durch die Autoren beschriebenen Kriterien wurden die Venenverläufe der Probanden in die drei Klassifikationssysteme eingeordnet und unter Angabe der Probandennummer und Seite (Bsp.: P-2009/1 R) ebenfalls in einer Excel (®)-Tabelle eingetragen.

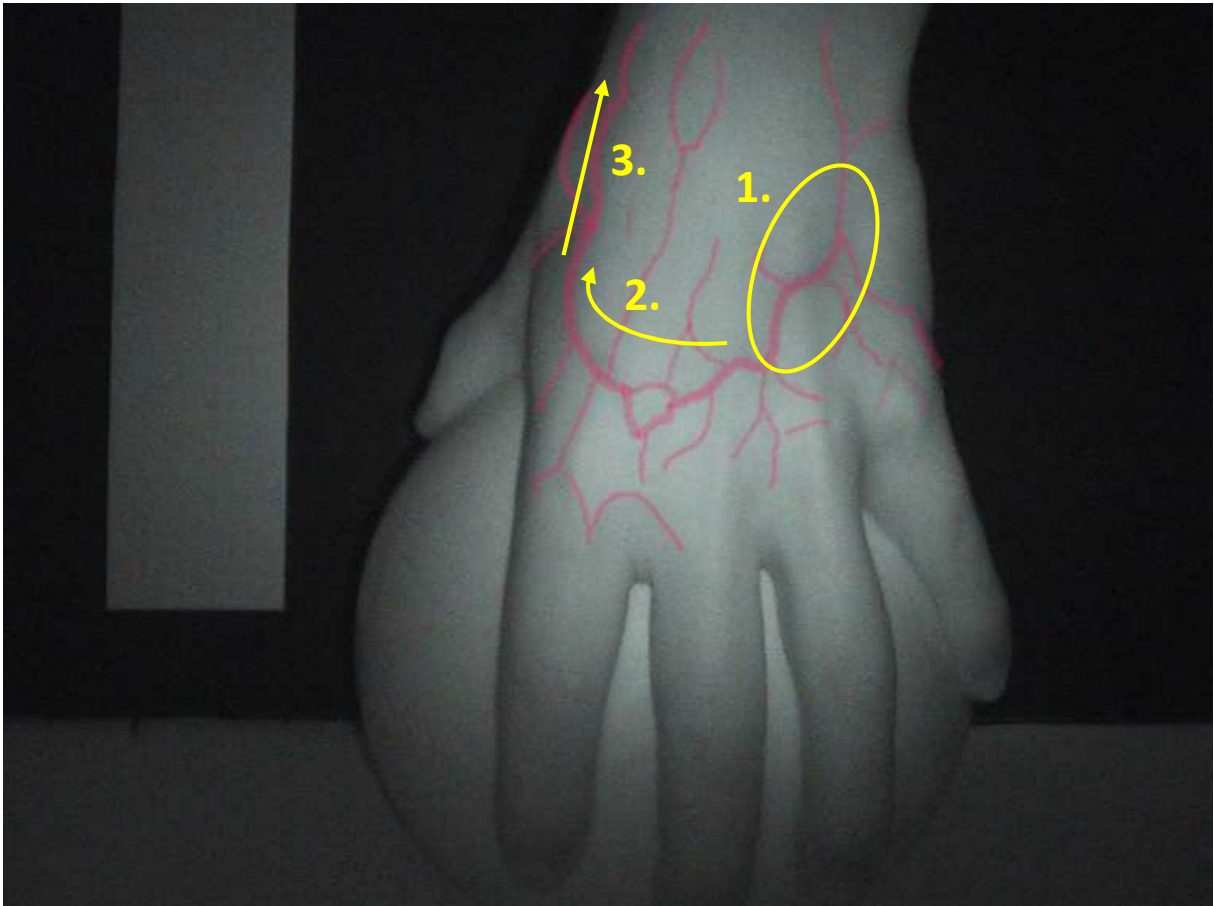
Dieses Vorgehen soll am Beispiel der linken Hand von Proband P-2009/24 hier exemplarisch dargestellt werden [Abb. 3]:



**Abb. 3**

Bearbeitete IR-Aufnahme von P-2009/24 der linken Hand.

Der Venenverlauf wurde dem „proximal konkaven Bogen“ nach Freerksen zugeordnet, der folgendermaßen beschrieben wurde: „Über dem Os metacarpale 4 [erscheint] ein durch seine Stärke auffallendes Gefäß, das im flachen Bogen nach proximal konkav über den Handrücken nach radial zieht und zwischen Daumen und Zeigefinger sich nach unten wendet. [...] In der Konkavität befindet sich ein Netz sehr zarter, dünner Gefäße.“ [11] [Abb. 4].

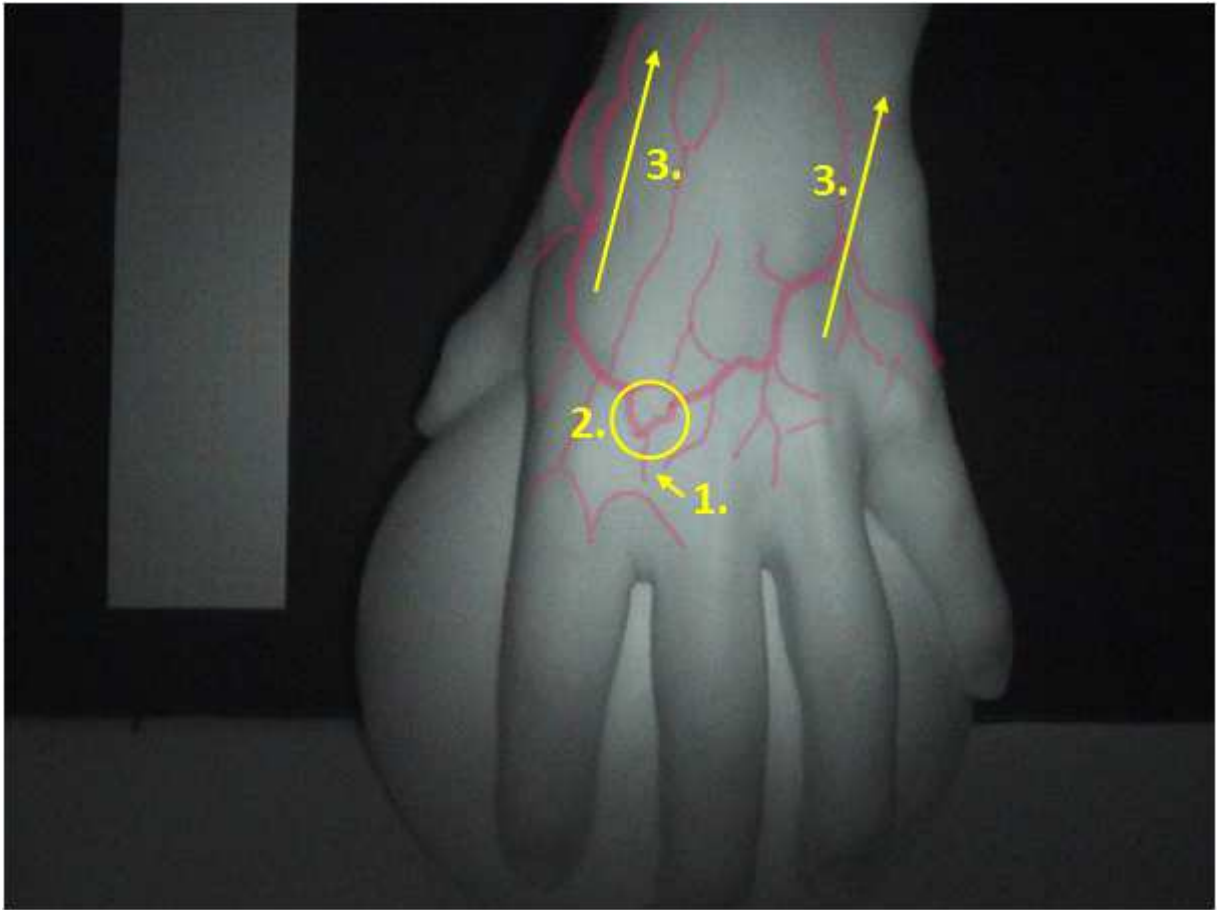


**Abb. 4**

Bearbeitete IR-Aufnahme der linken Hand von Proband P-2009/24 mit farblich markierten Kriterien für den „proximal konkaven Bogen“ nach Freerksen [11]: 1. Kräftiges Gefäß über *Os metacarpale IV*, 2. Flacher Bogen nach radial, 3. Wendung zwischen Daumen und Zeigefinger zum Handgelenk hin.

Nach der Klassifikation von Piolino handelt es sich hier um eine „typische Arkade“, die so definiert wird: „[Sie wird] charakterisiert durch die drei folgenden Konstanten: 1) Sie entsteht aus der zweiten dorsalen Metacarpalvene, 2) ihr Ursprung liegt distal im zweiten Interossärraum, 3) sie verläuft im ersten und vierten Interossärraum in der Form der äußeren und inneren Marginalvene.“ [9] [Abb. 5].



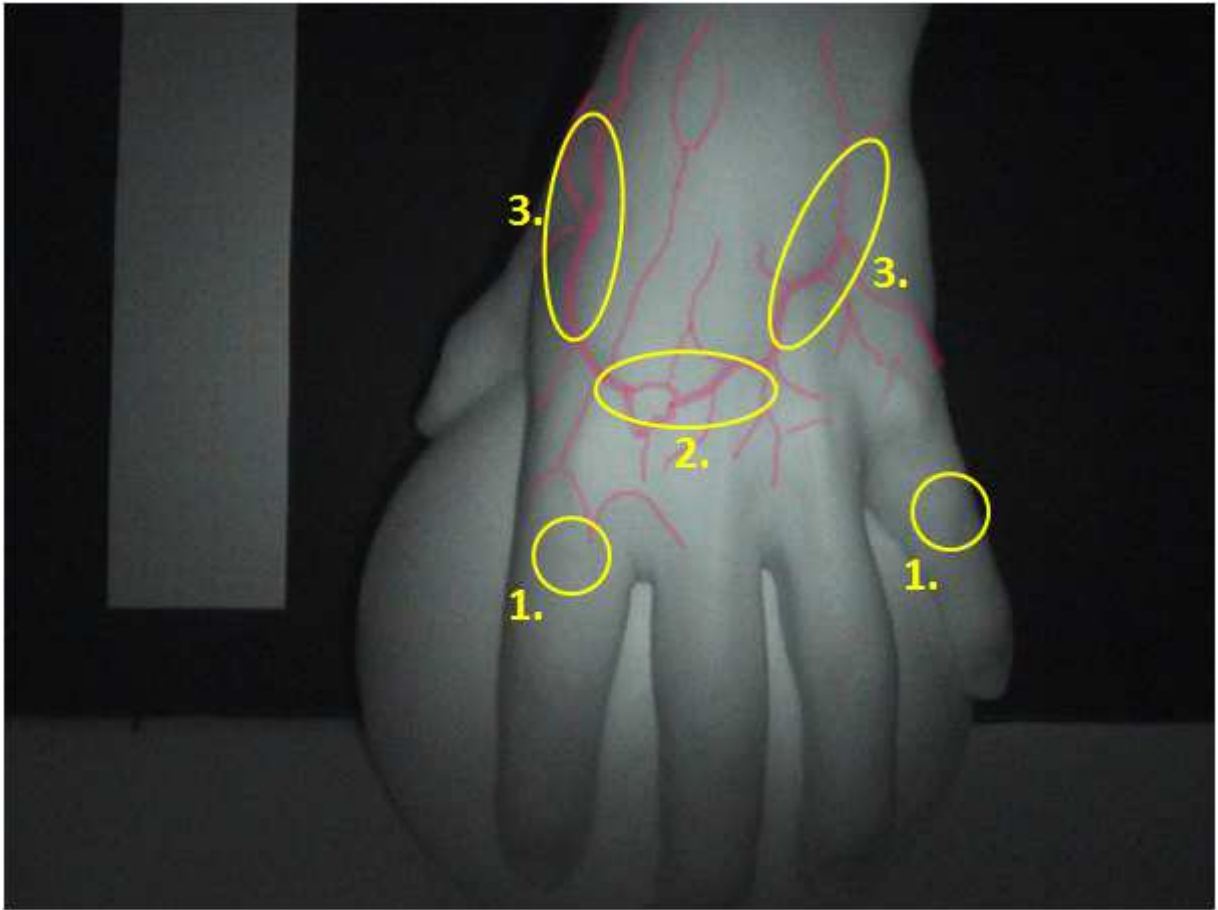


**Abb. 5**

Bearbeitete IR-Aufnahme der linken Hand von Proband P-2009/24 mit farblich markierten Kriterien für die „typische Arkade“ nach Piolino [9]: 1. Entstehen aus zweiter Metacarpalvene, 2. Ursprung distal im zweiten Interossärraum, 3. Bildung der äußeren und inneren Marginalvene.

Im System nach Sayfi kann der Venenverlauf im Beispielfall dem „Typ 4“ zugeordnet werden. Dieser Typ zeigt sowohl Fingerarkaden, bei denen sich „die dorsalen Kollateralvenen desselben Fingers auf Höhe der ersten Phalanx durch kleine anastomotische Venen vereinigen“, als auch eine Handrückenarkade, bei der „eine anastomotische Vene zwischen der zweiten und dritten Intermetacarpalvene“ besteht, neben den schon für Typ 1 beschriebenen Zusammenflüssen der ersten und zweiten, sowie dritten und vierten Intermetacarpalvenen [10] [Abb. 6].





**Abb. 6**

Bearbeitete IR-Aufnahme der linken Hand von Proband P-2009/24 mit farblich markierten Kriterien für den Typ 4 nach Sayfi [10]: 1. Fingerarkaden (in der Bearbeitung nicht nachgezogen), 2. Anastomose zwischen zweiter und dritter Intermetacarpalvene, 3. Anastomosen zwischen erster und zweiter, sowie dritter und vierter Intermetacarpalvene.

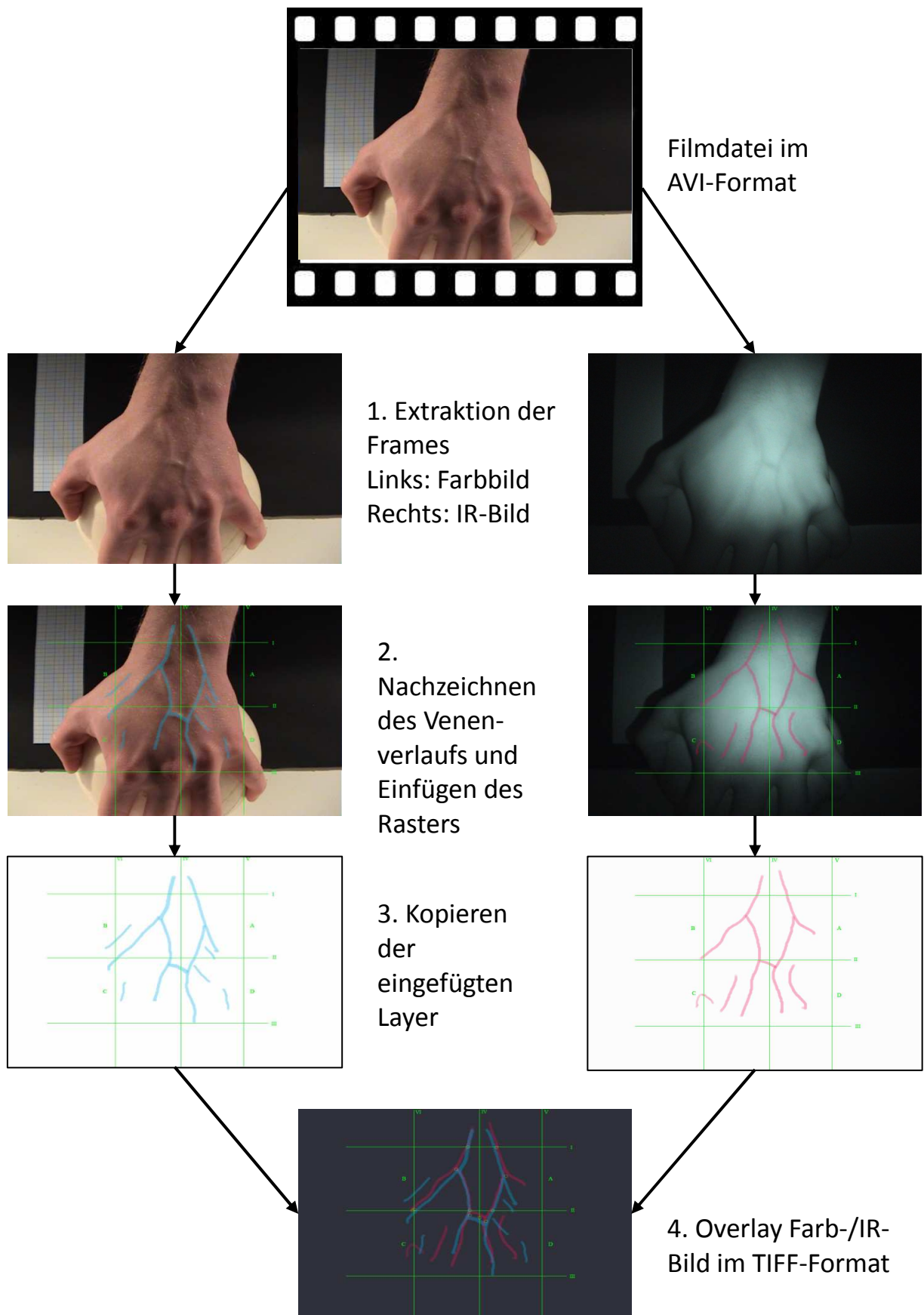
Die in der Stichprobe erhobenen Häufigkeiten der Verlaufstypen wurden mit den in der Literatur angegebenen verglichen.

## 2.4 Quantitativer Ansatz: Analyse der dokumentierten Handvenenreliefmuster mit einem Rastersystem

Abb. 7 gibt eine Übersicht über das Vorgehen für die quantitative Analyse der Venenmuster über ein Rastersystem.

Aus den erstellten Filmdateien wurden für die rechte und linke Hand jeweils zwei *Frames*, d.h. Standbilder des Films, extrahiert und für die weitere Bearbeitung gespeichert (s. 1. in Abb. 7). Diese erfolgte mit dem Bearbeitungsprogramm Adobe Photoshop (®). Zunächst wurden die sichtbaren Venenverläufe mithilfe eines *Touchpads* nachgezeichnet. Dabei wurde im konventionellen Bild Cyanblau und im IR-Bild Magenta verwendet (s. 2. in Abb. 7). Adobe Photoshop (®) ermöglicht es, derartige Bearbeitungen auf zusätzlichen Bildebenen, sogenannten *Layern*, durchzuführen. Diese erlauben es, später einzelne Bildinformationen, z.B. in diesem Fall nur das nachgezeichnete Venenverlaufsmuster, gezielt zu extrahieren. Die in der Testreihe angewendeten Bildgrenzen wurden aufgehoben, um die einheitlichen Bildformate beizubehalten.

Wie Freerksen [11] bereits vorgeschlagen hatte, wurden dann drei parallele Linien quer zum Handrücken gezogen [Abb. 8]. Dabei lag die proximale Linie etwa in Höhe des *Processus styloideus ulnae* (s. Linie I in Abb. 8) und die distale Linie über dem *Caput ossis metacarpalis III* (s. Linie III in Abb. 8). Die dritte Linie befand sich in der geometrischen Mitte zwischen diesen beiden Linien über dem Handrücken (s. Linie II in Abb. 8). Diese Linienführung wurde anschließend durch drei weitere senkrechte Linien zu einem Raster ergänzt. Die radiale Begrenzung erfolgte tangential zum *Caput ossis metacarpalis II*, die ulnare tangential zum *Caput ossis metacarpalis V* (s. Linie VI und V in Abb. 8). Auch hier verlief die dritte Linie in der Mitte zwischen diesen beiden (s. Linie IV in Abb. 8). Durch dieses Raster sollten zwei Merkmale des Venennetzes quantitativ erfasst werden: Einerseits die Anzahl der Schnittpunkte zwischen Venen und Rasterlinien, andererseits die Anzahl der Gefäßverzweigungen in den vier entstandenen Quadranten, die ein Bild von der Dichte des Venennetzes geben.



**Abb. 7**

Vorgehen bei der Analyse der Handvenenreliefmuster

Mit Einteilung des Handrückens in verschiedene Sektoren kann weiterhin das Bild der Gefäßverteilung numerisch erfasst werden. Um einen Vergleich zwischen rechter und linker Hand zu ermöglichen, wurden die Rasterlinien und Quadranten gleichsinnig gekennzeichnet [Abb. 8].

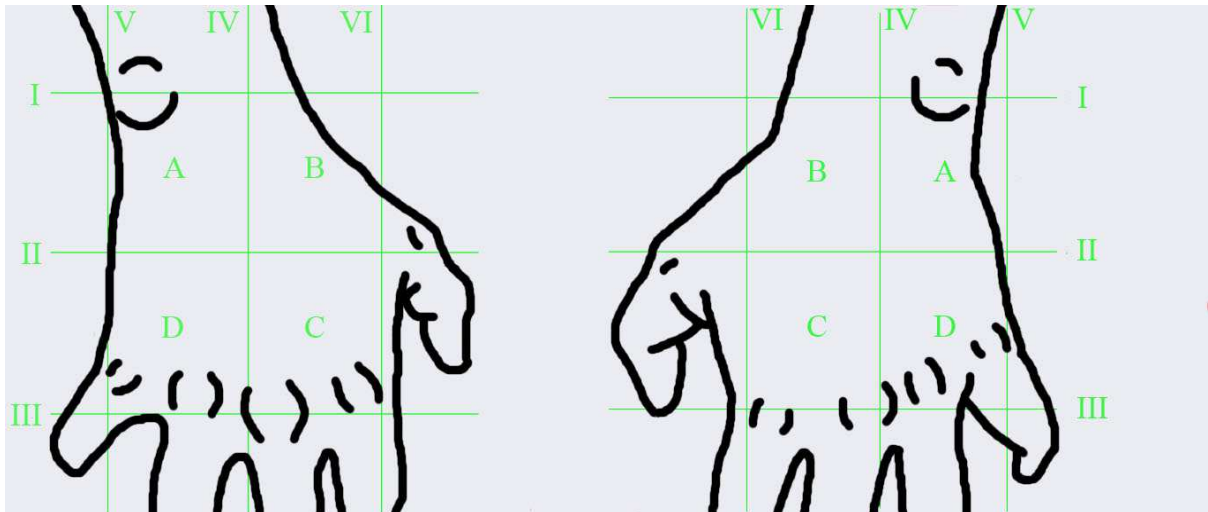


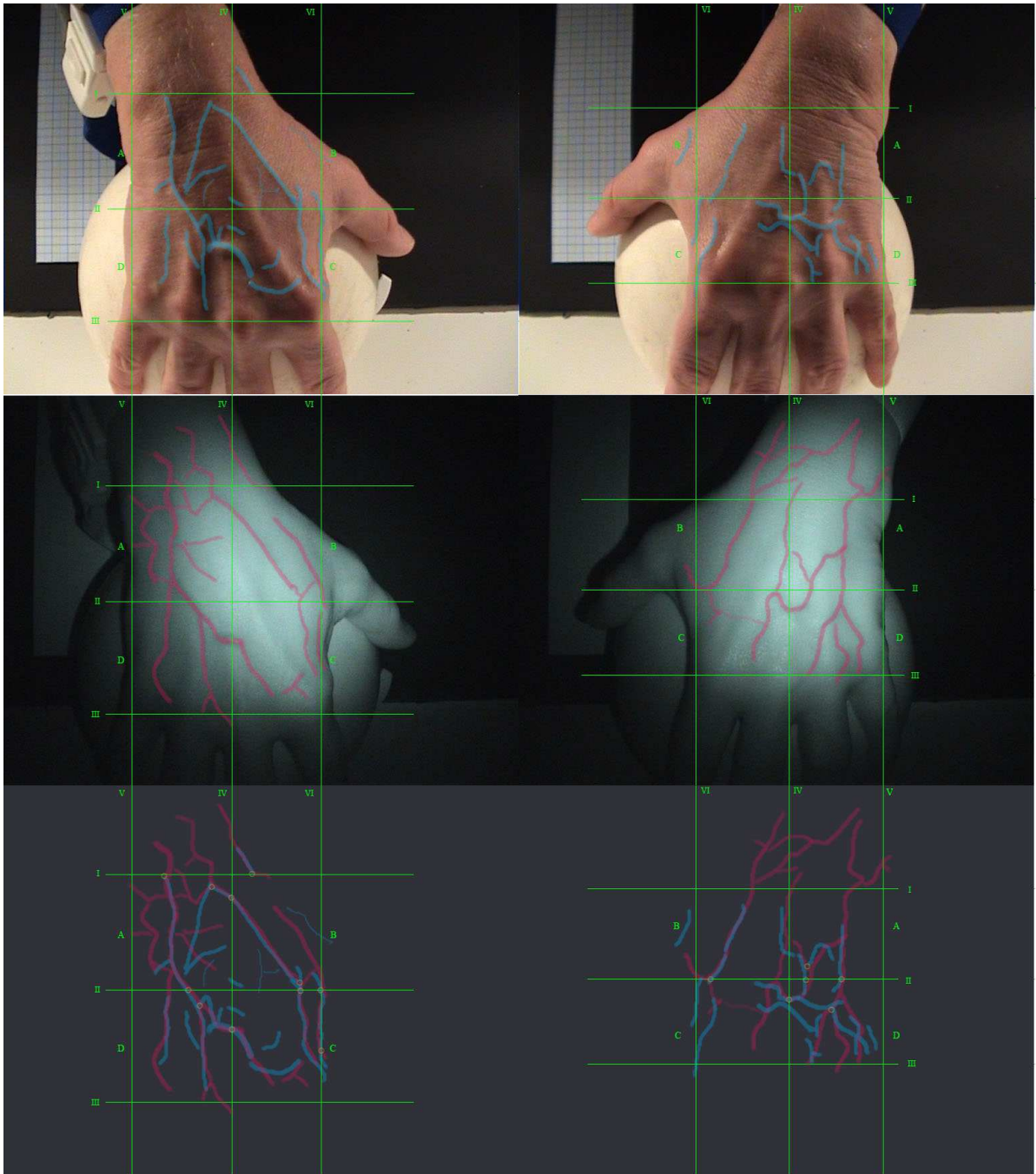
Abb. 8

Raster zur Analyse der dokumentierten Handvenenreliefmuster

Gezählt wurden die Schnittpunkte der Venen mit den Linien (s. Abb. 8) I und II, sowie IV, V und VI, allerdings nur im Bereich zwischen I und III. Die Schnittpunkte mit Linie III wurden nicht verwertet, da sie die mehr oder weniger konstanten Fingervenen darstellen. An den Linien I und II wurden alle Schnittpunkte mit Venen gezählt, auch diejenigen die außerhalb der Rasterquadranten lagen. So konnten auch die zum Daumen ziehenden Gefäße, die nicht primär auf dem Handrücken liegen müssen, berücksichtigt werden. Schließlich wurden die Layer mit den nachgezeichneten Venenverläufen und Rasterlinien der konventionellen und IR-Aufnahme aus dem Bild herauskopiert und auf dunkelgrauem Hintergrund so übereinandergelegt („Overlay“), dass beide Raster deckungsgleich waren (s. 3. und 4. in Abb. 7 sowie Abb. 9). Übereinstimmende Schnitt- und Verzweigungspunkte beider Aufnahmen wurden farblich markiert und numerisch erfasst.

Dieses Bearbeitungs- und Auswertungsverfahren [Abb. 7 und 9] wurde bei allen 30 Probanden durchgeführt.

Alle erhobenen Daten des Analyseverfahrens wurden in eine Excel (®)-Tabelle eingetragen.



**Abb. 9**

Analyse des Handvenenreliefs am Beispiel eines Probanden: Farbbilder mit Raster und hervorgehobenem Verlauf sichtbarer Venen (oben), IR-Aufnahmen mit Raster und hervorgehobenem Verlauf sichtbarer Venen (Mitte), Raster und Übereinanderlegen der hervorgehobenen Venenverläufe (*Overlay*) beider Aufnahmetechniken (unten).

## 2.5 Analyse der Variabilität der Handvenenmorphologie

Die entstandene Excel (®)-Tabelle mit allen, zu jedem Probanden erhobenen Daten wurde in das SPSS (®)-System PASW Statistics 18 Version 18.0.0 zur statistischen Auswertung hinsichtlich folgender Fragestellungen übertragen:

Treten bestimmte Venenverlaufsmuster unter bestimmten genetischen oder extern bestimmten Bedingungen wie z.B. Geschlecht oder Händigkeit gehäuft auf?

Es wurde nach dem Auftreten bestimmter Venenverlaufsmuster bei Frauen bzw. Männern und Rauchern/Nichtrauchern gesucht. Außerdem wurde der Einfluss der Händigkeit und Belastung der Hand im alltäglichen Gebrauch auf die Ausprägung der Venenverläufe untersucht, wie auch eine mögliche Seitenkonkordanz.

Da es sich bei diesen Merkmalen um Variablen dichotomer Ausprägung handelt, z.B. „Frau? Ja/nein“ oder „Typ 3 nach Sayfi links? Ja /nein“, wurden klassische Vier-Felder-Tafeln erstellt und bei geringem Stichprobenumfang der Korrelationskoeffizient Phi bestimmt [14].

Ist es möglich, anhand der Analyse in den Rastersystemen eine Individualität des Venenmusters zu belegen?

Wenn ja: Wie viele Variablen aus dem Rastersystem sind notwendig, um einen Probanden innerhalb der Stichprobe eindeutig zu identifizieren?

Im Rastersystem wurden folgende Variablen erhoben:

- Anzahl der Schnittpunkte der Venen jeweils mit den Rasterlinien I, II, IV, V oder VI
- Anzahl der Venenverzweigungen jeweils innerhalb der Quadranten A, B, C und D
- Summe aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien (I,II,IV,V,VI)
- Summe aller Verzweigungen in den Quadranten (A, B, C, D)
- Summe aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien im Overlay
- Summe aller Verzweigungen in den Quadranten im Overlay

Alle Befunde wurden sowohl für die linke als auch die rechte Hand erhoben, außerdem die Befunde für die ersten vier genannten Auswertesysteme jeweils für die konventionellen Farbaufnahmen und die Infrarot-Aufnahmen. Somit ergaben sich im Rasterliniensystem 48 Variablen.

Es sollte dann festgestellt werden, wie viele der erhobenen Variablen notwendig sind, um ein Individuum des Stichprobenumfangs eindeutig von den anderen zu unterscheiden. Hierzu wurden in PASW Statistics geschichtete Kreuztabellen erstellt, in denen die Häufigkeiten des gemeinsamen Auftretens der gegenübergestellten Variablen ermittelt wurden. Es wurde zunächst eine Kreuztabelle zweier Variablen erstellt, in der die auftretenden absoluten Häufigkeiten der kombinierten Variablenwerte dargestellt wurden. Sobald in dieser Tabelle eine Häufigkeit  $\geq 2$  (Doublette) auftrat, also mehr als ein Proband diese kombinierten Variablenwerte gezeigt hatte, wurde eine weitere Variable dazu geschichtet. Dieser Vorgang wurde solange fortgesetzt, bis keine Doubletten mehr ermittelt werden konnten. Zur graphischen Darstellung wurden Excel (®)-Tabellen erstellt, in denen die Folge der Variablenwerte aller untersuchten Probanden untereinander aufgeführt wurde. Proband P-2009/5 wurde dabei zur besseren Veranschaulichung als Beispielproband besonders hervorgehoben (s. Tabelle 1). Seine Variablenwerte wurden mit denen der übrigen Probanden verglichen. War eine eindeutige Identifikation des Probanden möglich, wurden die Werte der übrigen Probanden in einer Graustufe abgeblendet. Zeigten sich persistierende Übereinstimmungen zweier oder mehrerer Probanden in einer Variablenschichtung, so wurden deren Wertefolgen rot markiert und damit hervorgehoben (s. Proband 1 und 29 in Tabelle 1).

Zunächst wurde mit den Schnittpunkten der Venen an den Rasterlinien begonnen: In aufsteigender Reihenfolge wurden die Variablen, beginnend mit den horizontalen Linien I und II, geschichtet. Anschließend wurden die Verzweigungen innerhalb der definierten Quadranten zueinander geschichtet. Beginnend mit Quadrant A und B folgten dann C, D und die Gesamtanzahl aller Verzweigungen in den Quadranten als Schichtvariablen.

Sinnvoll erschien es außerdem, verschiedene Merkmale zu verbinden, also z.B. die Verzweigungen eines Quadranten und die Schnittpunkte einer Rasterlinie. Hier wurde mit einem Quadranten begonnen und die ihn begrenzenden Rasterlinien hinzu geschichtet. Eine weitere Möglichkeit der Kombination von Variablen ist die Mischung aus Variablen beider Aufnahmetechniken, sowie beider Hände. Auch hier ergab sich bei der Anzahl an Variablen eine Fülle an Verknüpfungsmöglichkeiten.

Schließlich erfolgte eine Schichtung aller Variablen des jeweilig untersuchten Liniensystems. Somit konnte jedem Probanden eine bestimmte Folge von Variablenwerten zugeordnet werden.

Proband	Variable			
	1	2	3	4
1	4	7	4	3
2	0	2	0	2
3	1	4	4	3
4	4	4	3	1
5	1	4	3	2
6	3	8	3	3
7	4	7	2	4
8	2	8	4	2
9	9	10	4	3
10	7	5	2	3
11	4	5	2	2
12	3	8	4	1
13	2	5	2	3
14	1	5	5	1
15	3	8	5	2
16	2	7	4	2
17	4	7	4	1
18	5	9	3	0
19	13	8	5	3
20	0	6	2	1
21	1	7	1	2
22	8	8	2	2
23	2	3	2	3
24	4	4	4	2
25	3	4	2	1
26	3	9	5	4
27	6	7	4	4
28	4	8	4	2
29	4	7	4	3
30	4	6	2	2

Tabelle 1

Beispieltabelle zur Verdeutlichung der graphischen Umsetzung des Auswerteverfahrens: Proband 5 wurde als Beispielproband blau hervorgehoben. Von seiner Variablenfolge abweichende Variablenwerte der übrigen Probanden wurden grau abgeblendet. Bei vollständigen Übereinstimmungen der Variablenfolge, unabhängig von den Werten des Probanden 5, wurden die nicht zu unterscheidenden Probanden rot markiert, in diesem Fall Proband 1 und 29.

Zeigen miteinander verwandte Personen ähnliche Venenverlaufsmuster (Einfluss genetischer Faktoren)?

Innerhalb der Stichprobe befanden sich einige Familienkonstellationen. So trat ein Elternpaar mit Sohn (P-2009-3, P-2009-4, P-2009-5), ein Vater-Sohn-Paar (P-2009-9, P-2009-8), sowie zwei Brüderpaare auf (P-2009-1, P-2009-6 und P-2009-23, P-2009-24).



Aufgrund der geringen Anzahl an Familienverbindungen in dieser Arbeit war eine belastbare statistische Auswertung der erhobenen Daten in Bezug auf eine mögliche genetische Komponente der Morphologie des Venenmusters nicht möglich. Es erfolgte ein rein deskriptiver Vergleich zwischen den genannten Probanden mit dem Ziel, auffällige Gemeinsamkeiten bzw. eindeutige Unterschiede der Venenmuster herauszuarbeiten.

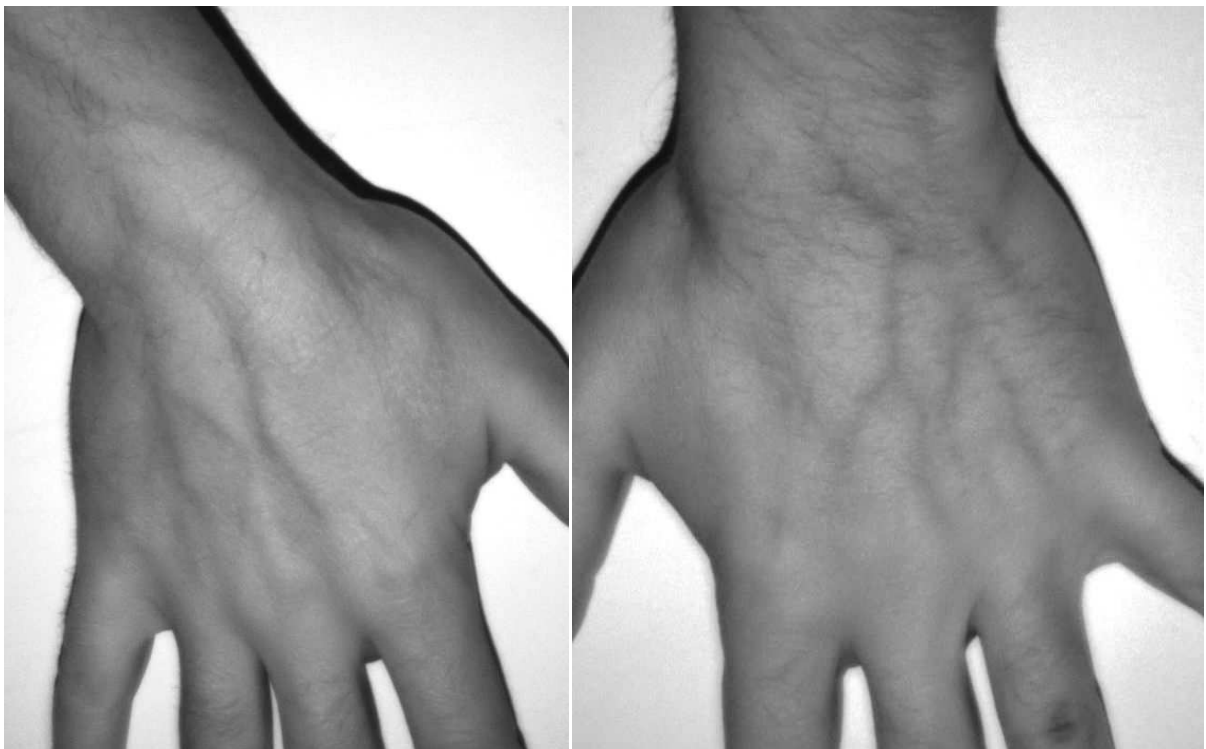
### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Qualität der Dokumentation des Handvenenreliefmusters

##### 3.1.1 Vorversuche

Die Versuche mit der Wärmebildkamera wiesen hinsichtlich der Bildschärfe und Detailwiedergabe erhebliche Mängel auf, da die Wärmedifferenzen innerhalb des Handrückens sehr gering zu sein scheinen – es resultierten nahezu monochrome Handkonturen ohne Ansatz eines Venenmusters. Es wurde klar, dass unter Verwendung dieser Technik eine erhebliche Feinjustierung nötig war und außerdem eine aufwändige Bildbearbeitung im Anschluss. Weiterhin sprach die Nutzung von Flüssigstickstoff zum Betrieb der Wärmebildkamera gegen dieses Verfahren, da dadurch der Aufwand erheblich gesteigert wurde.

Die Gewinnung geeigneter IR-Aufnahmen gestaltet sich dahingegen sehr einfach. Abb. 10 zeigt zwei Probeaufnahmen, die an der Fachhochschule Köln unter Nutzung einer IR-Lichtquelle und einer IR-Kamera gelangen.

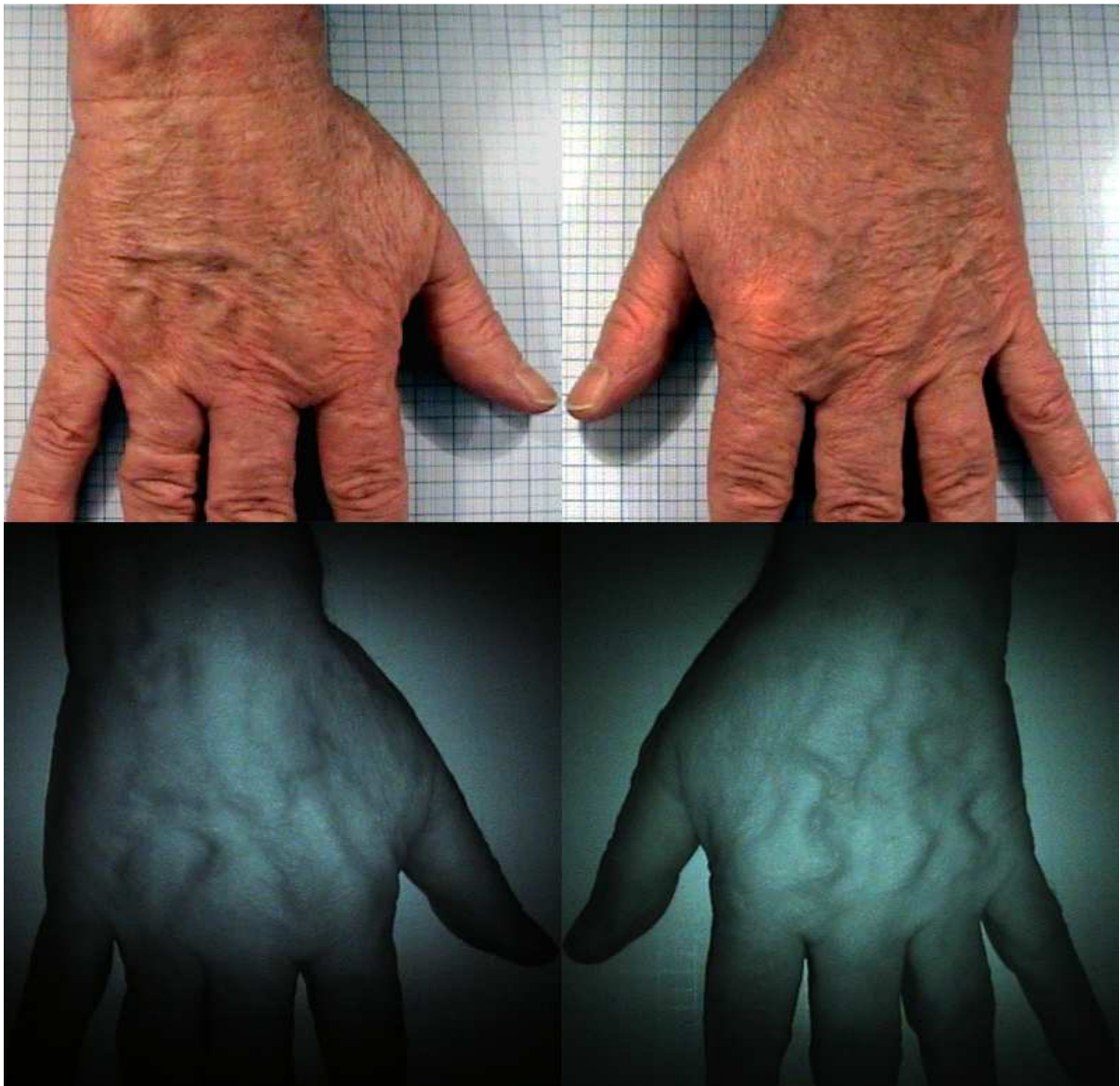


**Abb. 10**

Probeaufnahmen IR-Photografie: Der Handvenenverlauf ist gut zu erkennen.

Die sich anschließende Vorversuchsreihe mit 5 Probanden ergab, dass vor allem die konventionellen Farbbilder Schwächen in der Darstellung des Venennetzes aufwiesen. Bei

diesen Aufnahmen nimmt man den Verlauf der Venen weniger durch Farbunterschiede im Vergleich zur Umgebung, sondern eher durch die Reliefstruktur des sich unter Haut abzeichnenden Gefäßsystems wahr. Bei einer Handposition wie sie in der Testreihe angewandt wurde, also einer entspannten und flach aufgelegten Hand, kann es insbesondere bei Personen mit geringem Hautturgor zum Verstreichen des Venenreliefs durch die zu wenig gespannte Haut des Handrückens kommen [Abb. 11].



**Abb. 11**

Aufnahmen aus der Vorversuchsserie (Proband P-2008/3): Im Vergleich zwischen Farbbildern und IR-Aufnahmen wird ein deutlicher Informationsverlust bei den Farbbildern offensichtlich. Aufgrund der geraden Haltung des Handrückens ist die Venen bedeckende Haut nicht stark genug gespannt, wodurch Reliefstrukturen auf den Farbbildern nicht eindeutig zu unterscheiden sind.

### 3.1.2 Hauptversuche

Der veränderte Versuchsaufbau der Hauptversuchsreihe verbesserte insbesondere die Qualität der konventionellen Farbaufnahmen. Durch den leicht gespannten Handrücken kam das Venenrelief in diesen Aufnahmen in vielen Fällen besser zur Geltung. Störfaktoren, wie Faltenbildung bei vermindertem Hauttugor konnten so zumindest minimiert werden.

Ein Nachteil im Vergleich zur planen Handhaltung ist die erschwerte gleichmäßige Ausleuchtung des hier leicht gekrümmten Handrückens, diesem Umstand wurde durch Veränderung der Lichtdiffusorenposition im Versuchsaufbau Rechnung getragen.

### 3.2 **Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken**

Die Typologien nach Piolino [9], nach Sayfi [10] und nach Freerksen [11] (vgl. 1.2.1-1.2.3) wurden für eine deskriptive Analyse zur Klärung der Frage möglicher Einflussfaktoren (wie Geschlecht, Belastung der Hände) auf Anlage und Entwicklung des Handrückenvenenmusters genutzt.

#### 3.2.1 Typologie nach Piolino

Für die von Piolino [9] vorgeschlagene Differenzierung in typische bzw. atypische Arkade, sowie Muster ohne Arkade ergaben sich die in Tabelle 2 zusammengefassten Häufigkeiten des Venenverlaufsmusters. Die Differenzen der Häufigkeiten im Vergleich beider Stichproben waren nicht signifikant.

	<b>Piolino [n=49]</b>	<b>Düsseldorf [n=30]</b>
typ. Arkade	40%	30% (18 Hände)
atypische Arkade	30%	25% (15 Hände)
keine Arkade	30%	45% (27 Hände)

**Tabelle 2**

Prozentuale Häufigkeiten der von Piolino beschriebenen Verlaufsmuster: Piolinos Stichprobe versus Düsseldorfer Stichprobe.

## Einfluss des Geschlechts

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die bei den beiden Geschlechtern festgestellten Verlaufstypen; es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern.

## Einfluss des Bildungsniveaus der Probanden

Aus Tabelle 3 ergibt sich die Verteilung der Venenverlaufstypen bei Probanden mit verschiedenen Bildungsniveaus in Piolinos und der Düsseldorfer Stichprobe. Wegen der ansonsten geringen Fallzahl lässt sich nur die Akademikergruppe („*Intellectuels*“ bei Piolino) vergleichen; hier fanden sich in der Düsseldorfer Stichprobe mit einem Anteil von 65,9% Arkaden nahezu identische Befunde wie bei Piolino. Es zeigte sich ein signifikant höheres Auftreten von Arkaden, sowohl auf dem linken ( $p=0,020$ ) als auch auf dem rechten Handrücken ( $p=0,011$ ) in der Gruppe der Akademiker im Vergleich zu den Nicht-Akademikern.

	Piolino [n=49]			Düsseldorf [n=30]				
	„Travailleurs de force“	„Intellectuels“	„Femmes“	Handwerker [n=3]	Nicht-Akademiker [n=8]	Akademiker [n=22]	Frauen [n=7]	Männer [n=23]
<b>Arkaden</b>	80%, davon 50% typ. Arkaden	65%	60%	33,3% (n=2)	25% (n=4)	65,9% (n=29)	57,1% (n=8)	54,3% (n=25)
<b>keine Arkaden</b>	20%	35%	40%	66,6% (n=4)	75% (n=12)	34,1% (n=15)	42,9% (n=6)	45,7% (n=21)

**Tabelle 3**

Handvenenverlaufsmuster nach Piolino (Arkaden/keine Arkaden) bei Probanden unterschiedlichen Bildungsgrades sowie bei Männern und Frauen: Piolinos Stichprobe versus Düsseldorfer Stichprobe. Typische und atypische Arkaden wurden zusammengefasst. Die kursiv gesetzten Angaben werden in der Arbeit Piolinos nicht explizit genannt und errechnen sich als Differenz zu den darüber genannten Häufigkeiten.

## Seitenkonkordanz

In der Zuordnung der Probanden in die Systematik Piolinos konnte 18mal eine Rechts-Links-Übereinstimmung (60%) gesehen werden, das heißt, dass auf dem rechten als auch auf dem linken Handrücken dasselbe Verlaufsmuster auftrat. Darunter waren 6 Übereinstimmungen bei typischen Arkaden (12 Hände von 18, 66,7%), 4 bei atypischen (8 Hände von 15, 53,3%) und 8 in der Gruppe ohne Arkade (16 Hände von 27, 59,3%).

Ein mittlerer Zusammenhang ( $\Phi = 0,612$ ) mit hoher Signifikanz ( $p = 0,001$ ) zwischen Verlaufstyp und seitenkonkordantem Auftreten konnte bei der typischen Arkade gesehen werden. Sie zeigte bei 24 Probanden eine Seitenkonkordanz: 18mal trat sie auf beiden Seiten nicht auf, 6mal war sie auf beiden Handrücken vorhanden [Tabelle 4].

			typische Arkade rechte Hand	
			nein	ja
typische Arkade linke Hand	nein	Anzahl	18 100,0%	6 50,0%
	ja	Anzahl	0 0%	6 50,0%

**Tabelle 4**

Vierfelder-Tafel zum Auftreten der typischen Arkade nach Piolino auf dem linken bzw. rechten Handrücken. Hier ergibt sich eine mittlere, aber signifikante Korrelation ( $\Phi = 0,612$ ;  $p = 0,001$ ) bzgl. der Seitenkonkordanz, d.h. dem beidseitigen Auftreten des Typs bzw. dem Fehlen dieses Typs auf beiden Handrücken.

Die atypische Arkade hingegen bot eine zwar signifikante ( $p = 0,037$ ), jedoch weitaus weniger stark ausgeprägte Korrelation ( $\Phi = 0,380$ ) der Seitenausprägung.

Sie trat insgesamt 23mal seitenkonkordant auf bzw. nicht auf, d.h. 4mal auf beiden Händen eines Probanden und 19mal weder auf der einen noch auf der anderen Seite [Tabelle 5].

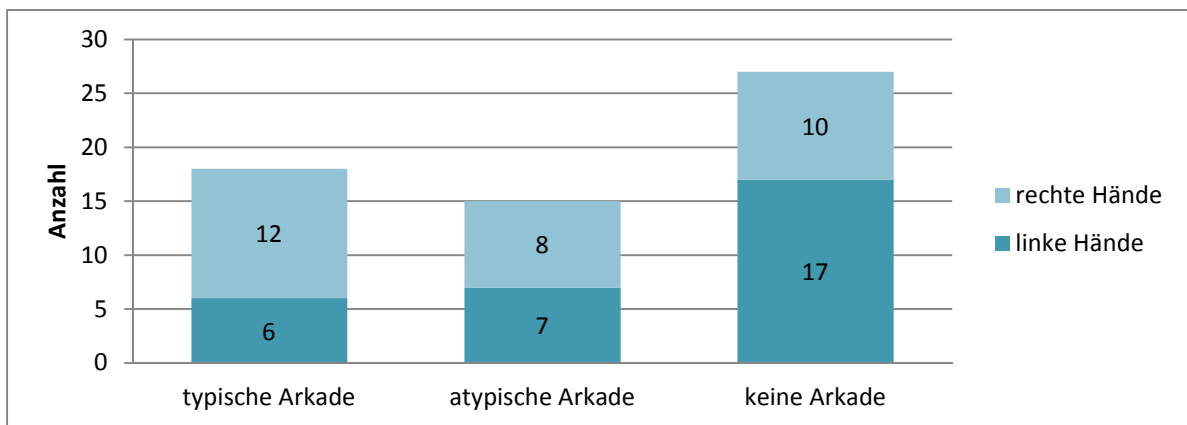
			atypische Arkade rechte Hand	
			nein	ja
atypische Arkade linke Hand	nein	Anzahl	19 86,4%	4 50,0%
	ja	Anzahl	3 13,6%	4 50,0%

**Tabelle 5**

Vierfelder-Tafel zum Auftreten der atypischen Arkade nach Piolino auf dem linken bzw. rechten Handrücken. Hier ergibt sich eine deutlich schwächere, aber ebenfalls signifikante Korrelation ( $\Phi = 0,380$ ;  $p = 0,037$ ) bzgl. der Seitenkonkordanz, d.h. dem beidseitigen Auftreten des Typs bzw. dem Fehlen dieses Typs auf beiden Handrücken, im Vergleich zum Typ der typischen Arkade [Tabelle 4].

Bei den fehlenden Übereinstimmungen trat die Kombination atypische Arkade/keine Arkade mit 6 Handpaaren am häufigsten auf. Dabei war in 4 Fällen die Hand mit fehlender Arkade die linke. Auch in der 5mal aufgetretenen Kombination typische Arkade/keine Arkade war immer die linke Hand diejenige ohne Arkadenverlauf. Zur Vollständigkeit sei erwähnt, dass die Paarung typische Arkade/atypische Arkade nur einmal gesehen wurde.

Betrachtet wurde zudem, auf welcher Handseite ein bestimmtes Verlaufsmuster auftrat: Die Verteilung ist in Abb. 12 dargestellt.



**Abb. 12**

Verteilung der Verlaufsmuster nach Piolino in der Düsseldorfer Stichprobe nach Handseite, auf der das Verlaufsmuster gesehen wurde.

### Einfluss der Händigkeit

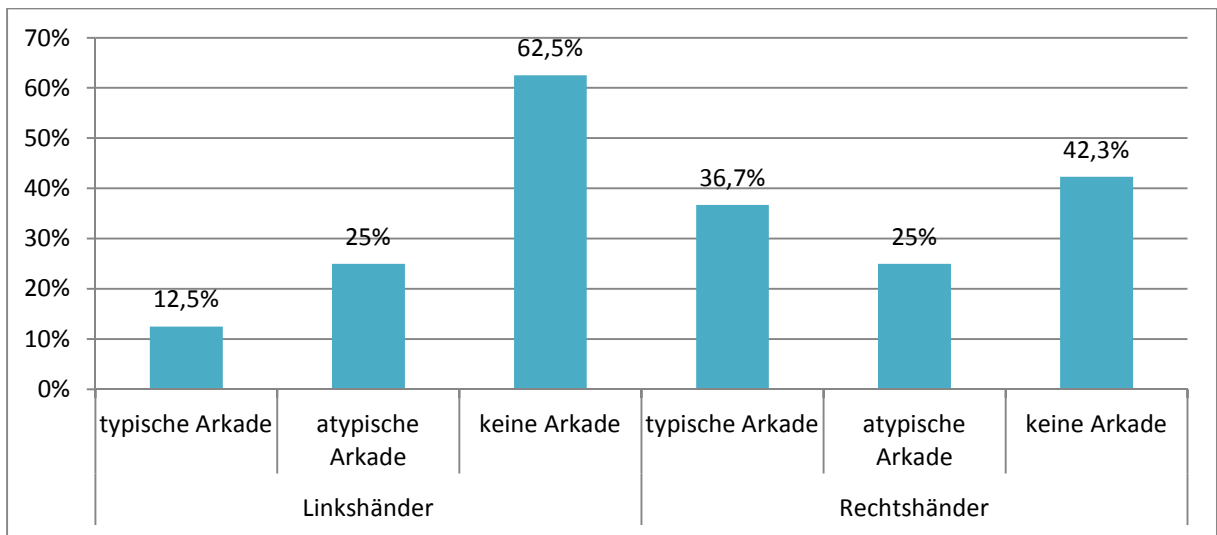
Im Weiteren wurde untersucht, inwieweit die Benutzung einer Hand die Ausprägung eines bestimmten Verlaufsmusters begünstigt.

Begonnen wurde mit der Händigkeit der Probanden. Die Stichprobe umfasste 4 Linkshänder und 26 Rechtshänder.

Abb. 13 gibt die prozentuale Verteilung der aufgetretenen Verlaufstypen nach Piolino im Vergleich zwischen Links- und Rechtshändern wieder.

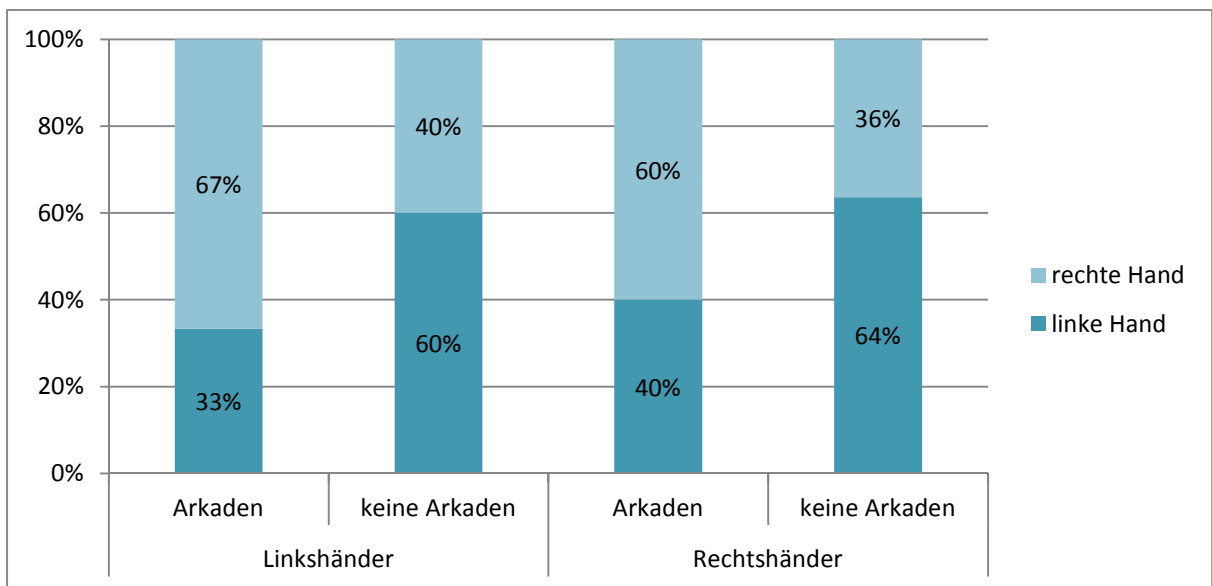
Außerdem wurde verglichen, auf welcher Handseite Arkaden auftraten bzw. fehlten. Hier ergab sich eine Verteilung wie sie in Abb. 14 dargestellt wird.

Es fiel auf, dass unabhängig von der Händigkeit auf den linken Handrücken seltener Arkadenverläufe gesehen wurden. Hier konnte jedoch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.



**Abb. 13**

Prozentuale Verteilung der Verlaufsmuster nach Piolino im Vergleich zwischen Links- (n=4) und Rechtshändern (n=26) in der Düsseldorfer Stichprobe. Dargestellt ist die Anzahl der Hände, auf denen das jeweilige Muster gesehen wurde.



**Abb. 14**

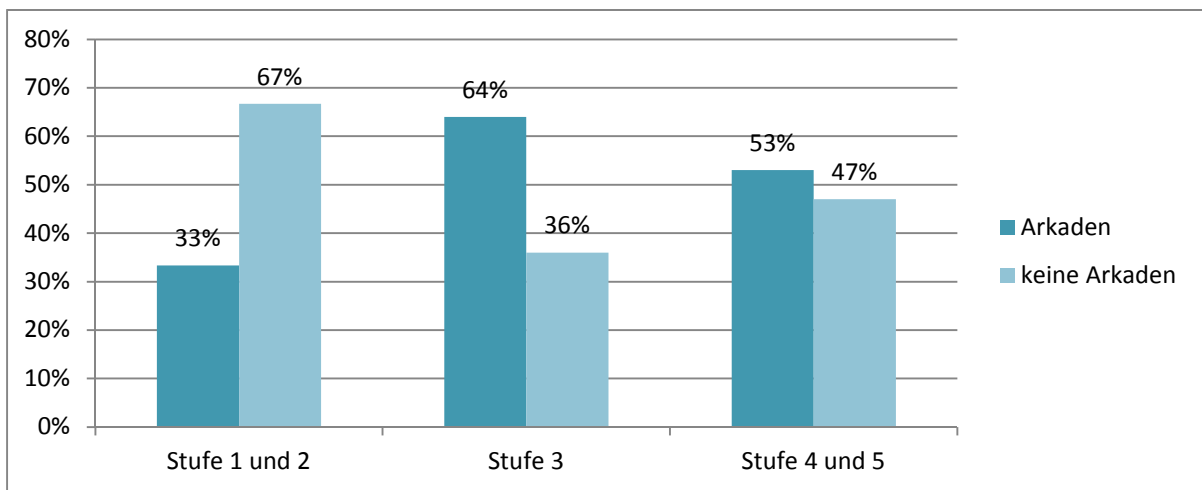
Auftreten von Arkaden bzw. keinen Arkaden nach Piolino bei Links- und Rechtshändern mit besonderem Hinblick auf die Handseite, auf der das Verlaufsmuster gesehen wurde. Unter Arkaden werden auch hier die typische und atypische Arkade subsummiert.

### Einfluss der Belastung

Abbildungen 15 und 16 stellen die Häufigkeit des Auftretens von Arkaden nach Piolino in Bezug zur feinmotorischen Nutzung bzw. zur Kraftbelastung der Hände dar. Bei vermehrter feinmotorischer Nutzung bzw. Kraftbelastung der Hände wurde vermehrt eine

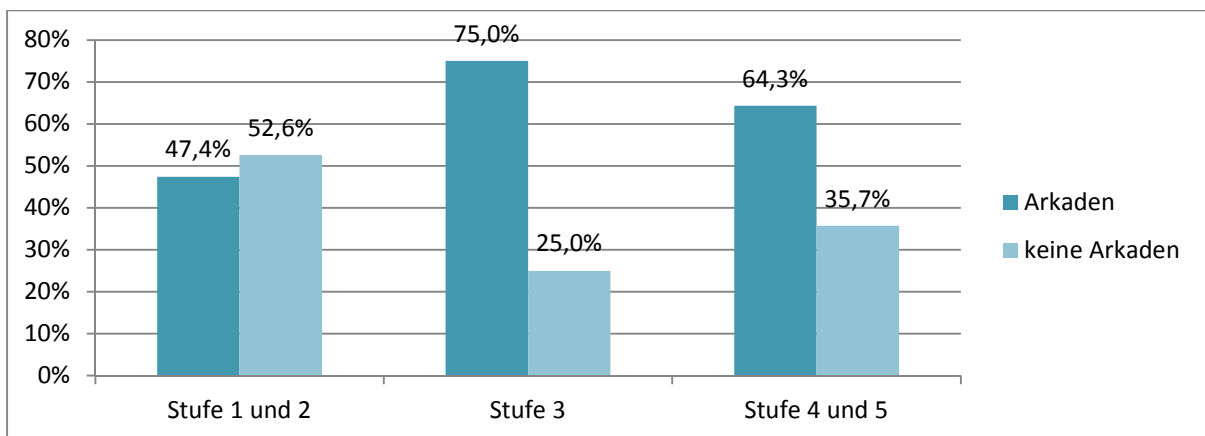


Arkadenbildung beobachtet, und zwar bereits ab einem mittleren Belastungsgrad („Stufe 3“). Allerdings wurden geringe feinmotorische Belastungen („Stufe 1/2“) nur von wenigen Probanden (n=3) angegeben.



**Abb. 15**

Häufigkeit des Auftretens von Arkaden nach Piolino bei Probanden mit unterschiedlicher feinmotorischer Nutzung der Hände. Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine geringe (n=3), Stufe 3 eine mittlere (n=11) und die Stufen 4 und 5 eine überwiegend feinmotorische Nutzung (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben; n=16). Typische und atypische Arkade wurden zusammengefasst.



**Abb. 16**

Häufigkeit von Arkaden nach Piolino bei Probanden mit unterschiedlicher Kraftbelastung der Hände. Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine überwiegend geringe (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben; n=19), Stufe 3 eine mittlere (n=4) und die Stufen 4 und 5 (n=7) eine sehr kraftvolle Nutzung (z.B. hämmern, Lasten heben). Typische und atypische Arkade wurden zusammengefasst.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang wurde weder für die feinmotorische Nutzung noch Kraftbelastung der Hände und dem Auftreten von Arkaden gemäß Piolino festgestellt.

### 3.2.2 Typologie nach Sayfi

Sayfi [10] unterscheidet fünf verschiedene Mustertypen. Die beiden häufig angetroffenen Muster bilden Typ 3 (Fingerarkaden) und Typ 4 (Fingerarkade + Handrückenarkade). In Tabelle 6 wird das Auftreten der Verlaufstypen in der Düsseldorfer Stichprobe mit den von Sayfi selbst angegebenen Häufigkeiten verglichen.

Die Differenzen in den prozentualen Verteilungen waren bis auf den Verlaufstyp 2 ( $p=0,001$ ) nicht signifikant, jedoch muss diese Signifikanz bei nur einer Ausprägung in der Düsseldorfer Stichprobe als fraglich angesehen werden.

<b>Verlauf nach Sayfi</b>	<b>Sayfi [n= 74]</b>	<b>Düsseldorf [n=30]</b>
Typ 1	8,10%	1,67% (1 Hand)
Typ 2	20,27%	1,67% (1 Hand)
Typ 3	25,66%	35% (21 Hände)
Typ 4	31,08%	40% (24 Hände)
Typ 5	14,89%	21,67% (13 Hände)

**Tabelle 6**

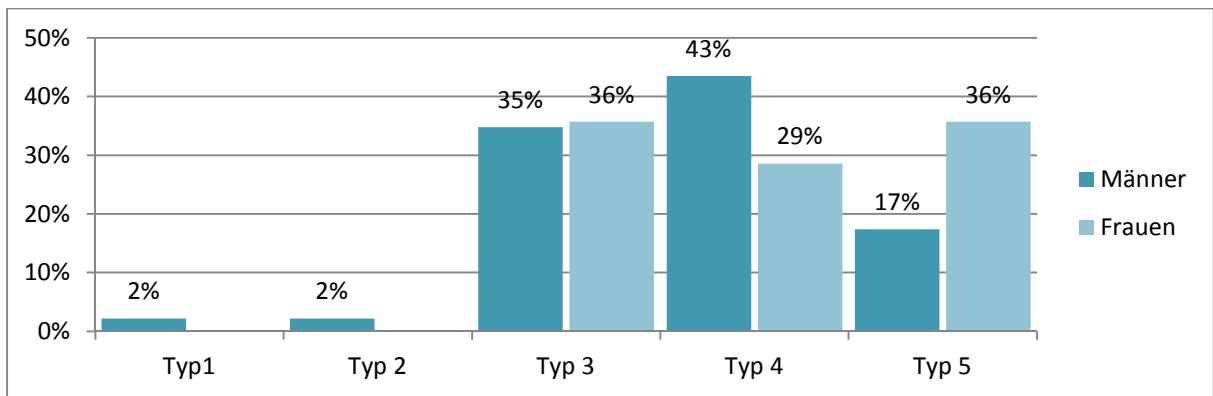
Verteilung der Verlaufstypen gemäß der Einteilung nach Sayfi im Vergleich zwischen Sayfis Stichprobe und der Düsseldorfer Stichprobe. Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenensarkaden, Typ 4 = Handrücken- und Fingervenensarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

### Einfluss des Geschlechts

Abb. 17 stellt die prozentuale Verteilung der Verlaufstypen nach Sayfi im Vergleich zwischen Männern und Frauen dar.

Der Typ 3 zeigte sich bei den weiblichen Probanden in 3 von 5 Fällen (60%) auf einem linken Handrücken. Auch bei den Männern trat Typ 3 häufig auf dem linken Handrücken auf (10mal, 62,5%), wohingegen nur 6mal auf einem rechten (37,5%).

Ein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern konnte nicht gesehen werden.



**Abb. 17**

Verteilung der Verlaufstypen nach Sayfi im Vergleich zwischen Männern (n= 23) und Frauen (n=7).

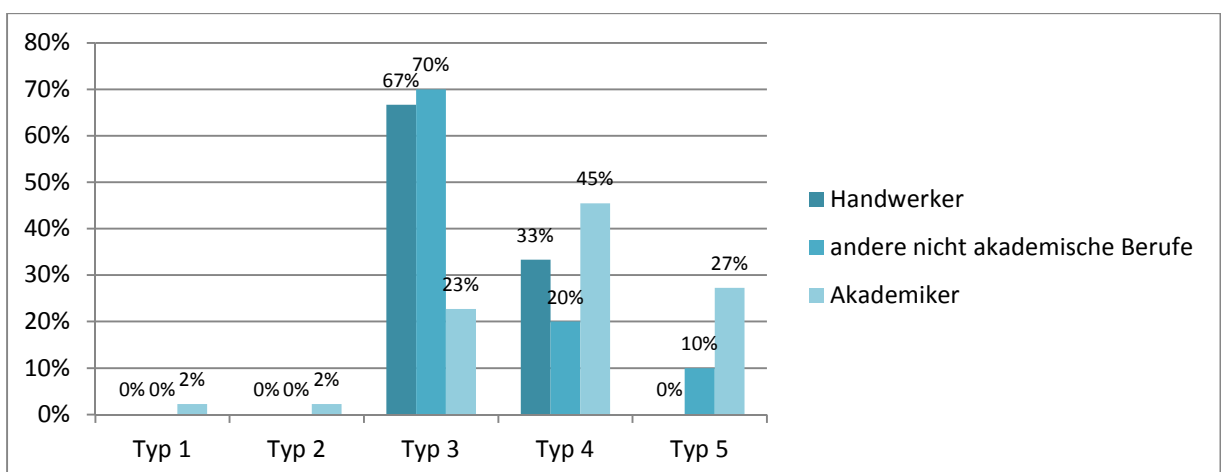
Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenenarkaden,

Typ 4 = Handrücken- und Fingervenenarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

### Einfluss des Bildungsniveaus der Probanden

Abb. 18 zeigt die prozentuale Verteilung der Verlaufsmuster in den verschiedenen Gruppen nach Bildungsniveau der Probanden. Hier traten Fingerarkaden (Typ 3) auf dem rechten Handrücken signifikant seltener bei Angehörigen der Akademikergruppe auf ( $p=0,006$ ). Aufgrund der geringen Zahl an nicht-akademisch ausgebildeten Probanden ist diese Signifikanz allerdings als fraglich anzusehen.

Typ 3 war in 80% der Fälle einem linken Handrücken zuzuordnen. Typ 5 hingegen zeigte sich nur in 33% auf einer linken Hand.



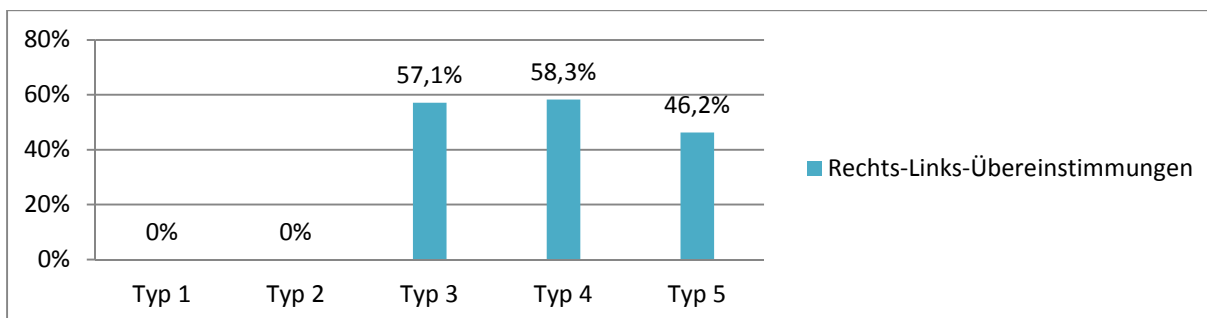
**Abb. 18**

Prozentuale Verteilung der Verlaufstypen nach Sayfi in den verschiedenen Bildungsgraden der Probanden. Handwerker n=3, andere nicht-akademische Berufe n= 5, Akademiker n=22.

Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenenarkaden, Typ 4 = Handrücken- und Fingervenenarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

## Seitenkonkordanz

Insgesamt wurde 16mal eine Rechts-Links-Übereinstimmung und 14mal ein Unterschied im aufgetretenen Typ zwischen rechter und linker Hand gezählt. Abb. 19 zeigt den prozentualen Anteil der seitenkonkordanten Handpaare am Gesamtaufreten des jeweiligen Verlaufsmusters.



**Abb. 19**

Prozentualer Anteil der seitenkonkordanten Handpaare der Düsseldorfer Stichprobe (n=30) am Gesamtaufreten des jeweiligen Verlaufsmusters gemäß der Typologie nach Sayfi.

Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenensarkaden, Typ 4 = Handrücken- und Fingervenensarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

Fingerarkaden gemäß Typ 3 zeigten sich insgesamt 21mal. Es konnten 6 Handpaare identifiziert werden. Insgesamt zeigte sich dieser Verlaufstyp 7mal (33,3%) auf einem rechten Handrücken und 14mal (66,7%) auf einem linken.

Er zeigte eine signifikante ( $p = 0,018$ ) mittlere, wenn auch weniger stark ausgeprägte Korrelation ( $\Phi = 0,432$ ) der Seitenausprägung. Typ 3 wurde 21mal seitenkonkordant gesehen bzw. nicht gesehen. Er zeigte sich 6mal sowohl auf der rechten wie auch auf der linken Seite [Tabelle 7].

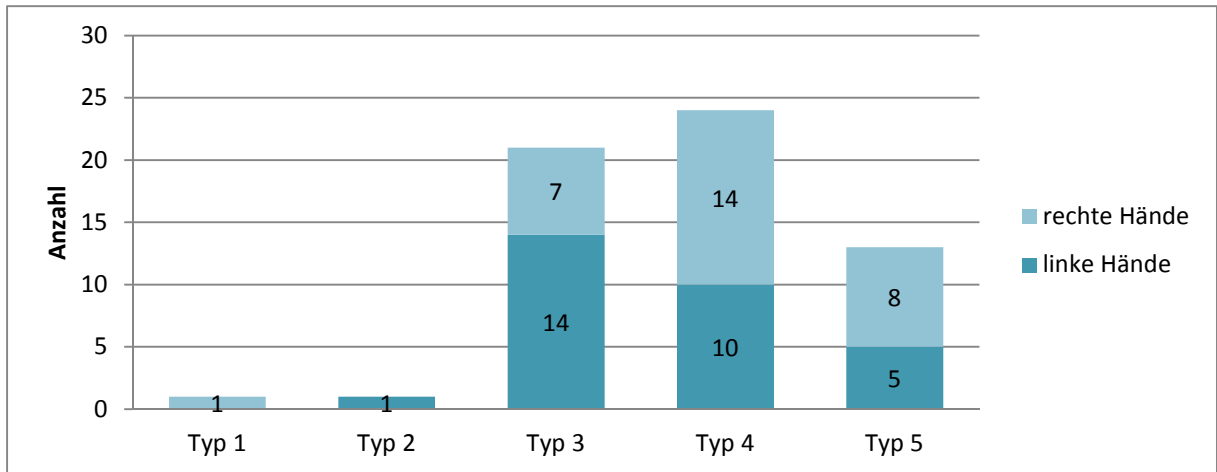
			Typ 3 (Fingerarkaden) rechte Hand	
			nein	ja
Typ 3 (Fingerarkaden) linke Hand	nein	Anzahl	15	1
			65,2%	14,3%
	ja	Anzahl	8	6
			34,8%	85,7%

**Tabelle 7**

Vierfelder-Tafel zum Auftreten des Typs 3 (Fingerarkaden) nach Sayfi auf dem linken bzw. rechten Handrücken. Hier ergibt sich eine mittlere, aber signifikante Korrelation ( $\Phi = 0,432$ ;  $p = 0,018$ ) bzgl. der Seitenkonkordanz, d.h. dem beidseitigen Auftreten des Typs bzw. dem Fehlen dieses Typs auf beiden Handrücken.

Typ 4, die Kombination aus Handrückenarkade und Fingerarkaden, trat bei 7 Handpaaren 14mal (58,3%) auf dem rechten und 10mal (41,7%) auf einem linken Handrücken auf.

Multiple Handrückenarkaden mit Fingerarkaden, also Typ 5, wurden 13mal gesehen, darunter 3 Handpaare. Hier fanden sich 8mal (61,5%) rechte Handrücken. Dagegen standen 5 (38,5%) linke Handrücken [Abb. 20].



**Abb. 20**

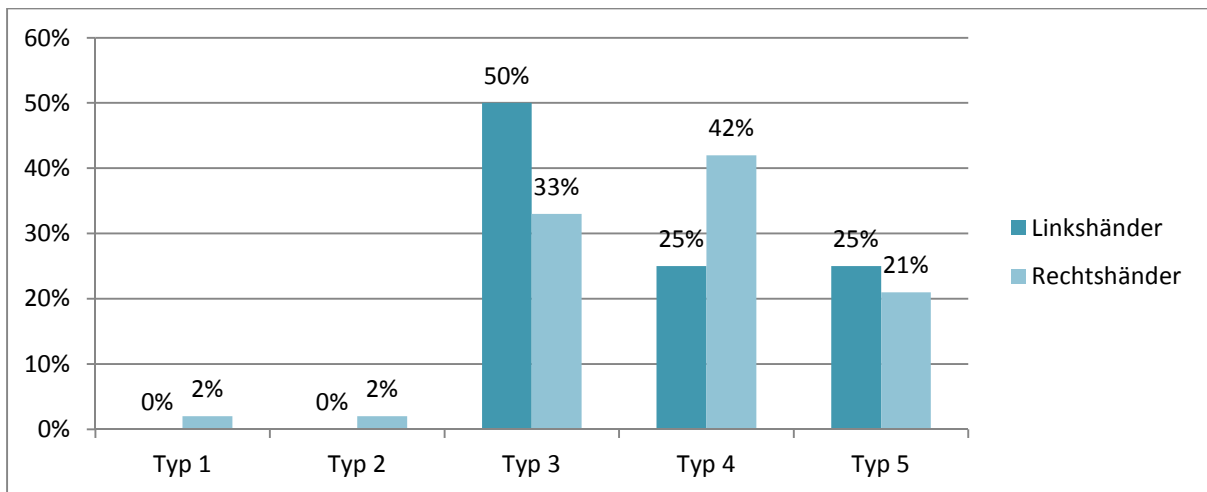
Verteilung der aufgetretenen Verlaufstypen nach Sayfi nach Handseite, auf der das Verlaufsmuster gesehen wurde.

Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenarkaden, Typ 4 = Handrücken- und Fingervenarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

Auffallend war, dass 58 von 60 Hände (96,7%) Fingerarkaden zeigten, nur ein Proband (P-2009/17) zeigte keine.

### Einfluss der Händigkeit

Bezüglich der Händigkeit zeigte sich die in Abb. 21 wiedergegebene prozentuale Verteilung der Verlaufstypen. Auch hier traten bei rechtshändigen Probanden häufiger Venenmuster mit Arkadenverläufen auf, als bei Linkshändern, jedoch ohne Signifikanz.



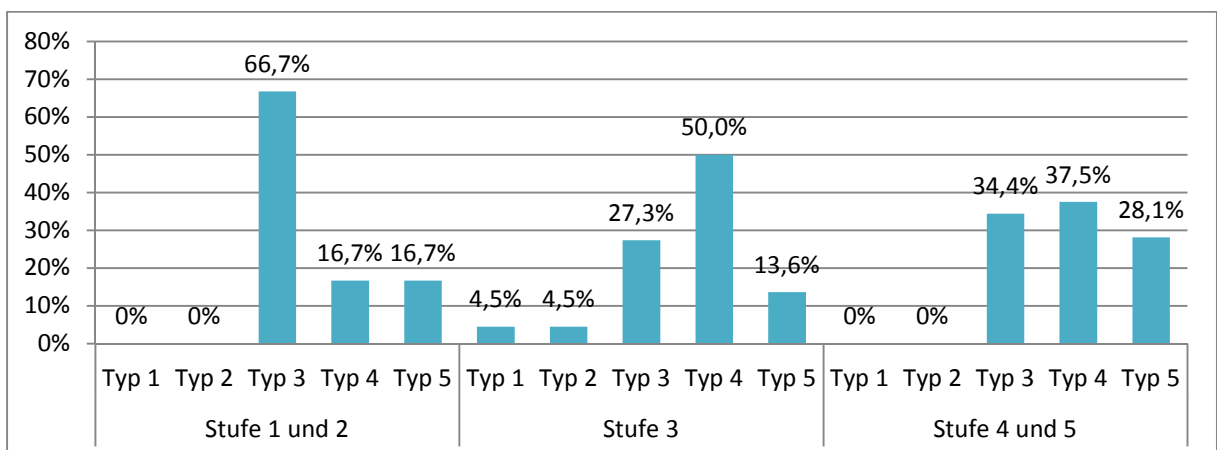
**Abb. 21**

Prozentuale Verteilung der Verlaufstypen nach Sayfi im Vergleich zwischen Links- und Rechtshändern. Die Stichprobe umfasste 4 Links- und 26 Rechtshänder.

Typ 1 = keine Arkaden, Typ 2 = Handrückenarkade, Typ 3 = Fingervenenarkaden, Typ 4 = Handrücken- und Fingervenenarkaden, Typ 5 = multiple Arkaden.

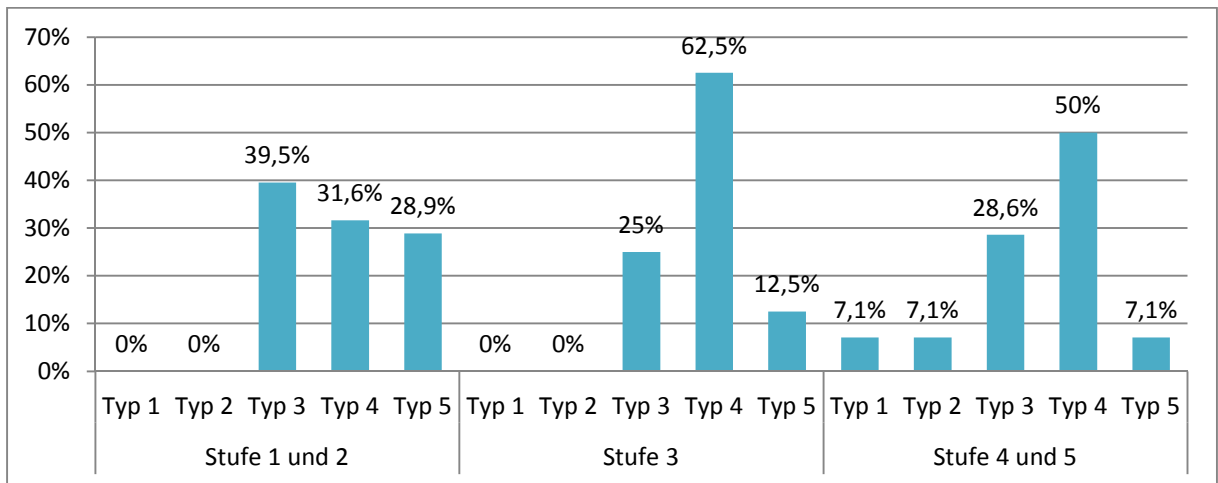
### Einfluss der Belastung

Die Verlaufstypen verteilten sich bei den Teilnehmern der Studie in Abhängigkeit der angegebenen feinmotorischen Nutzung der Hände im Alltag wie in Abb. 22 wiedergegeben. Eine ähnliche Verteilung zeigt Abb. 23, in der das Auftreten der Verlaufstypen unter Berücksichtigung der individuellen kraftvollen Nutzung der Hände dargestellt wird.



**Abb. 22**

Häufigkeit des Auftretens von Arkaden nach Sayfi bei Probanden mit unterschiedlicher feinmotorischer Nutzung der Hände. Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine geringe (n=3), Stufe 3 eine mittlere (n=11) und die Stufen 4 und 5 eine überwiegend feinmotorische Nutzung (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben; n=16).



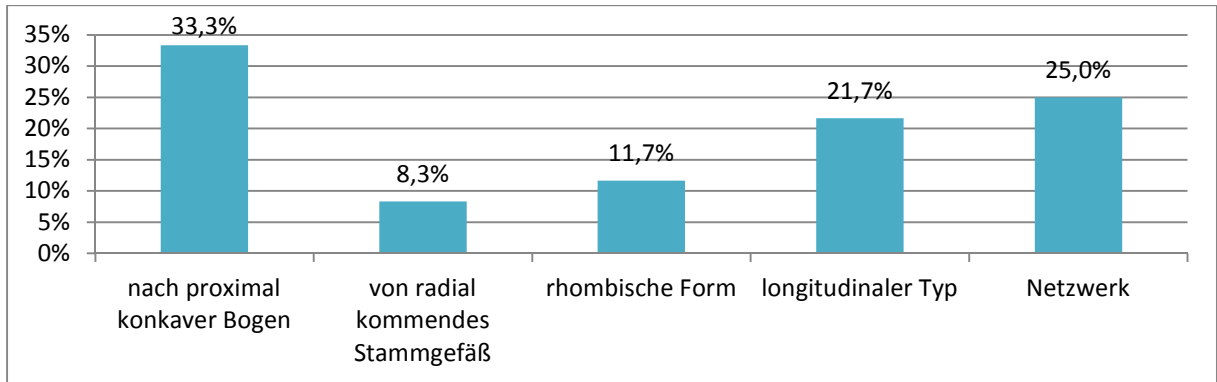
**Abb. 23**

Häufigkeit von Arkaden nach Sayfi bei Probanden mit unterschiedlicher Kraftbelastung der Hände. Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine überwiegend geringe (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben; n=19), Stufe 3 eine mittlere (n=4) und die Stufen 4 und 5 (n=7) eine sehr kraftvolle Nutzung (z.B. hämmern, Lasten heben).

Trotz des häufigeren Auftretens der Typen 4 und 5 mit Handrückenarkaden in den Stufen höherer feinmotorischer bzw. kraftvoller Belastung konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

### 3.2.3 Typologie nach Freerksen

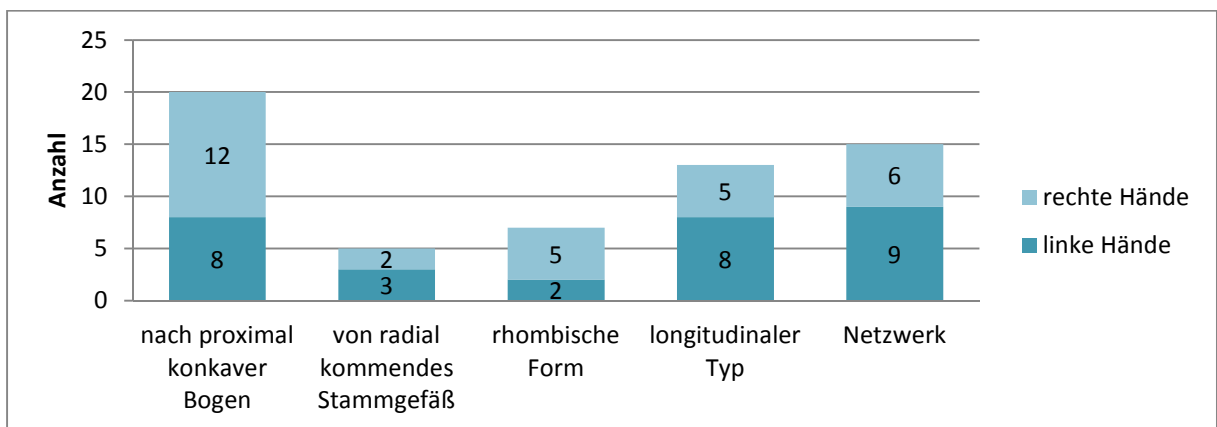
Freerksen [11] teilte den Venenverlauf in fünf verschiedene Muster, gab selbst allerdings bei einer Zahl von 250 Aufnahmen keine konkreten Häufigkeitsverteilungen an. In der aktuellen Stichprobe traten die von ihm beschriebenen Typen in den in Abb. 24 dargestellten Häufigkeiten auf.



**Abb. 24**

Verteilung der Verlaufstypen in der Düsseldorfer Stichprobe gemäß der Einteilung nach Freerksen.

Abb. 25 stellt die Verteilung von rechten und linken Händen in den jeweiligen Verlaufsmustern dar.



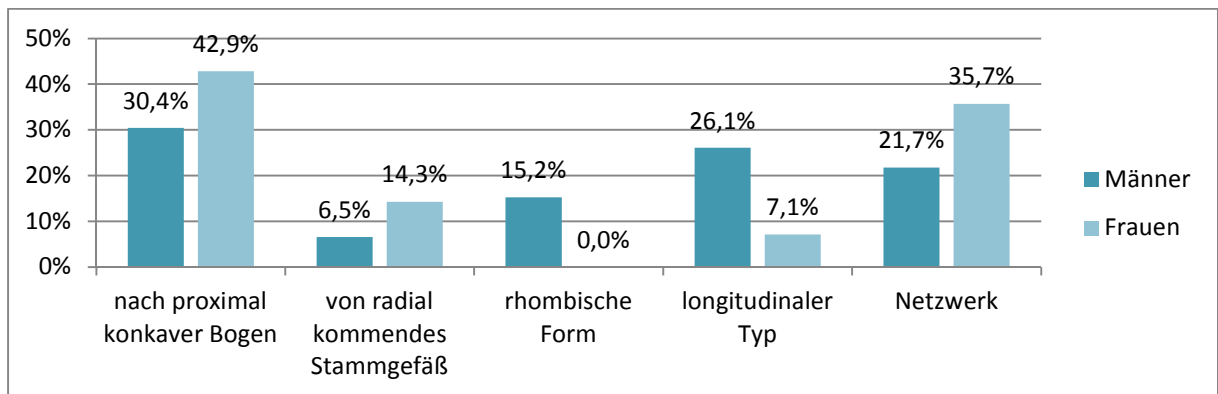
**Abb. 25**

Verteilung der aufgetretenen Verlaufstypen nach Freerksen nach Handseite, auf der das Verlaufsmuster gesehen wurde.



## Einfluss des Geschlechts

Den Typ des longitudinalen Gefäßverlaufs nennt Freerksen eine „typisch männliche Ausbildungsform“. In der Düsseldorfer Stichprobe dominierte der nach proximal konkave Bogen bei beiden Geschlechtern wie Abb. 26 zu entnehmen ist. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausprägung eines von Freerksen beschriebenen Verlaufsmusters und dem Geschlecht wurde nicht gesehen.



**Abb. 26**

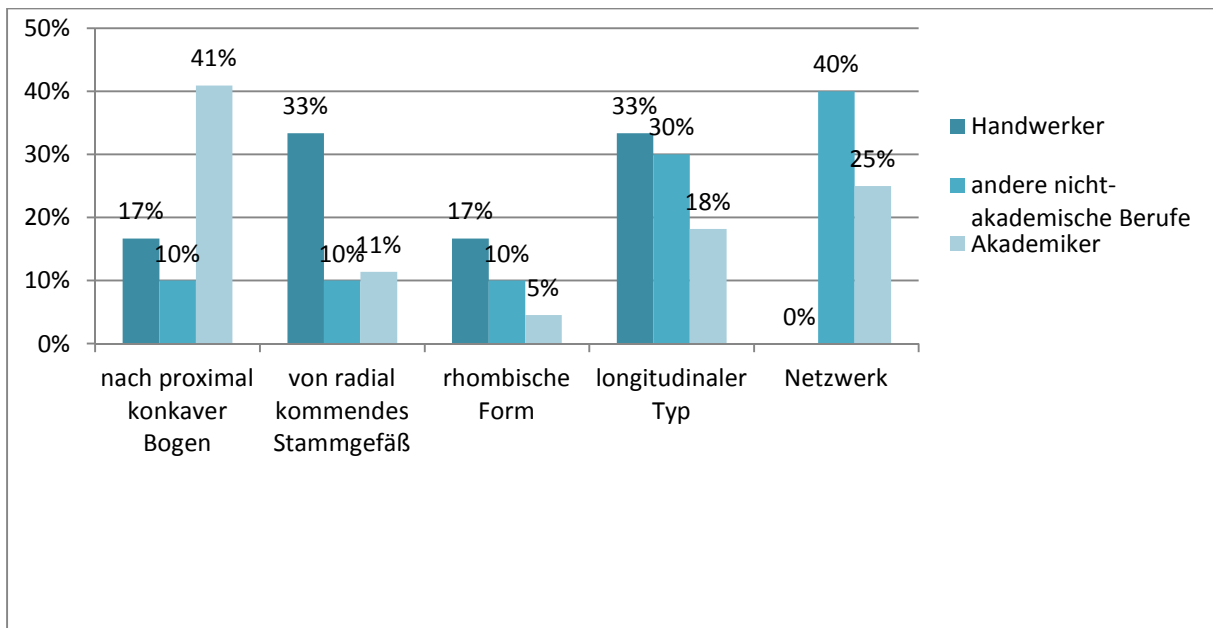
Verteilung der Verlaufstypen nach Freerksen im Vergleich zwischen Männern (n= 23) und Frauen (n=7).

## Einfluss des Bildungsniveaus der Probanden

Betrachtete man auch hier die unterschiedlichen Bildungsgrade, ergibt sich eine Häufigkeitsverteilung wie sie in Abb. 27 wiedergegeben ist.

Die drei handwerklich beschäftigten Probanden zeigten ein seitenkonkordantes Händepaar vom Typ des von radial kommenden Stammgefäßes, sowie 2 Fälle vom longitudinalen Typ (eine linke und eine rechte Hand). Die verbleibenden 2 Hände zeigten einmal einen rhombischen Typ (rechte Hand) und einen nach proximal konkaven Bogen (linke Hand).

Unter den 22 Akademikern trat der nach proximal konkave Bogen am häufigsten auf. Bezüglich seines Auftretens auf dem rechten Handrücken konnte ein zwar schwacher ( $\Phi=0,386$ ), aber signifikanter Zusammenhang ( $p=0,034$ ) zugunsten der akademisch ausgebildeten Probanden festgestellt werden. Am zweithäufigsten war in dieser Gruppe das Venennetzwerk zu finden.



**Abb. 27**

Prozentuale Verteilung der Verlaufstypen nach Freerksen in den verschiedenen Bildungsgraden der Probanden.

Handwerker n=3, andere nicht-akademische Berufe n= 5, Akademiker n=22.

### Seitenkonkordanz

Der Verlaufstyp „Stammgefäß von radial“ nach Freerksen [11] zeigte im Probandengut eine signifikante Korrelation ( $\Phi = 0,802$ ,  $p = 0,000011$ ) zur Seitenkonkordanz. So war in 27 Fällen, in denen dieses Muster auf der linken Hand nicht zu sehen war, es auch auf der rechten Seite nicht vorhanden. Gleichsam war in den zwei Fällen, in denen auf der linken Seite ein von radial kommendes Stammgefäß auftrat, auch auf der Gegenseite ebensolches [Tabelle 8].

		Stammgefäß von radial rechte Hand	
		nein	ja
Stammgefäß von radial linke Hand	nein	Anzahl 27 96,4%	Anzahl 0 0%
	ja	Anzahl 1 3,6%	Anzahl 2 100,0%

**Tabelle 8**

Vierfelder-Tafel zum Auftreten des Typs „von radial kommendes Stammgefäß“ nach Freerksen auf dem linken bzw. rechten Handrücken. Hier ergibt sich eine signifikante Korrelation ( $\Phi = 0,802$ ;  $p = 0,000011$ ) bzgl. der Seitenkonkordanz, d.h. dem beidseitigen Auftreten des Typs bzw. dem Fehlen dieses Typs auf beiden Handrücken.

Ein schwächerer Zusammenhang ( $\Phi = 0,4$ ) der Seitenausprägung bei hoher Signifikanz ( $p = 0,028$ ) konnte beim Verlaufsmuster „Netzwerk“ nach Freerksen gesehen werden. Hier zeigten 19 Probanden weder auf der einen noch auf der anderen Seite ein solches Muster. Bei 4 Probanden hingegen trat dieses Muster auf beiden Handrücken auf [Tabelle 9].

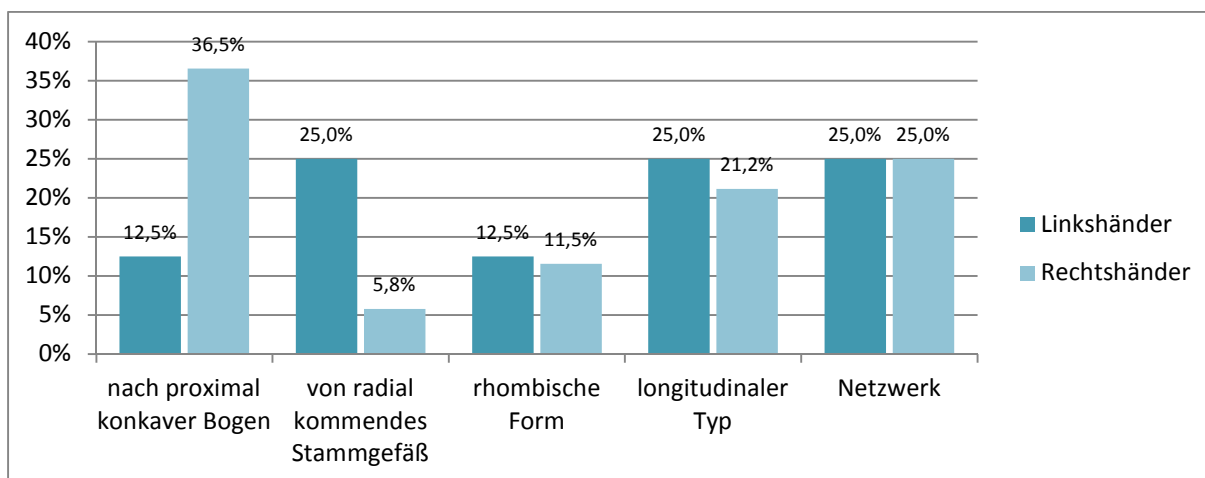
			Netzwerk rechte Hand	
			nein	ja
Netzwerk linke Hand	nein	Anzahl	19	2
			79,2%	33,3%
	ja	Anzahl	5	4
			20,8%	66,7%

**Tabelle 9**

Vierfelder-Tafel zum Auftreten des Typs „Netzwerk“ nach Freerksen auf dem linken bzw. rechten Handrücken. Hier wurde eine schwächere Korrelation ( $\Phi = 0,4$ ;  $p = 0,028$ ) bzgl. der Seitenkonkordanz, d.h. dem beidseitigen Auftreten des Typs bzw. dem Fehlen dieses Typs auf beiden Handrücken gesehen als beim Typ „von radial kommendes Stammgefäß“.

### Einfluss der Händigkeit

Weiterhin wurde auch hier der Einfluss der Händigkeit auf die Ausprägung eines Venenmusters untersucht. Auch hier konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ausprägung eines durch Freerksen beschriebenen Verlaufsmusters und der Händigkeit der Probanden festgestellt werden. In Abb. 28 wird das Auftreten der Verlaufstypen im Vergleich zwischen Links- und Rechtshändern dargestellt.

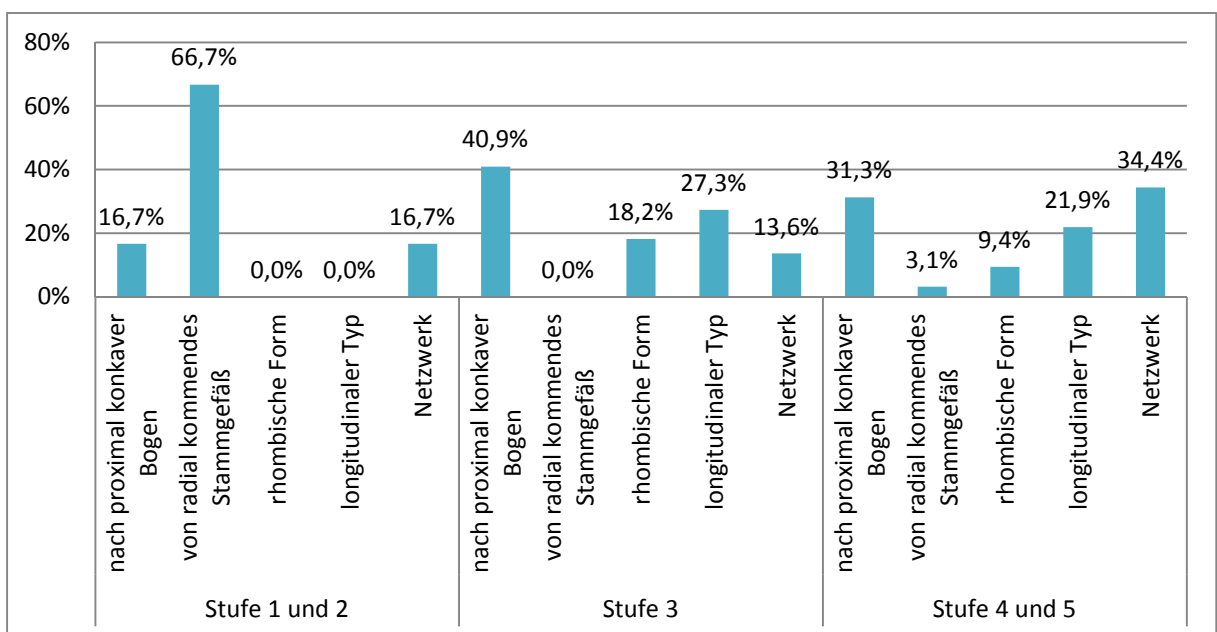


**Abb. 28**

Prozentuale Verteilung der Verlaufstypen nach Freerksen im Vergleich zwischen Links- und Rechtshändern. Die Stichprobe umfasste 4 Links- und 26 Rechtshänder.

## Einfluss der Belastung

Auch diese Systematik wurde in Bezug auf den Einsatz der Hände im Alltag untersucht. Die Verteilung der aufgetretenen Muster nach Angaben der Probanden zur feinmotorischen Nutzung der Hände ist in Abb. 29 wiedergegeben. Hände, die überwiegend feinmotorisch eingesetzt wurden (Stufe 4/5 im Erfassungsbogen), zeigten das Venennetzwerk als Typ am häufigsten. In der Gruppe der wenig feinmotorisch eingesetzten Hände (Stufe 1/2 im Erfassungsbogen) dominierte mit zwei seitenkonkordanten Handpaaren der Typ des von radial kommenden Stammgefäßes. Die festgestellte Signifikanz dieses Auftretens in der niedrig belasteten Gruppe ( $p=0,002$  für das Auftreten auf dem linken Handrücken, sowie  $p=0,00006$  für das Auftreten auf dem rechten Handrücken) muss aufgrund der insgesamt seltenen Ausprägung in der Stichprobe als fraglich angesehen werden.

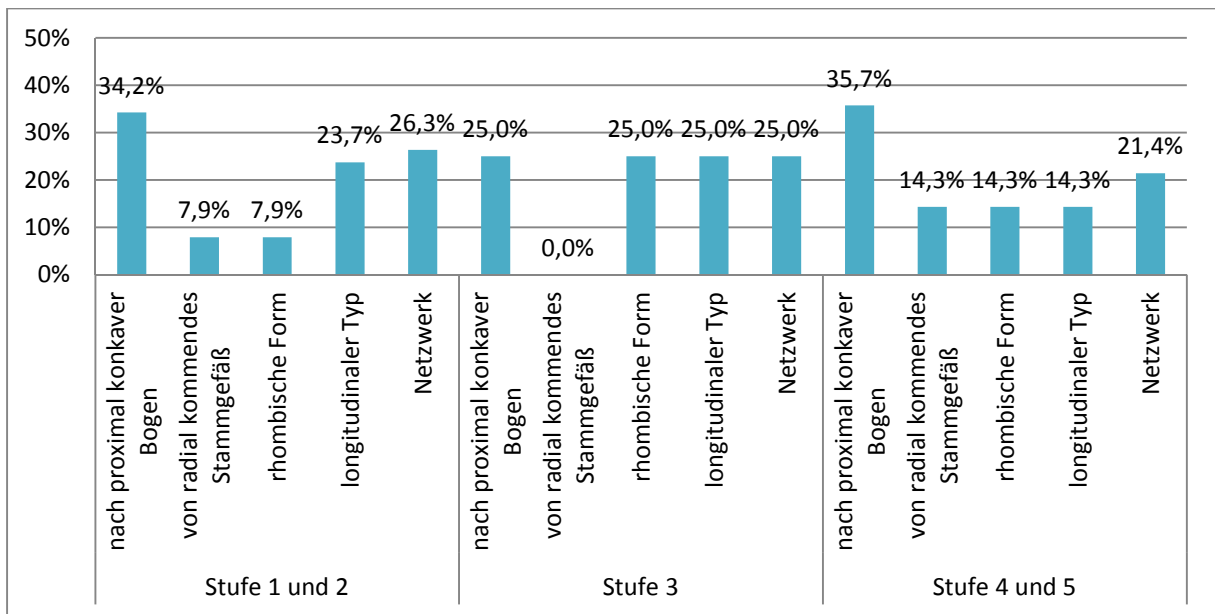


**Abb. 29**

Häufigkeit des Auftretens von Verlaufsmustern nach Freerksen bei Probanden mit unterschiedlicher feinmotorischer Nutzung der Hände. Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine geringe ( $n=3$ ), Stufe 3 eine mittlere ( $n=11$ ) und die Stufen 4 und 5 eine überwiegend feinmotorische Nutzung (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben;  $n=16$ ). Typische und atypische Arkade wurden zusammengefasst.

Die Gruppe der überwiegend mit Kraft benutzen Hände (Stufe 4/5 im Erfassungsbogen) zeigte am häufigsten den nach proximal konkaven Bogen. In den Stufen 1 und 2, also bei geringem Krafteinsatz der Hände, dominierte wie in den Stufen 4 und 5 der nach proximal konkave Bogen. Ein signifikanter Zusammenhang wurde hier nicht angetroffen.

Abb. 30 stellt die prozentuale Verteilung der beschriebenen Verlaufstypen in den unterschiedlichen Belastungsstufen dar.



**Abb. 30**

Häufigkeit von Verlaufsmustern nach Freerksen bei Probanden mit unterschiedlicher Kraftbelastung der Hände.

Die Stufen 1 und 2 beschreiben eine überwiegend geringe (z.B. feinmechanische Arbeiten, Tippen, Schreiben; n=19), Stufe 3 eine mittlere (n=4) und die Stufen 4 und 5 (n=7) eine sehr kraftvolle Nutzung (z.B. hämmern, Lasten heben). Typische und atypische Arkade wurden zusammengefasst.

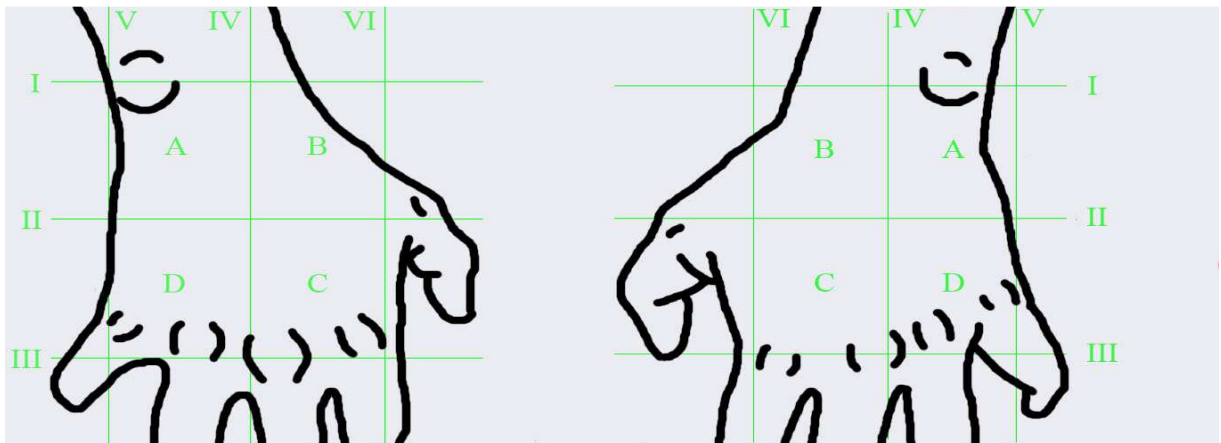
### **3.3 Prüfung der Variabilität des Handrückenvenenmusters und der Möglichkeit der Probandenidentifikation innerhalb der Stichprobe anhand der über das Rastersystem des Handrücken erhobenen Variablen**

Über die in den Photographien durch das Rasterliniensystem erhobenen Variablen sollte es möglich sein, einen Probanden durch Kombination mehrerer Variablenwerte eindeutig innerhalb des Probandenpools zu identifizieren, wobei „Identifikation“ bedeutet, dass jeder Proband individuelle, für ihn spezifische Variablenwerte zeigte.

Aufgrund der großen Variablenzahl sind sehr viele Möglichkeiten der Variablenkombination möglich. So können Schnittpunktzahlen bestimmter Rasterlinien kombiniert werden, ebenso Verzweigungen innerhalb bestimmter Quadranten. Bei 48 erhobenen Variablen allein aus dem angewendeten Gittersystem kann man so bei Verwendung aller dieser Variablen eine Folge aus 48 Variablenwerten erhalten, die einen Probanden sicher von den anderen unterscheidet. Im Folgenden soll beispielhaft an Proband P-2009/5 dargestellt werden, wie innerhalb der Stichprobe ein Individuum anhand seiner Variablenwerte identifiziert werden kann.

### 3.3.1 Identifikation unter Nutzung aller Variablen des Rastersystems

Verwendet man alle Variablen, die aus dem Gitternetz [Abb. 31] erhoben werden, so erhält der Proband aus den Variablenwerten eine Folge aus 48 Zahlen. Im Falle von Beispielproband P-2009/5 ist diese aus Tabelle 10 in der Spalte „Variablenwerte“ abzulesen:



**Abb. 31**

Schematisch dargestellt ist das Raster, anhand dessen die Variablen erhoben wurden, auf beiden Handrücken (Vgl. auch Abb. 5 in Kapitel 2 „Methodik“)

Mit dieser Zahlenfolge ist es möglich, den Beispielprobanden (dessen Daten blau hinterlegt sind) eindeutig in der Stichprobe zu identifizieren, wie aus Tabelle 11 ersichtlich wird.

P-2009/5			
Nr.	Variable	Variablenlabel	Variablenwert
1	L_konv_I	Schnittpunkte I links konventionell	2
2	L_konv_II	Schnittpunkte II links konventionell	4
3	L_konv_IV	Schnittpunkte IV links konventionell	1
4	L_konv_V	Schnittpunkte V links konventionell	0
5	L_konv_VI	Schnittpunkte VI links konventionell	2
6	L_konv_gesamt	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell	9
7	L_IR_I	Schnittpunkte I links infrarot	2
8	L_IR_II	Schnittpunkte II links infrarot	3
9	L_IR_IV	Schnittpunkte IV links infrarot	1
10	L_IR_V	Schnittpunkte V links infrarot	0
11	L_IR_VI	Schnittpunkte VI links infrarot	2
12	L_IR_gesamt	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot	8
13	L_overlay_gesamt	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI links konventionell/infrarot im Overlay	7
14	L_konv_A	Anzahl Verzweigungen A links konventionell	1
15	L_konv_B	Anzahl Verzweigungen B links konventionell	1
16	L_konv_C	Anzahl Verzweigungen C links konventionell	1

17	L_konv_D	Anzahl Verzweigungen D links konventionell	2
18	L_konv_ABCD_gesamt	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell	5
19	L_IR_A	Anzahl Verzweigungen A links infrarot	1
20	L_IR_B	Anzahl Verzweigungen B links infrarot	1
21	L_IR_C	Anzahl Verzweigungen C links infrarot	1
22	L_IR_D	Anzahl Verzweigungen D links infrarot	1
23	L_IR_ABCD_gesamt	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot	4
24	L_overlay_ABCD_gesamt	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD links konventionell/infrarot im Overlay	4
25	R_konv_I	Schnittpunkte I rechts konventionell	0
26	R_konv_II	Schnittpunkte II rechts konventionell	4
27	R_konv_IV	Schnittpunkte IV rechts konventionell	3
28	R_konv_V	Schnittpunkte V rechts konventionell	0
29	R_konv_VI	Schnittpunkte VI rechts konventionell	2
30	R_konv_gesamt	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell	9
31	R_IR_I	Schnittpunkte I rechts infrarot	2
32	R_IR_II	Schnittpunkte II rechts infrarot	6
33	R_IR_IV	Schnittpunkte IV rechts infrarot	4
34	R_IR_V	Schnittpunkte V rechts infrarot	0
35	R_IR_VI	Schnittpunkte VI rechts infrarot	4
36	R_IR_gesamt	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot	16
37	R_overlay_gesamt	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/infrarot im Overlay	3
38	R_konv_A	Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell	2
39	R_konv_B	Anzahl Verzweigungen B rechts konventionell	0
40	R_konv_C	Anzahl Verzweigungen C rechts konventionell	1
41	R_konv_D	Anzahl Verzweigungen D rechts konventionell	1
42	R_konv_ABCD_gesamt	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell	4
43	R_IR_A	Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot	1
44	R_IR_B	Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot	2
45	R_IR_C	Anzahl Verzweigungen C rechts infrarot	7
46	R_IR_D	Anzahl Verzweigungen D rechts infrarot	9
47	R_IR_ABCD_gesamt	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot	19
48	R_overlay_ABCD_gesamt	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD rechts konventionell/infrarot im Overlay	0

**Tabelle 10**

Übersicht aller aus dem Gitternetz erhobenen Variablen sowie in der Spalte „Variablenwerte“ die Werte für Beispielproband P-2009/5: Die Variablen werden zur besseren Handhabung in der programmgestützten statistischen Auswertung abgekürzt (hier „Variable“). Das *Variablenlabel* gibt die ausführliche Bezeichnung der Variable wieder.

		Proband P-2009/																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Variable	1	4	2	0	2	2	2	3	2	3	1	0	6	3	3	3	2	1	4	3	5	2	4	3	2	1	5	4	4	5	1	
	2	8	4	4	7	4	6	7	8	6	6	8	5	6	7	6	8	4	5	4	6	5	8	6	3	3	7	6	8	6	8	
	3	3	0	3	3	1	4	2	3	3	3	3	8	1	5	3	3	2	2	3	3	3	5	3	3	2	5	5	4	1	6	
	4	0	1	0	0	0	1	1	2	1	2	0	1	0	1	1	1	0	0	3	0	1	1	0	0	0	1	2	0	1	0	
	5	2	1	2	1	2	1	3	0	3	3	1	3	1	1	2	3	1	4	2	2	0	3	4	4	4	1	1	5	1	3	4
	6	17	8	9	13	9	14	16	15	16	15	12	23	11	17	15	17	8	15	15	16	11	21	16	12	7	19	22	17	16	19	
	7	4	0	3	4	2	4	1	4	2	3	0	4	5	4	4	2	2	4	2	2	4	5	3	3	4	4	7	6	7	5	
	8	6	4	4	8	3	8	8	7	5	6	6	7	5	6	7	5	7	5	6	7	9	11	7	5	6	8	10	9	11	9	
	9	5	1	3	6	1	2	3	1	3	5	1	4	4	3	3	3	4	4	2	2	3	6	3	2	1	2	5	2	4	4	
	10	0	1	0	4	0	1	0	3	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	2	0	1	0	1	0	3	1
	11	1	2	1	1	2	1	5	0	2	2	1	3	0	3	3	3	2	2	3	3	3	5	4	3	2	3	5	3	5	4	
	12	16	8	11	23	8	16	17	15	14	16	8	19	14	16	18	14	15	15	14	14	20	29	17	14	13	18	28	20	30	23	
	13	12	4	4	9	7	10	9	12	8	8	6	13	6	8	12	13	7	12	10	10	8	17	8	8	4	12	16	13	15	14	
	14	3	0	2	7	1	3	1	9	4	2	2	7	2	4	3	1	1	1	4	5	3	6	5	1	3	3	4	7	2	7	
	15	2	0	0	1	1	1	2	4	4	0	2	7	3	1	3	5	1	5	5	2	2	3	2	0	0	4	3	0	3	2	
	16	3	0	0	2	1	1	0	4	6	3	4	4	5	2	2	2	5	4	5	1	3	4	1	5	0	5	6	3	3	4	
	17	3	0	6	1	2	1	8	6	6	11	5	10	3	11	3	5	2	4	9	4	6	8	8	3	6	1	5	5	6	4	
	18	11	0	8	11	5	6	11	23	20	16	13	28	13	18	11	13	9	14	23	12	14	21	16	9	9	13	18	15	14	17	
	19	3	1	2	15	1	4	4	6	0	6	0	5	4	1	4	3	7	4	4	3	2	11	5	1	5	7	8	4	13	6	
	20	6	0	2	7	1	2	3	4	5	8	2	7	4	2	1	1	5	7	8	2	5	6	0	2	0	4	8	4	10	6	
	21	1	3	3	5	1	2	3	8	12	4	7	5	6	5	9	3	6	2	3	5	5	10	7	11	7	1	13	10	9	8	
	22	2	1	2	23	1	2	5	8	17	18	5	2	7	0	4	4	6	2	10	4	8	18	13	9	9	2	13	8	13	8	
	23	12	5	9	50	4	10	15	26	34	36	14	19	21	8	18	11	24	15	25	14	20	45	25	23	21	14	42	26	45	28	
	24	2	0	2	6	4	3	3	12	7	5	3	11	5	2	6	5	4	7	11	6	4	14	11	5	4	5	11	11	12	11	
	25	3	1	2	0	0	4	3	5	3	2	1	3	2	3	2	3	2	4	4	2	2	5	3	2	2	5	2	6	4	3	
	26	7	2	4	4	4	8	7	8	10	5	5	8	5	5	8	7	7	9	8	6	7	8	3	4	4	9	7	8	7	6	
	27	4	0	4	3	3	3	2	4	4	2	2	4	2	5	5	4	4	3	5	2	1	2	2	4	2	5	4	4	4	2	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
	29	3	2	3	1	2	3	4	2	3	3	2	1	3	1	2	2	1	0	3	1	2	2	3	2	1	4	4	2	3	2	
	30	17	5	13	8	9	18	16	19	20	16	11	17	12	14	17	17	15	16	20	11	12	17	12	13	9	23	18	20	18	14	
	31	6	1	5	2	2	2	1	5	3	4	3	5	2	3	5	4	3	5	6	2	3	6	2	2	4	6	4	6	7	2	
	32	8	9	4	11	6	7	8	7	10	5	6	7	5	9	7	7	6	9	7	9	6	7	8	6	6	7	8	10	11	8	
	33	4	1	2	5	4	3	6	4	3	3	6	3	1	6	6	3	6	1	2	2	2	3	4	1	3	5	4	3	3	4	
	34	1	0	2	0	0	1	2	0	2	5	2	3	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	0	0	2	3	0	3	
	35	4	1	3	4	4	2	5	4	3	4	4	1	2	7	3	3	1	0	2	4	4	3	3	2	3	4	6	5	5	2	
	36	23	12	16	22	16	15	22	20	21	21	21	19	10	26	21	18	19	16	17	17	15	19	18	14	16	22	24	27	26	19	
	37	16	3	9	4	3	9	10	11	10	14	7	12	6	9	13	12	12	10	14	8	6	12	8	7	5	15	11	15	17	10	
	38	4	0	3	1	2	7	0	5	2	5	3	3	4	2	1	3	4	3	3	1	0	12	1	3	4	3	7	5	4	1	
	39	1	1	3	2	0	1	1	8	5	1	1	2	0	6	7	2	0	3	4	8	1	5	0	0	0	6	3	4	4	3	
	40	4	0	1	4	1	3	4	2	9	7	4	3	2	1	3	2	4	5	13	0	1	8	2	4	3	3	6	4	4	4	
	41	4	1	4	5	1	6	6	6	3	12	4	9	3	6	3	8	6	2	5	5	4	2	2	2	4	2	5	7	6	3	
	42	13	2	11	12	4	17	11	21	19	25	12	17	9	15	14	15	14	13	25	14	6	27	5	9	11	14	21	20	18	11	
	43	3	2	11	7	1	8	2	6	9	11	9	5	4	3	2	5	6	3	6	5	4	12	3	1	6	5	5	7	7	2	
	44	4	5	2	9	2	6	2	2	3	3	7	5	1	12	7	7	2	4	3	5	4	4	4	0	1	6	5	6	4	5	
	45	7	2	1	5	7	5	4	6	9	5	17	3	4	25	12	6	6	6	5	6	7	7	8	7	6	7	4	11	7	15	
	46	4	1	2	3	9	5	7	5	6	2	7	5	2	3	2	2	5	3	2	5	2	4	8	5	5	7	5	8	7	11	
	47	18	10	16	24	19	24	15	19	27	21	40	18	11	43	23	20	19	16	16	21	17	27	23	13	18	25	19	32	25	33	
	48	5	0	3	4	0	6	2	10	7	9	7	5	5	6	6	6	7	5	6	6	1	15	2	5	5	6	9	12	11	9	

Tabelle 11

Übersicht aller Variablenwerte aller Probanden aus dem Gitternetz. Die *Variablenlabels* können Tabelle 10 entnommen werden. Die Werte von Beispielproband P-2009/5 wurden blau unterlegt. Sobald andere Probanden einen unterschiedlichen Variablenwert aufwiesen, wurden die weiteren Variablenwerte grau abgeblendet. Man sieht, dass bereits nach Variable 3 eine eindeutige Identifikation des Probanden möglich ist.

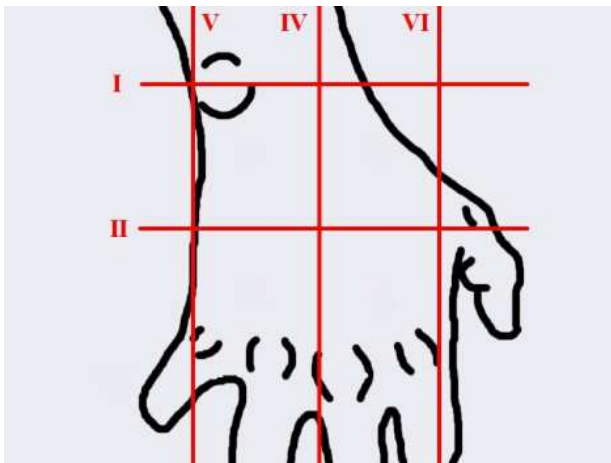


### 3.3.2 Identifikation unter Nutzung möglichst weniger, ausgewählter Variablen des Rastersystems

Zur Klärung der Frage, wie viele Variablen mindestens nötig sind, um eine eindeutige Identifizierung vornehmen zu können, wurden verschiedene strukturierte Variablenkombinationen überprüft. Dies erfolgte durch Schichtung der ausgesuchten Variablen, d.h. zunächst wurden die ersten beiden Variablen gegenübergestellt und überprüft. Anschließend wurden die weiteren ausgewählten Variablen nacheinander der Kreuztabelle hinzugefügt und jeweils wieder überprüft.

#### 3.3.2.1 Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien

Abb. 32 zeigt schematisch die verwendeten Variablen.



**Abb. 32**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Begonnen wurde mit den Rasterlinien I und II. Hinzugeschichtet wurden dann in aufsteigender Reihenfolge die Rasterlinien IV, V und VI.

Für die linke Hand zeigte sich für den in Tab 12 wieder markierten Beispielprobanden P 2009-5, dass auf den konventionellen Photographien drei Variablen (Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV) ausreichten, um keine Doubletten, d.h. identische Variablenwerte mit anderen Probanden, zu generieren [Tabelle 12]: In Variable 1 zeigt der Beispielproband die Ausprägung „2“, die ihn nicht von 6 weiteren Probanden (schwarze Zahlen in Spalte „Variable 1“ in Tab. 12) unterscheidet. Nach Hinzunahme von Variable 2 zeigt der Beispielproband das Muster „24“, das auch Proband P-2009/2 zeigt. Unter Hinzunahme von Variable 3 ist der Beispielproband durch sein Muster „241“ eindeutig identifizierbar. Alle Probanden waren nach diesen drei Variablen sicher identifizierbar.

Proband P- 2009/	Variable				
	1	2	3	4	5
1	4	8	3	0	2
2	2	4	0	1	1
3	0	4	3	0	2
4	2	7	3	0	1
5	2	4	1	0	2
6	2	6	4	1	1
7	3	7	2	1	3
8	2	8	3	2	0
9	3	6	3	1	3
10	1	6	3	2	3
11	0	8	3	0	1
12	6	5	8	1	3
13	3	6	1	0	1
14	3	7	5	1	1
15	3	6	3	1	2
16	2	8	3	1	3
17	1	4	2	0	1
18	4	5	2	0	4
19	3	4	3	3	2
20	5	6	3	0	2
21	2	5	3	1	0
22	4	8	5	1	3
23	3	6	3	0	4
24	2	3	3	0	4
25	1	3	2	0	1
26	5	7	5	1	1
27	4	6	5	2	5
28	4	8	4	0	1
29	5	6	1	1	3
30	1	8	6	0	4

**Tabelle 12**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt, er ist durch die Kombination der Variablen 1,2 und 3 eindeutig identifizierbar; dasselbe gilt für alle anderen Probanden. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 4 und 5) wurden grau abgeblendet.

In den Infrarotaufnahmen traten nach diesen drei Variablen noch zwei Doubletten auf, entsprechend dem Probandenpaar P-2009/6 und /26, sowie P-2009/9 und /16. Durch Hinzufügen einer weiteren Variable, also Variable 9, konnten alle Probanden eindeutig voneinander unterschieden werden [Tabelle 13]. Der Beispielproband P-2009/5 konnte

bereits durch zwei Variablen eindeutig identifiziert werden, da kein anderer Proband mit dem Variablenwert „2“ an erster Stelle, darauffolgend einen Variablenwert von „3“ zeigte [Tabelle 13].

Proband P- 2009/	Variable				
	7	8	9	10	11
1	4	6	5	0	1
2	0	4	1	1	2
3	3	4	3	0	1
4	4	8	6	4	1
5	2	3	1	0	2
6	4	8	2	1	1
7	1	8	3	0	5
8	4	7	1	3	0
9	2	5	3	2	2
10	3	6	5	0	2
11	0	6	1	0	1
12	4	7	4	1	3
13	5	5	4	0	0
14	4	6	3	0	3
15	4	7	3	1	3
16	2	5	3	1	3
17	2	7	4	0	2
18	4	5	4	0	2
19	2	6	2	1	3
20	2	7	2	0	3
21	4	9	3	1	3
22	5	11	6	2	5
23	3	7	3	0	4
24	3	5	2	1	3
25	4	6	1	0	2
26	4	8	2	1	3
27	7	10	5	1	5
28	6	9	2	0	3
29	7	11	4	3	5
30	5	9	4	1	4

**Tabelle 13**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt, er ist durch die Variablenkombination 7 und 8 eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet.

Rechtsseitig waren in den konventionellen Aufnahmen diese vier Variablen (Variable 26-28) nicht ausreichend. Es traten noch zwei Probandenpaare auf, die nicht unterschieden werden konnten, nämlich Probanden P-2009/4 und /5, sowie P-2009/17 und /27. Hier musste die letzte Variable 29 hinzugenommen werden, um alle Probanden eindeutig zu unterscheiden [Tabelle 14].

Proband P- 2009/	Variable				
	25	26	27	28	29
1	3	7	4	0	3
2	1	2	0	0	2
3	2	4	4	0	3
4	0	4	3	0	1
5	0	4	3	0	2
6	4	8	3	0	3
7	3	7	2	0	4
8	5	8	4	0	2
9	3	10	4	0	3
10	2	5	2	4	3
11	1	5	2	1	2
12	3	8	4	1	1
13	2	5	2	0	3
14	3	5	5	0	1
15	2	8	5	0	2
16	3	7	4	1	2
17	2	7	4	1	1
18	4	9	3	0	0
19	4	8	5	0	3
20	2	6	2	0	1
21	2	7	1	0	2
22	5	8	2	0	2
23	3	3	2	1	3
24	2	4	4	1	2
25	2	4	2	0	1
26	5	9	5	0	4
27	2	7	4	1	4
28	6	8	4	0	2
29	4	7	4	0	3
30	3	6	2	1	2

**Tabelle 14**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er ist erst durch Variable 29 eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet.

Auf den Infrarotaufnahmen der rechten Hand waren die ersten vier Variablen 31-34 wiederum ausreichend, um eine Unterscheidung der Probanden vornehmen zu können [Tabelle 15].

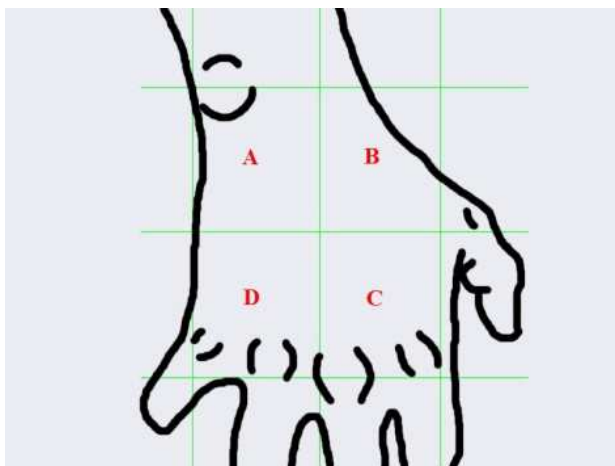
Proband P-2009/	Variable				
	31	32	33	34	35
1	6	8	4	1	4
2	1	9	1	0	1
3	5	4	2	2	3
4	2	11	5	0	4
5	2	6	4	0	4
6	2	7	3	1	2
7	1	8	6	2	5
8	5	7	4	0	4
9	3	10	3	2	3
10	4	5	3	5	4
11	3	6	6	2	4
12	5	7	3	3	1
13	2	5	1	0	2
14	3	9	6	1	7
15	5	7	6	0	3
16	4	7	3	1	3
17	3	6	6	3	1
18	5	9	1	1	0
19	6	7	2	0	2
20	2	9	2	0	4
21	3	6	2	0	4
22	6	7	3	0	3
23	2	8	4	1	3
24	2	6	1	3	2
25	4	6	3	0	3
26	6	7	5	0	4
27	4	8	4	2	6
28	6	10	3	3	5
29	7	11	3	0	5
30	2	8	4	3	2

**Tabelle 15**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er ist durch Variable 33 eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 34 und 35) wurden grau abgeblendet.

### 3.3.2.2 Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten

Weiterhin wurde die Anzahl der Verzweigungen jeweils in den vier Quadranten des Gittersystems in alphabetischer Reihenfolge geschichtet [Abb. 33].



**Abb. 33**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten wurden in alphabetischer Reihenfolge geschichtet.

Hier wurden in den konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand bei drei Variablen (Variable 14, 15 und 16) noch zwei Doubletten gesehen. Es handelte sich um P-2009/20 und /23, sowie um P-2009/1 und /21. Unter Hinzunahme der vierten Variablen (Variable 17) konnten alle Probanden eindeutig einer Folge von Variablenwerten zugeordnet werden [Tabelle 16].

Auch in den Infrarotaufnahmen der linken Hand trat bei den drei zuerst verwendeten Variablen (Variable 19, 20 und 21) noch eine Doublette auf, Proband P-2009/23 und /25, so dass auch hier eine vierte Variable (Variable 22) hinzugenommen wurde [Tabelle 17].

Bei den Farbaufnahmen der rechten Hand waren nur die Werte der Variablen 38, 39 und 40 nötig, um eine eindeutige Identifikation der Probanden zu erreichen [Tabelle 18].

In den rechtsseitigen Infrarotaufnahmen brachten drei Variablen (Variable 43, 44 und 45) keine eindeutige Unterscheidung hervor. Zwar konnte der Beispielproband P-2009/5 schon durch die ersten beiden Variablen (Variable 43 und 44) eindeutig zugeordnet werden, es bestand aber weiterhin eine Doublette aus den Probanden P-2009/8 und /17. Die Anzahl der Verzweigungen in Quadrant D (Variable 46) war bei beiden Probanden mit 5 identisch, so dass auch die Schichtung der vierten Variablen eine Doublette enthielt. Auch die letzte mögliche Variable dieser starren Systematik, die Gesamtzahl aller Verzweigungen in allen Quadranten (Variable 47), hatte bei beiden Probanden den identischen Wert 19. Mit dieser, schon erweiterten Variablenkombination war bei den Infrarotaufnahmen der rechten Hand keine eindeutige Identifikation der Probanden möglich [Tabelle 19].

Proband P- 2009/	Variable			
	14	15	16	17
1	3	2	3	3
2	0	0	0	0
3	2	0	0	6
4	7	1	2	1
5	1	1	1	2
6	3	1	1	1
7	1	2	0	8
8	9	4	4	6
9	4	4	6	6
10	2	0	3	11
11	2	2	4	5
12	7	7	4	10
13	2	3	5	3
14	4	1	2	11
15	3	3	2	3
16	1	5	2	5
17	1	1	5	2
18	1	5	4	4
19	4	5	5	9
20	5	2	1	4
21	3	2	3	6
22	6	3	4	8
23	5	2	1	8
24	1	0	5	3
25	3	0	0	6
26	3	4	5	1
27	4	3	6	5
28	7	0	3	5
29	2	3	3	6
30	7	2	4	4

**Tabelle 16**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er wird durch Variable 14, 15 und 16 eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 17) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variablen			
	19	20	21	22
1	3	6	1	2
2	1	0	3	1
3	2	2	3	2
4	15	7	5	23
5	1	1	1	1
6	4	2	2	2
7	4	3	3	5
8	6	4	8	8
9	0	5	12	17
10	6	8	4	18
11	0	2	7	5
12	5	7	5	2
13	4	4	6	7
14	1	2	5	0
15	4	1	9	4
16	3	1	3	4
17	7	5	6	6
18	4	7	2	2
19	4	8	3	10
20	3	2	5	4
21	2	5	5	8
22	11	6	10	18
23	5	0	7	13
24	1	2	11	9
25	5	0	7	9
26	7	4	1	2
27	8	8	13	13
28	4	4	10	8
29	13	10	9	13
30	6	6	8	8

**Tabelle 17**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er wird bereits durch zwei Variablen (Variable 19 und 20) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 21 und 22) wurden grau abgeblendet.



Proband P- 2009/	Variable			
	38	39	40	41
1	4	1	4	4
2	0	1	0	1
3	3	3	1	4
4	1	2	4	5
5	2	0	1	1
6	7	1	3	6
7	0	1	4	6
8	5	8	2	6
9	2	5	9	3
10	5	1	7	12
11	3	1	4	4
12	3	2	3	9
13	4	0	2	3
14	2	6	1	6
15	1	7	3	3
16	3	2	2	8
17	4	0	4	6
18	3	3	5	2
19	3	4	13	5
20	1	8	0	5
21	0	1	1	4
22	12	5	8	2
23	1	0	2	2
24	3	0	4	2
25	4	0	3	4
26	3	6	3	2
27	7	3	6	5
28	5	4	4	7
29	4	4	4	6
30	1	3	4	3

**Tabelle 18**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er wird hier ebenfalls bereits durch zwei Variablen (hier Variable 38 und 39) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 40 und 41) wurden grau abgeblendet.

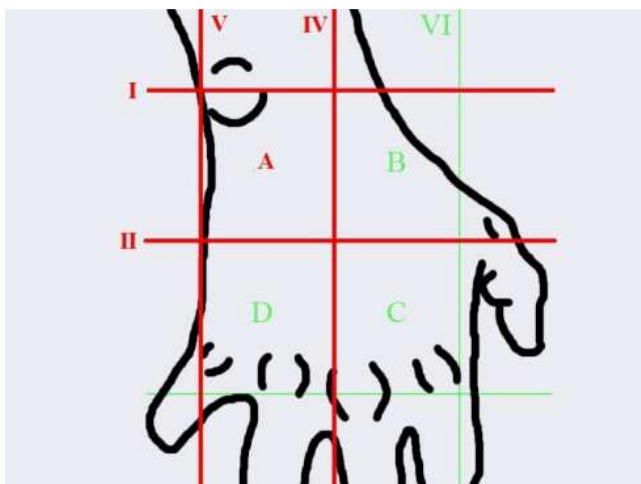
Proband P-2009/	Variable				
	43	44	45	46	47
1	3	4	7	4	18
2	2	5	2	1	10
3	11	2	1	2	16
4	7	9	5	3	24
5	1	2	7	9	19
6	8	6	5	5	24
7	2	2	4	7	15
8	6	2	6	5	19
9	9	3	9	6	27
10	11	3	5	2	21
11	9	7	17	7	40
12	5	5	3	5	18
13	4	1	4	2	11
14	3	12	25	3	43
15	2	7	12	2	23
16	5	7	6	2	20
17	6	2	6	5	19
18	3	4	6	3	16
19	6	3	5	2	16
20	5	5	6	5	21
21	4	4	7	2	17
22	12	4	7	4	27
23	3	4	8	8	23
24	1	0	7	5	13
25	6	1	6	5	18
26	5	6	7	7	25
27	5	5	4	5	19
28	7	6	11	8	32
29	7	4	7	7	25
30	2	5	15	11	33

**Tabelle 19**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Eine Identifikation war trotz Hinzunahme der Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten der rechten Hand (Variable 47) nicht möglich. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er war eindeutig identifizierbar nach nur zwei Variablen (Variable 43 und 44). Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 45, 46 und 47) wurden grau abgeblendet. Das Probandenpaar P-2009/8 und /17, das anhand der gewählten Variablen nicht differenziert werden konnte, wurde rot unterlegt.

### 3.3.2.3 Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten und Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien, die ihn begrenzen

Wie in Abb. 34 schematisch gezeigt, wurden nun einem Quadranten des Gitternetzes die jeweiligen Begrenzungslinien zugeordnet.



**Abb. 34**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen, bestehend aus der Zahl der Venenverzweigungen in einem Quadranten und die Anzahl der Schnittpunkte mit seinen Begrenzungslinien, hier für Quadrant A. Die Begrenzungslinien wurden in aufsteigender Reihenfolge hinzu geschichtet. Aufgrund der Lage der Linie III im Bereich der Fingervenen entfällt diese, obwohl sie Begrenzung der Quadranten C und D ist (Vgl.2.3 Analyse der dokumentierten Handvenenreliefmuster).

Begonnen wurde auch hier mit den Farbaufnahmen der linken Hand. Bei Quadrant A und seinen umgebenden Linien I, II, IV und V waren alle 5 Variablen (Variable 14, 1, 2, 3 und 4) zur Identifikation der Probanden notwendig [Tabelle 20].

Dem Quadranten B (Variable 15) mussten nur die Werte dreier weiterer Variablen hinzugefügt werden, nämlich Linie I, IV und VI (Variable 1, 2 und 3), um alle Probanden eindeutig identifizieren zu können [Tabelle 21].

Im Falle der Quadranten C und D konnten maximal 4 Variablen verwendet werden, da Linie III des Rasters aus den in Kapitel 2 beschriebenen Gründen nicht in die Auswertung einging. Hier ergab sich für Quadrant C (Variable 16) eine eindeutige Zuordnung der Probanden unter Verwendung aller vier Variablen (Variable 16, 2, 3 und 5) [Tabelle 22].

Auch bei Quadrant D (Variable 17) wurden alle vier Variablen benötigt (Variable 17, 2, 3 und 4), um keine Doubletten mehr zu erhalten [Tabelle 23].

Proband P-2009/	Variable				
	14	1	2	3	4
1	3	4	8	3	0
2	0	2	4	0	1
3	2	0	4	3	0
4	7	2	7	3	0
5	1	2	4	1	0
6	3	2	6	4	1
7	1	3	7	2	1
8	9	2	8	3	2
9	4	3	6	3	1
10	2	1	6	3	2
11	2	0	8	3	0
12	7	6	5	8	1
13	2	3	6	1	0
14	4	3	7	5	1
15	3	3	6	3	1
16	1	2	8	3	1
17	1	1	4	2	0
18	1	4	5	2	0
19	4	3	4	3	3
20	5	5	6	3	0
21	3	2	5	3	1
22	6	4	8	5	1
23	5	3	6	3	0
24	1	2	3	3	0
25	3	1	3	2	0
26	3	5	7	5	1
27	4	4	6	5	2
28	7	4	8	4	0
29	2	5	6	1	1
30	7	1	8	6	0

**Tabelle 20**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten A, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und V für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird nach drei Variablen (Variable 14, 1 und 2) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 3 und 4) wurden grau abgeblendet.

Proband P-2009/	Variable				
	15	1	2	3	5
1	2	4	8	3	2
2	0	2	4	0	1
3	0	0	4	3	2
4	1	2	7	3	1
5	1	2	4	1	2
6	1	2	6	4	1
7	2	3	7	2	3
8	4	2	8	3	0
9	4	3	6	3	3
10	0	1	6	3	3
11	2	0	8	3	1
12	7	6	5	8	3
13	3	3	6	1	1
14	1	3	7	5	1
15	3	3	6	3	2
16	5	2	8	3	3
17	1	1	4	2	1
18	5	4	5	2	4
19	5	3	4	3	2
20	2	5	6	3	2
21	2	2	5	3	0
22	3	4	8	5	3
23	2	3	6	3	4
24	0	2	3	3	4
25	0	1	3	2	1
26	4	5	7	5	1
27	3	4	6	5	5
28	0	4	8	4	1
29	3	5	6	1	3
30	2	1	8	6	4

**Tabelle 21**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten B, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird durch drei Variablen (Variable 15, 1 und 2) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 3, 4 und 5) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	16	2	3	5
1	3	8	3	2
2	0	4	0	1
3	0	4	3	2
4	2	7	3	1
5	1	4	1	2
6	1	6	4	1
7	0	7	2	3
8	4	8	3	0
9	6	6	3	3
10	3	6	3	3
11	4	8	3	1
12	4	5	8	3
13	5	6	1	1
14	2	7	5	1
15	2	6	3	2
16	2	8	3	3
17	5	4	2	1
18	4	5	2	4
19	5	4	3	2
20	1	6	3	2
21	3	5	3	0
22	4	8	5	3
23	1	6	3	4
24	5	3	3	4
25	0	3	2	1
26	5	7	5	1
27	6	6	5	5
28	3	8	4	1
29	3	6	1	3
30	4	8	6	4

**Tabelle 22**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten C, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen, da sie im Bereich der für diese Systematik nicht relevanten Fingervenen liegt. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er ist durch zwei Variablen (Variable 16 und 2) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 3 und 5) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	17	2	3	4
1	3	8	3	0
2	0	4	0	1
3	6	4	3	0
4	1	7	3	0
5	2	4	1	0
6	1	6	4	1
7	8	7	2	1
8	6	8	3	2
9	6	6	3	1
10	11	6	3	2
11	5	8	3	0
12	10	5	8	1
13	3	6	1	0
14	11	7	5	1
15	3	6	3	1
16	5	8	3	1
17	2	4	2	0
18	4	5	2	0
19	9	4	3	3
20	4	6	3	0
21	6	5	3	1
22	8	8	5	1
23	8	6	3	0
24	3	3	3	0
25	6	3	2	0
26	1	7	5	1
27	5	6	5	2
28	5	8	4	0
29	6	6	1	1
30	4	8	6	0

**Tabelle 23**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten D, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und V für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde, wie oben beschrieben, nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird durch die Variablen 17, 2 und 3 eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 4) wurden grau abgeblendet.

Die linksseitigen Infrarotaufnahmen zeigten für Quadrant A (Variable 19) insgesamt vier notwendige Variablen (Variable 19, 7, 8, 9 und 10) [Tabelle 24].

Proband P- 2009/	Variable				
	19	7	8	9	10
1	3	4	6	5	0
2	1	0	4	1	1
3	2	3	4	3	0
4	15	4	8	6	4
5	1	2	3	1	0
6	4	4	8	2	1
7	4	1	8	3	0
8	6	4	7	1	3
9	0	2	5	3	2
10	6	3	6	5	0
11	0	0	6	1	0
12	5	4	7	4	1
13	4	5	5	4	0
14	1	4	6	3	0
15	4	4	7	3	1
16	3	2	5	3	1
17	7	2	7	4	0
18	4	4	5	4	0
19	4	2	6	2	1
20	3	2	7	2	0
21	2	4	9	3	1
22	11	5	11	6	2
23	5	3	7	3	0
24	1	3	5	2	1
25	5	4	6	1	0
26	7	4	8	2	1
27	8	7	10	5	1
28	4	6	9	2	0
29	13	7	11	4	3
30	6	5	9	4	1

**Tabelle 24**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten A, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und V für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird bereits durch zwei Variablen (Variable 19 und 7) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 8, 9 und 10) wurden grau abgeblendet.



Quadrant B (Variable 20) hingegen benötigte fünf Variablen (Variable 20, 7, 8, 9 und 11) [Tabelle 25].

Proband P- 2009/	Variable				
	20	7	8	9	11
1	6	4	6	5	1
2	0	0	4	1	2
3	2	3	4	3	1
4	7	4	8	6	1
5	1	2	3	1	2
6	2	4	8	2	1
7	3	1	8	3	5
8	4	4	7	1	0
9	5	2	5	3	2
10	8	3	6	5	2
11	2	0	6	1	1
12	7	4	7	4	3
13	4	5	5	4	0
14	2	4	6	3	3
15	1	4	7	3	3
16	1	2	5	3	3
17	5	2	7	4	2
18	7	4	5	4	2
19	8	2	6	2	3
20	2	2	7	2	3
21	5	4	9	3	3
22	6	5	11	6	5
23	0	3	7	3	4
24	2	3	5	2	3
25	0	4	6	1	2
26	4	4	8	2	3
27	8	7	10	5	5
28	4	6	9	2	3
29	10	7	11	4	5
30	6	5	9	4	4

**Tabelle 25**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten B, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und VI für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Hier konnte eine eindeutige Identifikation des Beispielprobanden nach drei Variablen (Variable 20, 7 und 8) erfolgen. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9 und 11) wurden grau abgeblendet.

Quadrant C (Variable 21) zeigte nach vier Variablen (Variable 21, 8, 9 und 11) keine Doubletten mehr [Tabelle 26].

Proband P-2009/	Variable			
	21	8	9	11
1	1	6	5	1
2	3	4	1	2
3	3	4	3	1
4	5	8	6	1
5	1	3	1	2
6	2	8	2	1
7	3	8	3	5
8	8	7	1	0
9	12	5	3	2
10	4	6	5	2
11	7	6	1	1
12	5	7	4	3
13	6	5	4	0
14	5	6	3	3
15	9	7	3	3
16	3	5	3	3
17	6	7	4	2
18	2	5	4	2
19	3	6	2	3
20	5	7	2	3
21	5	9	3	3
22	10	11	6	5
23	7	7	3	4
24	11	5	2	3
25	7	6	1	2
26	1	8	2	3
27	13	10	5	5
28	10	9	2	3
29	9	11	4	5
30	8	9	4	4

**Tabelle 26**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten C, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und VI für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird bereits nach zwei Variablen (Variable 21 und 8) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9 und 11) wurden grau abgeblendet.

Mit Quadrant D (Variable 22) und seinen Begrenzungslinien (Variable 8, 9 und 10) hingegen war in den Infrarotaufnahmen der linken Hand keine eindeutige Identifikation der Probanden P-2009/6 und /26 möglich mit einer verbleibenden Doublette [Tabelle 27].

Proband P-2009/	Variable			
	22	8	9	10
1	2	6	5	0
2	1	4	1	1
3	2	4	3	0
4	23	8	6	4
5	1	3	1	0
6	2	8	2	1
7	5	8	3	0
8	8	7	1	3
9	17	5	3	2
10	18	6	5	0
11	5	6	1	0
12	2	7	4	1
13	7	5	4	0
14	0	6	3	0
15	4	7	3	1
16	4	5	3	1
17	6	7	4	0
18	2	5	4	0
19	10	6	2	1
20	4	7	2	0
21	8	9	3	1
22	18	11	6	2
23	13	7	3	0
24	9	5	2	1
25	9	6	1	0
26	2	8	2	1
27	13	10	5	1
28	8	9	2	0
29	13	11	4	3
30	8	9	4	1

**Tabelle 27**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten D, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und V für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird nach zwei Variablen (Variable 22 und 8) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9 und 10) wurden grau abgeblendet. Das Probandenpaar P-2009/6 und /26, das anhand der gewählten Variablen nicht differenziert werden konnte, wurde rot unterlegt.

Auf dem rechten Handrücken waren in den Farbaufnahmen bei Quadrant A (Variable 38) fünf Variablen (Variable 38, 25, 26, 27 und 28) zur Identifikation ausreichend [Tabelle 28].

Proband P-2009/	Variable				
	38	25	26	27	28
1	4	3	7	4	0
2	0	1	2	0	0
3	3	2	4	4	0
4	1	0	4	3	0
<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
6	7	4	8	3	0
7	0	3	7	2	0
8	5	5	8	4	0
9	2	3	10	4	0
10	5	2	5	2	4
11	3	1	5	2	1
12	3	3	8	4	1
13	4	2	5	2	0
14	2	3	5	5	0
15	1	2	8	5	0
16	3	3	7	4	1
17	4	2	7	4	1
18	3	4	9	3	0
19	3	4	8	5	0
20	1	2	6	2	0
21	0	2	7	1	0
22	12	5	8	2	0
23	1	3	3	2	1
24	3	2	4	4	1
25	4	2	4	2	0
26	3	5	9	5	0
27	7	2	7	4	1
28	5	6	8	4	0
29	4	4	7	4	0
30	1	3	6	2	1

**Tabelle 28**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten A, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und V für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er ist durch zwei Variablen (Variable 38 und 25) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 26, 27 und 28) wurden grau abgeblendet.

Quadrant B (Variable 39) und D (Variable 41) zeigten vier zur Identifikation notwendige Variablen [Tabelle 29 und 30].

Proband P-2009/	Variable				
	39	25	26	27	29
1	1	3	7	4	3
2	1	1	2	0	2
3	3	2	4	4	3
4	2	0	4	3	1
5	0	0	4	3	2
6	1	4	8	3	3
7	1	3	7	2	4
8	8	5	8	4	2
9	5	3	10	4	3
10	1	2	5	2	3
11	1	1	5	2	2
12	2	3	8	4	1
13	0	2	5	2	3
14	6	3	5	5	1
15	7	2	8	5	2
16	2	3	7	4	2
17	0	2	7	4	1
18	3	4	9	3	0
19	4	4	8	5	3
20	8	2	6	2	1
21	1	2	7	1	2
22	5	5	8	2	2
23	0	3	3	2	3
24	0	2	4	4	2
25	0	2	4	2	1
26	6	5	9	5	4
27	3	2	7	4	4
28	4	6	8	4	2
29	4	4	7	4	3
30	3	3	6	2	2

**Tabelle 29**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten B, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird durch zwei Variablen (Variable 39 und 25) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 26, 27 und 29) wurden grau abgeblendet.

Proband P-2009/	Variable			
	41	26	27	28
1	4	7	4	0
2	1	2	0	0
3	4	4	4	0
4	5	4	3	0
5	1	4	3	0
6	6	8	3	0
7	6	7	2	0
8	6	8	4	0
9	3	10	4	0
10	12	5	2	4
11	4	5	2	1
12	9	8	4	1
13	3	5	2	0
14	6	5	5	0
15	3	8	5	0
16	8	7	4	1
17	6	7	4	1
18	2	9	3	0
19	5	8	5	0
20	5	6	2	0
21	4	7	1	0
22	2	8	2	0
23	2	3	2	1
24	2	4	4	1
25	4	4	2	0
26	2	9	5	0
27	5	7	4	1
28	7	8	4	0
29	6	7	4	0
30	3	6	2	1

**Tabelle 30**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten D, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und V für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde, wie oben beschrieben, nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird durch zwei Variablen (Variable 41 und 26) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 27 und 28) wurden grau abgeblendet.

Mittels der Variablenkombination um Quadrant C (Variable 40) war keine eindeutige Identifikation der Probanden P-2009/1 und /29 möglich. Hier verblieb eine Doublette [Tabelle 31]. Beispielproband P-2009/5 war bereits nach drei Variablen (Variable 40, 26 und 27) identifiziert.

Proband P- 2009/	Variable			
	40	26	27	29
1	4	7	4	3
2	0	2	0	2
3	1	4	4	3
4	4	4	3	1
5	1	4	3	2
6	3	8	3	3
7	4	7	2	4
8	2	8	4	2
9	9	10	4	3
10	7	5	2	3
11	4	5	2	2
12	3	8	4	1
13	2	5	2	3
14	1	5	5	1
15	3	8	5	2
16	2	7	4	2
17	4	7	4	1
18	5	9	3	0
19	13	8	5	3
20	0	6	2	1
21	1	7	1	2
22	8	8	2	2
23	2	3	2	3
24	4	4	4	2
25	3	4	2	1
26	3	9	5	4
27	6	7	4	4
28	4	8	4	2
29	4	7	4	3
30	4	6	2	2

**Tabelle 31**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten C, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wird nach drei Variablen (Variable 40, 26 und 27) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 29) wurden grau abgeblendet. Das Probandenpaar P-2009/1 und /29, das anhand der gewählten Variablen nicht differenziert werden konnte, wurde rot unterlegt.

Für die Infrarotaufnahmen der rechten Hand zeigte sich folgendes Bild: Bei Quadrant A und D waren jeweils vier Variablen zur eindeutigen Probandenidentifikation nötig [Tabelle 32 und 33].

Proband P-2009/	Variable				
	43	31	32	33	34
1	3	6	8	4	1
2	2	1	9	1	0
3	11	5	4	2	2
4	7	2	11	5	0
5	1	2	6	4	0
6	8	2	7	3	1
7	2	1	8	6	2
8	6	5	7	4	0
9	9	3	10	3	2
10	11	4	5	3	5
11	9	3	6	6	2
12	5	5	7	3	3
13	4	2	5	1	0
14	3	3	9	6	1
15	2	5	7	6	0
16	5	4	7	3	1
17	6	3	6	6	3
18	3	5	9	1	1
19	6	6	7	2	0
20	5	2	9	2	0
21	4	3	6	2	0
22	12	6	7	3	0
23	3	2	8	4	1
24	1	2	6	1	3
25	6	4	6	3	0
26	5	6	7	5	0
27	5	4	8	4	2
28	7	6	10	3	3
29	7	7	11	3	0
30	2	2	8	4	3

**Tabelle 32**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten A, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und V für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Hier waren vier Variablen (Variable 43, 31, 32 und 33) notwendig, um ihn eindeutig zu identifizieren. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 34) wurden grau abgeblendet.



Proband P- 2009/	Variable			
	46	32	33	34
1	4	8	4	1
2	1	9	1	0
3	2	4	2	2
4	3	11	5	0
5	9	6	4	0
6	5	7	3	1
7	7	8	6	2
8	5	7	4	0
9	6	10	3	2
10	2	5	3	5
11	7	6	6	2
12	5	7	3	3
13	2	5	1	0
14	3	9	6	1
15	2	7	6	0
16	2	7	3	1
17	5	6	6	3
18	3	9	1	1
19	2	7	2	0
20	5	9	2	0
21	2	6	2	0
22	4	7	3	0
23	8	8	4	1
24	5	6	1	3
25	5	6	3	0
26	7	7	5	0
27	5	8	4	2
28	8	10	3	3
29	7	11	3	0
30	11	8	4	3

**Tabelle 33**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten D, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und V für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war bereits durch den Wert der ersten Variable (Variable 46) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 32, 33 und 34) wurden grau abgeblendet.

Im Falle von Quadrant B und C waren jeweils drei Variablen zur eindeutigen Unterscheidung der Probanden notwendig [Tabelle 34 und 35].

Proband P- 2009/	Variable				
	44	31	32	33	35
1	4	6	8	4	4
2	5	1	9	1	1
3	2	5	4	2	3
4	9	2	11	5	4
5	2	2	6	4	4
6	6	2	7	3	2
7	2	1	8	6	5
8	2	5	7	4	4
9	3	3	10	3	3
10	3	4	5	3	4
11	7	3	6	6	4
12	5	5	7	3	1
13	1	2	5	1	2
14	12	3	9	6	7
15	7	5	7	6	3
16	7	4	7	3	3
17	2	3	6	6	1
18	4	5	9	1	0
19	3	6	7	2	2
20	5	2	9	2	4
21	4	3	6	2	4
22	4	6	7	3	3
23	4	2	8	4	3
24	0	2	6	1	2
25	1	4	6	3	3
26	6	6	7	5	4
27	5	4	8	4	6
28	6	6	10	3	5
29	4	7	11	3	5
30	5	2	8	4	2

**Tabelle 34**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten B, sowie die begrenzenden Rasterlinien I, II, IV und VI für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Hier wurden zwei Variablen (Variable 44 und 31) zur eindeutigen Identifikation benötigt. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 32, 33 und 35) wurden grau abgeblendet.

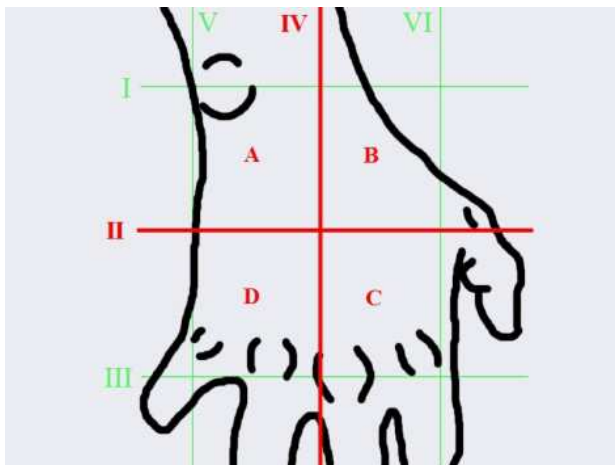
Proband P- 2009/	Variable			
	45	32	33	35
1	7	8	4	4
2	2	9	1	1
3	1	4	2	3
4	5	11	5	4
5	7	6	4	4
6	5	7	3	2
7	4	8	6	5
8	6	7	4	4
9	9	10	3	3
10	5	5	3	4
11	17	6	6	4
12	3	7	3	1
13	4	5	1	2
14	25	9	6	7
15	12	7	6	3
16	6	7	3	3
17	6	6	6	1
18	6	9	1	0
19	5	7	2	2
20	6	9	2	4
21	7	6	2	4
22	7	7	3	3
23	8	8	4	3
24	7	6	1	2
25	6	6	3	3
26	7	7	5	4
27	4	8	4	6
28	11	10	3	5
29	7	11	3	5
30	15	8	4	2

**Tabelle 35**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Verzweigungen im Quadranten C, sowie die begrenzenden Rasterlinien II, IV und VI für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Rasterlinie III wurde nicht in die Auswertung einbezogen. Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Nach drei Variablen (Variable 45, 32 und 33) war der Beispielproband eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 35) wurden grau abgeblendet.

### 3.3.2.4 Anzahl der Schnittpunkte mit den Hauptachsen des Rasters (Linien II und IV) und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten (A, B, C, D)

Der nächste Kombinationsschritt bestand aus den beiden Hauptachsen des Rasters, Linie II und IV als fixes Variablenpaar, zu dem zunächst jeweils einer der Quadranten A, B, C oder D geschichtet wurde [Abb. 35].



**Abb. 35**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen, bestehend aus den Anzahlen der Venenschnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D, die in alphabetischer Reihenfolge hinzu geschichtet wurden.

Wie zu erwarten war, konnte allein mit den Variablenwerten der Linien II und IV keine eindeutige Identifikation der Probanden in irgendeiner der Aufnahmetechniken gelingen [Tabelle 36 und 37]. Unter Hinzufügen einer weiteren Variable konnte nur in zwei Fällen eine eindeutige Unterscheidung der Probanden mittels dieser drei Variablen erfolgen, nämlich beide Male in Infrarotaufnahmen: Linksseitig mit Kombination II/IV/B (Variable 8, 9 und 20), sowie rechtsseitig mit der Variablenkombination II/IV/C (Variable 32, 33 und 45) [Tabelle 38a und b].

Anschließend wurden alle Möglichkeiten eines Quadrantenpaares zu II und IV hinzu geschichtet. In den linken konventionellen Farbaufnahmen konnte hier in drei Fällen eine eindeutige Probandenidentifikation erfolgen, nämlich in den Variablenkombinationen II/IV/A/D, II/IV/B/D und II/IV/C/D. Auch rechts war bei drei Kombinationen der Farbaufnahmen eine Identifikation erfolgreich: bei II/IV/A/B, II/IV/B/C und II/IV/B/D.

Unter Verwendung von 5 Variablen verblieben in den konventionellen Farbaufnahmen bei den nicht eindeutigen Variablenkombinationen links und rechts jeweils ein Probandenpaar mit übereinstimmender Wertefolge.

Eine sichere Identifikation eines Probanden war in den Farbaufnahmen auf beiden Seiten erst unter Verwendung aller 6 möglichen Variablen möglich [Tabelle 39 und 40].

Proband P-2009/	Variable	
	2	3
1	8	3
2	4	0
3	4	3
4	7	3
5	4	1
6	6	4
7	7	2
8	8	3
9	6	3
10	6	3
11	8	3
12	5	8
13	6	1
14	7	5
15	6	3
16	8	3
17	4	2
18	5	2
19	4	3
20	6	3
21	5	3
22	8	5
23	6	3
24	3	3
25	3	2
26	7	5
27	6	5
28	8	4
29	6	1
30	8	6

Proband P-2009/	Variable	
	26	27
1	7	4
2	2	0
3	4	4
4	4	3
5	4	3
6	8	3
7	7	2
8	8	4
9	10	4
10	5	2
11	5	2
12	8	4
13	5	2
14	5	5
15	8	5
16	7	4
17	7	4
18	9	3
19	8	5
20	6	2
21	7	1
22	8	2
23	3	2
24	4	4
25	4	2
26	9	5
27	7	4
28	8	4
29	7	4
30	6	2

**Tabelle 36**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die konventionellen Farbaufnahmen der linken und rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind wiederum blau unterlegt. Er konnte auf dem linken Handrücken durch die zwei Variablen (Variable 2 und 3) identifiziert werden. Auf der rechten Seite (Variable 26 und 27) zeigte er identische Werte wie P-2009/4. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet. Probanden, die anhand der gewählten Variablen nicht identifiziert werden konnte, wurden rot unterlegt.

Proband P-2009/	Variable		Proband P-2009/	Variable	
	8	9		32	33
1	6	5	1	8	4
2	4	1	2	9	1
3	4	3	3	4	2
4	8	6	4	11	5
5	3	1	5	6	4
6	8	2	6	7	3
7	8	3	7	8	6
8	7	1	8	7	4
9	5	3	9	10	3
10	6	5	10	5	3
11	6	1	11	6	6
12	7	4	12	7	3
13	5	4	13	5	1
14	6	3	14	9	6
15	7	3	15	7	6
16	5	3	16	7	3
17	7	4	17	6	6
18	5	4	18	9	1
19	6	2	19	7	2
20	7	2	20	9	2
21	9	3	21	6	2
22	11	6	22	7	3
23	7	3	23	8	4
24	5	2	24	6	1
25	6	1	25	6	3
26	8	2	26	7	5
27	10	5	27	8	4
28	9	2	28	10	3
29	11	4	29	11	3
30	9	4	30	8	4

**Tabelle 37**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die Infrarot-Aufnahmen der linken und rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er konnte auf beiden Seiten mittels der beiden Variablen (Variable 8 und 9 bzw. 32 und 33) eindeutig identifiziert werden. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet. Probanden, die anhand der gewählten Variablen nicht differenziert werden konnte, wurden rot unterlegt.

Proband P- 2009/	Variable		
	8	9	20
1	6	5	6
2	4	1	0
3	4	3	2
4	8	6	7
5	3	1	1
6	8	2	2
7	8	3	3
8	7	1	4
9	5	3	5
10	6	5	8
11	6	1	2
12	7	4	7
13	5	4	4
14	6	3	2
15	7	3	1
16	5	3	1
17	7	4	5
18	5	4	7
19	6	2	8
20	7	2	2
21	9	3	5
22	11	6	6
23	7	3	0
24	5	2	2
25	6	1	0
26	8	2	4
27	10	5	8
28	9	2	4
29	11	4	10
30	9	4	6

**Tabelle 38a**

Proband P- 2009/	Variable		
	32	33	45
1	8	4	7
2	9	1	2
3	4	2	1
4	11	5	5
5	6	4	7
6	7	3	5
7	8	6	4
8	7	4	6
9	10	3	9
10	5	3	5
11	6	6	17
12	7	3	3
13	5	1	4
14	9	6	25
15	7	6	12
16	7	3	6
17	6	6	6
18	9	1	6
19	7	2	5
20	9	2	6
21	6	2	7
22	7	3	7
23	8	4	8
24	6	1	7
25	6	3	6
26	7	5	7
27	8	4	4
28	10	3	11
29	11	3	7
30	8	4	15

**38b**

**Tabelle 38a:** Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie die Zahl der Verzweigungen im Quadranten B für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand.

**Tabelle 38b:** Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie die Zahl der Verzweigungen im Quadranten C für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand dargestellt (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war bereits in der Variablenkombination zuvor mit nur zwei Variablen eindeutig identifiziert worden (siehe Tabelle 37). Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable					
	2	3	14	15	16	17
1	8	3	3	2	3	3
2	4	0	0	0	0	0
3	4	3	2	0	0	6
4	7	3	7	1	2	1
5	4	1	1	1	1	2
6	6	4	3	1	1	1
7	7	2	1	2	0	8
8	8	3	9	4	4	6
9	6	3	4	4	6	6
10	6	3	2	0	3	11
11	8	3	2	2	4	5
12	5	8	7	7	4	10
13	6	1	2	3	5	3
14	7	5	4	1	2	11
15	6	3	3	3	2	3
16	8	3	1	5	2	5
17	4	2	1	1	5	2
18	5	2	1	5	4	4
19	4	3	4	5	5	9
20	6	3	5	2	1	4
21	5	3	3	2	3	6
22	8	5	6	3	4	8
23	6	3	5	2	1	8
24	3	3	1	0	5	3
25	3	2	3	0	0	6
26	7	5	3	4	5	1
27	6	5	4	3	6	5
28	8	4	7	0	3	5
29	6	1	2	3	3	6
30	8	6	7	2	4	4

**Tabelle 39**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war, analog zu Tabelle 36, bereits durch zwei Variablen (Variable 2 und 3) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 14, 15, 16 und 17) wurden grau abgeblendet.



Proband P- 2009/	Variable					
	26	27	38	39	40	41
1	7	4	4	1	4	4
2	2	0	0	1	0	1
3	4	4	3	3	1	4
4	4	3	1	2	4	5
5	4	3	2	0	1	1
6	8	3	7	1	3	6
7	7	2	0	1	4	6
8	8	4	5	8	2	6
9	10	4	2	5	9	3
10	5	2	5	1	7	12
11	5	2	3	1	4	4
12	8	4	3	2	3	9
13	5	2	4	0	2	3
14	5	5	2	6	1	6
15	8	5	1	7	3	3
16	7	4	3	2	2	8
17	7	4	4	0	4	6
18	9	3	3	3	5	2
19	8	5	3	4	13	5
20	6	2	1	8	0	5
21	7	1	0	1	1	4
22	8	2	12	5	8	2
23	3	2	1	0	2	2
24	4	4	3	0	4	2
25	4	2	4	0	3	4
26	9	5	3	6	3	2
27	7	4	7	3	6	5
28	8	4	5	4	4	7
29	7	4	4	4	4	6
30	6	2	1	3	4	3

**Tabelle 40**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er konnte durch drei Variablen (Variable 26, 27 und 38) eindeutig identifiziert werden. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 39, 40 und 41) wurden grau abgeblendet.

In den Infrarotaufnahmen erfolgte linksseitig durch Hinzufügen der 4. Variable in allen Kombinationen eine eindeutige Identifikation der Probanden, allein auf der rechten Seite konnte in der Kombination II/IV/A/B das Probandenpaar P-2009/1 und /23 nicht identifiziert

werden. Durch Zuschichtung einer 5. Variablen, also der Anzahl an Verzweigungen innerhalb des Quadranten C bzw. D, konnte eine eindeutige Identifikation erfolgen.

Unter Verwendung aller sechs Variablen traten beidseits bei beiden Aufnahmeverfahren keine doppelten Häufigkeiten auf [Tabelle. 39, 40, 41 und 42].

Proband P- 2009/	Variable					
	8	9	19	20	21	22
1	6	5	3	6	1	2
2	4	1	1	0	3	1
3	4	3	2	2	3	2
4	8	6	15	7	5	23
5	3	1	1	1	1	1
6	8	2	4	2	2	2
7	8	3	4	3	3	5
8	7	1	6	4	8	8
9	5	3	0	5	12	17
10	6	5	6	8	4	18
11	6	1	0	2	7	5
12	7	4	5	7	5	2
13	5	4	4	4	6	7
14	6	3	1	2	5	0
15	7	3	4	1	9	4
16	5	3	3	1	3	4
17	7	4	7	5	6	6
18	5	4	4	7	2	2
19	6	2	4	8	3	10
20	7	2	3	2	5	4
21	9	3	2	5	5	8
22	11	6	11	6	10	18
23	7	3	5	0	7	13
24	5	2	1	2	11	9
25	6	1	5	0	7	9
26	8	2	7	4	1	2
27	10	5	8	8	13	13
28	9	2	4	4	10	8
29	11	4	13	10	9	13
30	9	4	6	6	8	8

**Tabelle 41**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wurde, analog zu Tabelle 37, schon durch die erste Variable (Variable 8) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9, 19, 20, 21 und 22) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable					
	32	33	43	44	45	46
1	8	4	3	4	7	4
2	9	1	2	5	2	1
3	4	2	11	2	1	2
4	11	5	7	9	5	3
5	6	4	1	2	7	9
6	7	3	8	6	5	5
7	8	6	2	2	4	7
8	7	4	6	2	6	5
9	10	3	9	3	9	6
10	5	3	11	3	5	2
11	6	6	9	7	17	7
12	7	3	5	5	3	5
13	5	1	4	1	4	2
14	9	6	3	12	25	3
15	7	6	2	7	12	2
16	7	3	5	7	6	2
17	6	6	6	2	6	5
18	9	1	3	4	6	3
19	7	2	6	3	5	2
20	9	2	5	5	6	5
21	6	2	4	4	7	2
22	7	3	12	4	7	4
23	8	4	3	4	8	8
24	6	1	1	0	7	5
25	6	3	6	1	6	5
26	7	5	5	6	7	7
27	8	4	5	5	4	5
28	10	3	7	6	11	8
29	11	3	7	4	7	7
30	8	4	2	5	15	11

**Tabelle 42**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er konnte, analog zu Tabelle 37, bereits durch zwei Variablen (Variable 32 und 33) eindeutig identifiziert werden. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 43, 44, 45 und 46) wurden grau abgeblendet.

Ferner wurde zu den Rasterlinien II und IV einmalig die Gesamtzahl aller Verzweigungen in allen Quadranten A, B, C und D geschichtet. In den linken Farbaufnahmen verblieben zwei nicht eindeutige Probandenpärchen, nämlich P-2009/11 und /16, sowie P-2009/10 und /23. Hier war also mithilfe dieser drei Variablen keine eindeutige Identifikation aller Probanden

möglich. Der Beispielproband P-2009/5 war in dieser Variablenkombination bereits nach zwei Variablen eindeutig identifizierbar [Tabelle 43].

Proband P-2009/	Variable		
	2	3	18
1	8	3	11
2	4	0	0
3	4	3	8
4	7	3	11
5	4	1	5
6	6	4	6
7	7	2	11
8	8	3	23
9	6	3	20
10	6	3	16
11	8	3	13
12	5	8	28
13	6	1	13
14	7	5	18
15	6	3	11
16	8	3	13
17	4	2	9
18	5	2	14
19	4	3	23
20	6	3	12
21	5	3	14
22	8	5	21
23	6	3	16
24	3	3	9
25	3	2	9
26	7	5	13
27	6	5	18
28	8	4	15
29	6	1	14
30	8	6	17

**Tabelle 43**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war, analog zu Tabelle 36, durch zwei Variablen (Variable 2 und 3), eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet. Rot unterlegt wurden Probanden, die aufgrund der Wertefolge nicht eindeutig unterschieden werden konnten.

Rechtsseitig konnte in beiden Aufnahmeverfahren eine Identifikation mittels dieser drei Variablen erfolgen, ebenso in den linksseitigen Infrarotaufnahmen [Tabelle 44, 45 und 46].

Proband P- 2009/	Variable		
	26	27	42
1	7	4	13
2	2	0	2
3	4	4	11
4	4	3	12
5	4	3	4
6	8	3	17
7	7	2	11
8	8	4	21
9	10	4	19
10	5	2	25
11	5	2	12
12	8	4	17
13	5	2	9
14	5	5	15
15	8	5	14
16	7	4	15
17	7	4	14
18	9	3	13
19	8	5	25
20	6	2	14
21	7	1	6
22	8	2	27
23	3	2	5
24	4	4	9
25	4	2	11
26	9	5	14
27	7	4	21
28	8	4	20
29	7	4	18
30	6	2	11

**Tabelle 44**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wurde durch drei Variablen (Variable 26, 27 und 42) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable		
	8	9	23
1	6	5	12
2	4	1	5
3	4	3	9
4	8	6	50
5	3	1	4
6	8	2	10
7	8	3	15
8	7	1	26
9	5	3	34
10	6	5	36
11	6	1	14
12	7	4	19
13	5	4	21
14	6	3	8
15	7	3	18
16	5	3	11
17	7	4	24
18	5	4	15
19	6	2	25
20	7	2	14
21	9	3	20
22	11	6	45
23	7	3	25
24	5	2	23
25	6	1	21
26	8	2	14
27	10	5	42
28	9	2	26
29	11	4	45
30	9	4	28

**Tabelle 45**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war, analog zu Tabelle 37, durch die erste Variable (Variable 8), eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9 und 23) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable		
	32	33	47
1	8	4	18
2	9	1	10
3	4	2	16
4	11	5	24
5	6	4	19
6	7	3	24
7	8	6	15
8	7	4	19
9	10	3	27
10	5	3	21
11	6	6	40
12	7	3	18
13	5	1	11
14	9	6	43
15	7	6	23
16	7	3	20
17	6	6	19
18	9	1	16
19	7	2	16
20	9	2	21
21	6	2	17
22	7	3	27
23	8	4	23
24	6	1	13
25	6	3	18
26	7	5	25
27	8	4	19
28	10	3	32
29	11	3	25
30	8	4	33

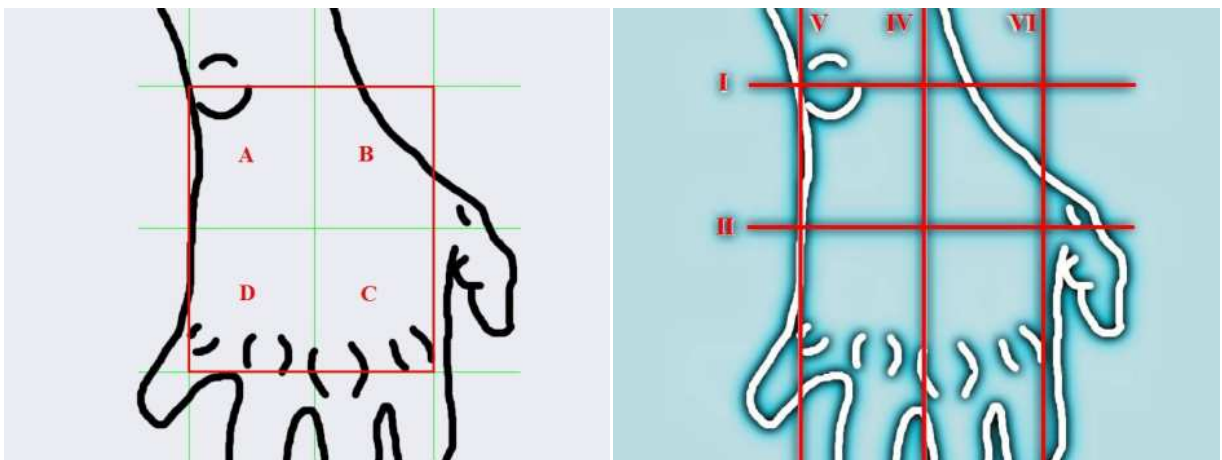
**Tabelle 46**

Variablenwerte aller Probanden für die Zahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie der Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Seine eindeutige Identifikation gelang, analog zu Tabelle 37, nach zwei Variablen (Variable 32 und 33). Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 47) wurden grau abgeblendet.

### 3.3.2.5 Kombination aus Variablen beider Aufnahmetechniken

#### 3.3.2.5.1 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Aufnahmetechnik sowie die Schnittpunkte mit den Rasterlinien der jeweils anderen Aufnahmetechnik

Im nächsten Vergleich wurde die Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D mit der Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I-VI in der jeweils anderen Aufnahmetechnik kombiniert [Abb. 36].



**Abb. 36**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Zu der Gesamtzahl aller Venenverzweigungen in den Quadranten A, B, C und D (links) werden die Anzahlen der Schnittpunkte mit den Rasterlinien in der jeweils anderen Aufnahmetechnik (rechts) in aufsteigender Reihenfolge hinzu geschichtet.

Begonnen wurde mit der linken Seite mit der Variable „Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell“ (Variable 48). Hier konnte bereits nach Kombination mit den Rasterlinien I und II der Infrarotaufnahmen (Variable 7 und 8) eine eindeutige Identifikation erfolgen [Tabelle 47].

Anschließend erfolgte die gleiche Aufreihung mit umgekehrten Aufnahmeverfahren. Auch hier wurde eine Identifikation durch Kombination mit den Linien I und II (Variable 1 und 2) erreicht [Tabelle 48].



Proband P- 2009/	Variable		
	18	7	8
1	11	4	6
2	0	0	4
3	8	3	4
4	11	4	8
5	5	2	3
6	6	4	8
7	11	1	8
8	23	4	7
9	20	2	5
10	16	3	6
11	13	0	6
12	28	4	7
13	13	5	5
14	18	4	6
15	11	4	7
16	13	2	5
17	9	2	7
18	14	4	5
19	23	2	6
20	12	2	7
21	14	4	9
22	21	5	11
23	16	3	7
24	9	3	5
25	9	4	6
26	13	4	8
27	18	7	10
28	15	6	9
29	14	7	11
30	17	5	9

**Tabelle 47**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I und II für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war bereits durch die erste Variable (Variable 18) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 7 und 8) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable		
	23	1	2
1	12	4	8
2	5	2	4
3	9	0	4
4	50	2	7
5	4	2	4
6	10	2	6
7	15	3	7
8	26	2	8
9	34	3	6
10	36	1	6
11	14	0	8
12	19	6	5
13	21	3	6
14	8	3	7
15	18	3	6
16	11	2	8
17	24	1	4
18	15	4	5
19	25	3	4
20	14	5	6
21	20	2	5
22	45	4	8
23	25	3	6
24	23	2	3
25	21	1	3
26	14	5	7
27	42	4	6
28	26	4	8
29	45	5	6
30	28	1	8

**Tabelle 48**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I und II für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war durch die erste Variable (Variable 23) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 1 und 2) wurden grau abgeblendet.

Auf der rechten Seite wurde gleichartig verfahren: Bei der Variable „Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell“ (Variable 42) und den hinzu geschichteten Linien wurde eine Identifikation ebenso nach den Linien I und II (Variable 31 und 32) erreicht [Tabelle 49].

Proband P- 2009/	Variable		
	42	31	32
1	13	6	8
2	2	1	9
3	11	5	4
4	12	2	11
5	4	2	6
6	17	2	7
7	11	1	8
8	21	5	7
9	19	3	10
10	25	4	5
11	12	3	6
12	17	5	7
13	9	2	5
14	15	3	9
15	14	5	7
16	15	4	7
17	14	3	6
18	13	5	9
19	25	6	7
20	14	2	9
21	6	3	6
22	27	6	7
23	5	2	8
24	9	2	6
25	11	4	6
26	14	6	7
27	21	4	8
28	20	6	10
29	18	7	11
30	11	2	8

**Tabelle 49**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I und II für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt und zeigen auch hier eine eindeutige Identifikation durch die erste Variable (Variable 42). Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 31 und 32) wurden grau abgeblendet.

In der entgegengesetzten Aufreihung, also beginnend mit der Variable „Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot“ (Variable 47) wurde erst eine Unterscheidung der Probanden nach Kombination mit allen Rasterlinien I, II, IV, V und VI (Variable 25 bis 29) möglich. Hier verblieb bis zu Linie V das Probandenpärchen P-2009/17 und /27 [Tabelle 50].

Proband P- 2009/	Variable					
	47	25	26	27	28	29
1	18	3	7	4	0	3
2	10	1	2	0	0	2
3	16	2	4	4	0	3
4	24	0	4	3	0	1
5	19	0	4	3	0	2
6	24	4	8	3	0	3
7	15	3	7	2	0	4
8	19	5	8	4	0	2
9	27	3	10	4	0	3
10	21	2	5	2	4	3
11	40	1	5	2	1	2
12	18	3	8	4	1	1
13	11	2	5	2	0	3
14	43	3	5	5	0	1
15	23	2	8	5	0	2
16	20	3	7	4	1	2
17	19	2	7	4	1	1
18	16	4	9	3	0	0
19	16	4	8	5	0	3
20	21	2	6	2	0	1
21	17	2	7	1	0	2
22	27	5	8	2	0	2
23	23	3	3	2	1	3
24	13	2	4	4	1	2
25	18	2	4	2	0	1
26	25	5	9	5	0	4
27	19	2	7	4	1	4
28	32	6	8	4	0	2
29	25	4	7	4	0	3
30	33	3	6	2	1	2

**Tabelle 50**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war bereits durch zwei Variablen (Variable 45 und 25) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen wurden grau abgeblendet. Das Probandenpaar P-2009/17 und P-2009/27 (rot unterlegt) konnte erst durch die letzte Variable voneinander unterschieden werden.

### 3.3.2.5.2 Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien I-VI der einen und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten der anderen Aufnahmetechnik

Als weitere systematische Variablenkombination wurde nun analog zum oben beschriebenen Vorgehen die Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Linien I-VI mit den Anzahlen der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D in der jeweils anderen Aufnahmetechnik kombiniert [Abb. 37].

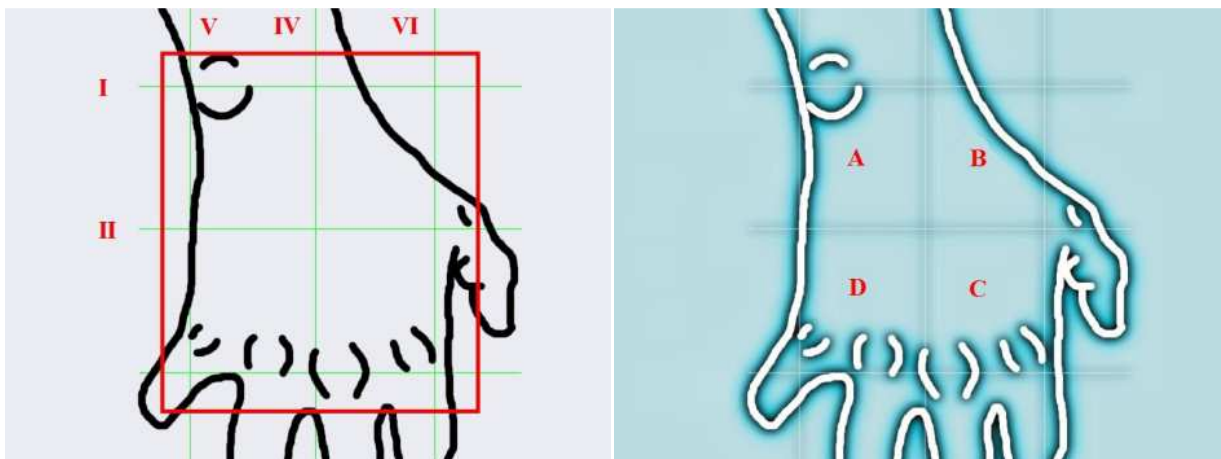


Abb. 37

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Zur Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI (links) werden die Anzahlen der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D in alphabetischer Reihenfolge im jeweils anderen Aufnahmeverfahren (rechts) hinzugeschichtet.

Auch hier wurde zunächst links mit der Variable „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell“ (Variable 6) begonnen und die Anzahl der Verzweigungen der Quadranten A, B, C und D der Infrarotaufnahmen hinzu geschichtet. Hier konnte schon mit drei Variablen, also „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell“, „Anzahl Verzweigungen A links infrarot“ (Variable 19) und „Anzahl Verzweigungen B links infrarot“ (Variable 20) eine eindeutige Unterscheidung der Probanden vorgenommen werden [Tabelle 51].

Gleiches galt für die vertauschten Aufnahmeverfahren, also mit „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot“ (Variable 12) als Startvariable. Auch hier reichte die Kombination mit den Quadranten A und B (Variable 14 und 15) für eine Identifikation aus [Tabelle 52].

Proband P- 2009/	Variable		
	6	19	20
1	17	3	6
2	8	1	0
3	9	2	2
4	13	15	7
5	9	1	1
6	14	4	2
7	16	4	3
8	15	6	4
9	16	0	5
10	15	6	8
11	12	0	2
12	23	5	7
13	11	4	4
14	17	1	2
15	15	4	1
16	17	3	1
17	8	7	5
18	15	4	7
19	15	4	8
20	16	3	2
21	11	2	5
22	21	11	6
23	16	5	0
24	12	1	2
25	7	5	0
26	19	7	4
27	22	8	8
28	17	4	4
29	16	13	10
30	19	6	6

**Tabelle 51**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er ist schon durch zwei Variablen (Variable 6 und 19) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 20) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable		
	12	14	15
1	16	3	2
2	8	0	0
3	11	2	0
4	23	7	1
5	8	1	1
6	16	3	1
7	17	1	2
8	15	9	4
9	14	4	4
10	16	2	0
11	8	2	2
12	19	7	7
13	14	2	3
14	16	4	1
15	18	3	3
16	14	1	5
17	15	1	1
18	15	1	5
19	14	4	5
20	14	5	2
21	20	3	2
22	29	6	3
23	17	5	2
24	14	1	0
25	13	3	0
26	18	3	4
27	28	4	3
28	20	7	0
29	30	2	3
30	23	7	2

**Tabelle 52**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Auch hier ist er nach zwei Variablen (Variable 12 und 14) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 15) wurden grau abgeblendet.

Auf der rechten Seite war gleichfalls die Kombination aus „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell“, „Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot“ und „Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot“ (Variable 30, 43 und 44) für eine Identifikation ausreichend [Tabelle 53].

Proband P- 2009/	Variable		
	30	43	44
1	17	3	4
2	5	2	5
3	13	11	2
4	8	7	9
5	9	1	2
6	18	8	6
7	16	2	2
8	19	6	2
9	20	9	3
10	16	11	3
11	11	9	7
12	17	5	5
13	12	4	1
14	14	3	12
15	17	2	7
16	17	5	7
17	15	6	2
18	16	3	4
19	20	6	3
20	11	5	5
21	12	4	4
22	17	12	4
23	12	3	4
24	13	1	0
25	9	6	1
26	23	5	6
27	18	5	5
28	20	7	6
29	18	7	4
30	14	2	5

**Tabelle 53**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er ist nach zwei Variablen (Variable 30 und 43) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 44) wurden grau abgeblendet.

Lediglich in der Schichtung mit der Startvariable „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot“ war die Anzahl der Verzweigungen in Quadrant C (Variable 40) zusätzlich notwendig, so dass hier vier Variablen zur Identifikation genutzt werden mussten [Tabelle 54].



Proband P- 2009/	Variable			
	36	38	39	40
1	23	4	1	4
2	12	0	1	0
3	16	3	3	1
4	22	1	2	4
5	16	2	0	1
6	15	7	1	3
7	22	0	1	4
8	20	5	8	2
9	21	2	5	9
10	21	5	1	7
11	21	3	1	4
12	19	3	2	3
13	10	4	0	2
14	26	2	6	1
15	21	1	7	3
16	18	3	2	2
17	19	4	0	4
18	16	3	3	5
19	17	3	4	13
20	17	1	8	0
21	15	0	1	1
22	19	12	5	8
23	18	1	0	2
24	14	3	0	4
25	16	4	0	3
26	22	3	6	3
27	24	7	3	6
28	27	5	4	4
29	26	4	4	4
30	19	1	3	4

**Tabelle 54**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B und C für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Auch hier war er durch zwei Variablen (Variable 36 und 38) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 39 und 40) wurden grau abgeblendet.

### 3.3.2.6 Kombination aus Variablen der rechten und linken Hand

Neben der Kombination der Aufnahmetechniken wurden auch Variablen der rechten und linken Hand miteinander verknüpft. Auch hier ergeben sich sehr viele Möglichkeiten. Daher wurden auch hier einige Beispielschichtungen vorgenommen.

#### 3.3.2.6.1 Anzahl Schnittpunkte mit den Hauptachsen des Rasters (Linien II und IV) der einen Hand und Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten der anderen Hand

Die nächste Schichtung bestand aus den Rasterlinien II und IV der einen Hand, zu denen die Quadranten A, B, C und D der anderen Hand in alphabetischer Reihenfolge geschichtet wurden [Abb. 38].

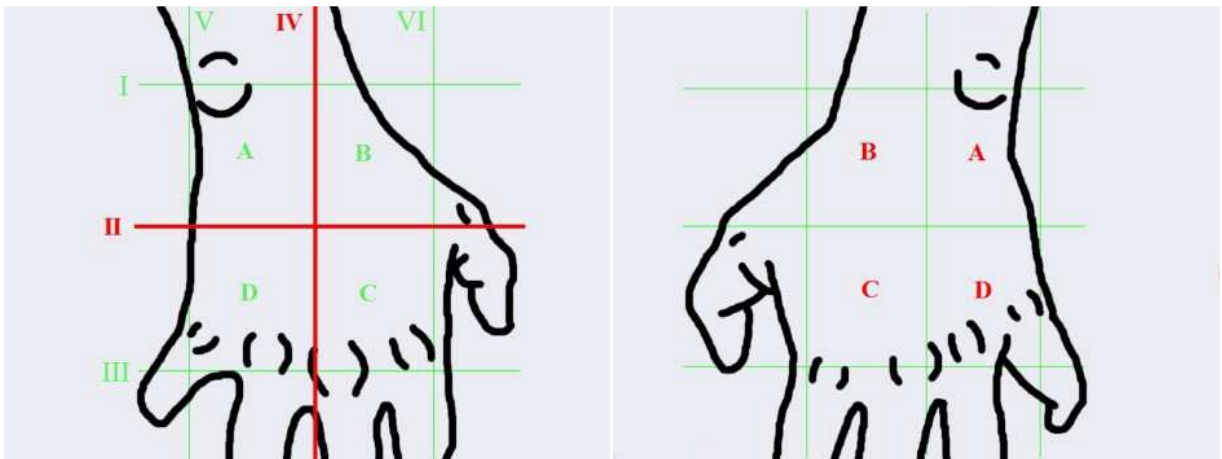


Abb. 38

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Zu der Anzahl der Venenschnittpunkte mit den Linien II und IV der einen Hand (hier rechte Hand) werden die Anzahlen der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D der anderen Hand (hier linke Hand) hinzu geschichtet.

Hier konnte in allen Kombinationen eine eindeutige Identifikation bereits durch die Quadranten A und B erfolgen [Tabelle 55, 56, 57 und 58].

Proband P- 2009/	Variable			
	2	3	38	39
1	8	3	4	1
2	4	0	0	1
3	4	3	3	3
4	7	3	1	2
5	4	1	2	0
6	6	4	7	1
7	7	2	0	1
8	8	3	5	8
9	6	3	2	5
10	6	3	5	1
11	8	3	3	1
12	5	8	3	2
13	6	1	4	0
14	7	5	2	6
15	6	3	1	7
16	8	3	3	2
17	4	2	4	0
18	5	2	3	3
19	4	3	3	4
20	6	3	1	8
21	5	3	0	1
22	8	5	12	5
23	6	3	1	0
24	3	3	3	0
25	3	2	4	0
26	7	5	3	6
27	6	5	7	3
28	8	4	5	4
29	6	1	4	4
30	8	6	1	3

**Tabelle 55**

Variablenwerte aller Probanden für die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war schon durch die ersten beiden Variablen (Variable 2 und 3) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 38 und 39) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	26	27	14	15
1	7	4	3	2
2	2	0	0	0
3	4	4	2	0
4	4	3	7	1
5	4	3	1	1
6	8	3	3	1
7	7	2	1	2
8	8	4	9	4
9	10	4	4	4
10	5	2	2	0
11	5	2	2	2
12	8	4	7	7
13	5	2	2	3
14	5	5	4	1
15	8	5	3	3
16	7	4	1	5
17	7	4	1	1
18	9	3	1	5
19	8	5	4	5
20	6	2	5	2
21	7	1	3	2
22	8	2	6	3
23	3	2	5	2
24	4	4	1	0
25	4	2	3	0
26	9	5	3	4
27	7	4	4	3
28	8	4	7	0
29	7	4	2	3
30	6	2	7	2

**Tabelle 56**

Variablenwerte aller Probanden für die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Hier war der Beispielproband nach drei Variablen (Variable 26, 27 und 14) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 15) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	8	9	43	44
1	6	5	3	4
2	4	1	2	5
3	4	3	11	2
4	8	6	7	9
5	3	1	1	2
6	8	2	8	6
7	8	3	2	2
8	7	1	6	2
9	5	3	9	3
10	6	5	11	3
11	6	1	9	7
12	7	4	5	5
13	5	4	4	1
14	6	3	3	12
15	7	3	2	7
16	5	3	5	7
17	7	4	6	2
18	5	4	3	4
19	6	2	6	3
20	7	2	5	5
21	9	3	4	4
22	11	6	12	4
23	7	3	3	4
24	5	2	1	0
25	6	1	6	1
26	8	2	5	6
27	10	5	5	5
28	9	2	7	6
29	11	4	7	4
30	9	4	2	5

**Tabelle 57**

Variablenwerte aller Probanden für die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wurde schon durch die erste Variable (Variable 8) identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9, 43 und 44) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	32	33	19	20
1	8	4	3	6
2	9	1	1	0
3	4	2	2	2
4	11	5	15	7
5	6	4	1	1
6	7	3	4	2
7	8	6	4	3
8	7	4	6	4
9	10	3	0	5
10	5	3	6	8
11	6	6	0	2
12	7	3	5	7
13	5	1	4	4
14	9	6	1	2
15	7	6	4	1
16	7	3	3	1
17	6	6	7	5
18	9	1	4	7
19	7	2	4	8
20	9	2	3	2
21	6	2	2	5
22	7	3	11	6
23	8	4	5	0
24	6	1	1	2
25	6	3	5	0
26	7	5	7	4
27	8	4	8	8
28	10	3	4	4
29	11	3	13	10
30	8	4	6	6

**Tabelle 58**

Variablenwerte aller Probanden für die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten A und B für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wurde durch zwei Variablen (Variable 32 und 33) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 19 und 20) wurden grau abgeblendet.

3.3.2.6.2 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Hand und Gesamtzahl aller Schnittpunkte mit den Rasterlinien, sowie Anzahl der Verzweigungen in den Quadranten ABCD der anderen Hand

Es folgte eine Kombination aus der Gesamtanzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I-VI der einen Hand mit der Gesamtanzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C, D der anderen Hand, sowie mit der Anzahl der Verzweigungen eines Quadranten derselben Hand [Abb. 39].

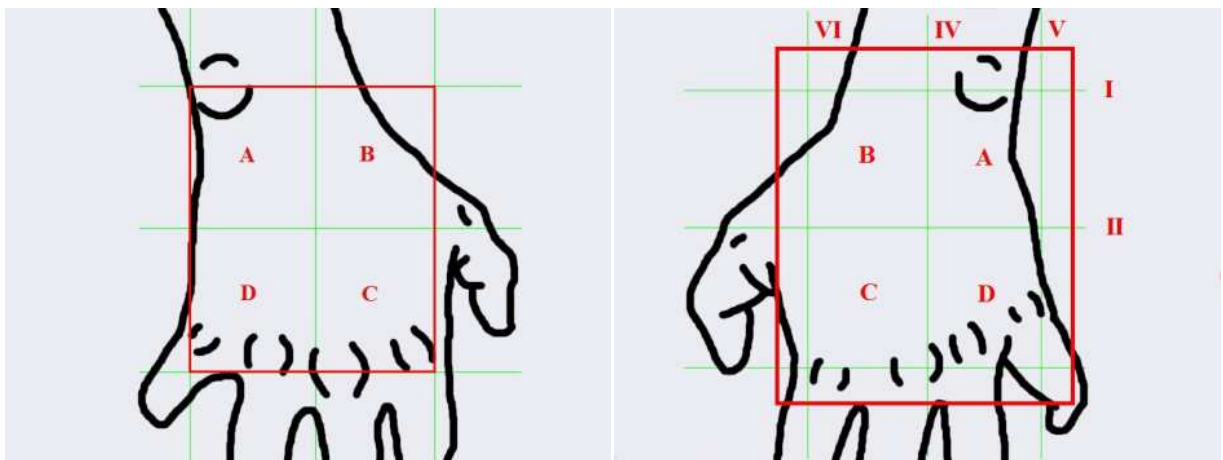


Abb. 39

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Zur Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D der einen Hand (hier rechte Hand) werden die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI, sowie die Anzahlen der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D der anderen Hand (hier linke Hand) hinzu geschichtet.

Hier konnte in den Kombinationen „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell/ Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell/ Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell, sowie mit der entsprechenden Variable der Quadranten B, C und D eine eindeutige Identifikation durchgeführt werden [Tabelle 59].

Gleiches galt für die Kombinationen „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot/ Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot/ Anzahl Verzweigungen A links infrarot bzw. mit den entsprechenden Variablen der Quadranten B, C, D [Tabelle 60].

Proband P- 2009/	Variable							
	6	42	38	39	40	41		
1	17	13	4	1	4	4		
2	8	2	0	1	0	1		
3	9	11	3	3	1	4		
4	13	12	1	2	4	5		
5	9	4	2	0	1	1		
6	14	17	7	1	3	6		
7	16	11	0	1	4	6		
8	15	21	5	8	2	6		
9	16	19	2	5	9	3		
10	15	25	5	1	7	12		
11	12	12	3	1	4	4		
12	23	17	3	2	3	9		
13	11	9	4	0	2	3		
14	17	15	2	6	1	6		
15	15	14	1	7	3	3		
16	17	15	3	2	2	8		
17	8	14	4	0	4	6		
18	15	13	3	3	5	2		
19	15	25	3	4	13	5		
20	16	14	1	8	0	5		
21	11	6	0	1	1	4		
22	21	27	12	5	8	2		
23	16	5	1	0	2	2		
24	12	9	3	0	4	2		
25	7	11	4	0	3	4		
26	19	14	3	6	3	2		
27	22	21	7	3	6	5		
28	17	20	5	4	4	7		
29	16	18	4	4	4	6		
30	19	11	1	3	4	3		

**Tabelle 59**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand, sowie die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D und die Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten (A, B, C oder D) für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war bereits durch zwei Variablen (Variable 6 und 42) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variablen 38 bis 41) wurden grau abgeblendet.



Proband P- 2009/	Variable						
	36	23	19	20	21	22	
1	23	12	3	6	1	2	
2	12	5	1	0	3	1	
3	16	9	2	2	3	2	
4	22	50	15	7	5	23	
5	16	4	1	1	1	1	
6	15	10	4	2	2	2	
7	22	15	4	3	3	5	
8	20	26	6	4	8	8	
9	21	34	0	5	12	17	
10	21	36	6	8	4	18	
11	21	14	0	2	7	5	
12	19	19	5	7	5	2	
13	10	21	4	4	6	7	
14	26	8	1	2	5	0	
15	21	18	4	1	9	4	
16	18	11	3	1	3	4	
17	19	24	7	5	6	6	
18	16	15	4	7	2	2	
19	17	25	4	8	3	10	
20	17	14	3	2	5	4	
21	15	20	2	5	5	8	
22	19	45	11	6	10	18	
23	18	25	5	0	7	13	
24	14	23	1	2	11	9	
25	16	21	5	0	7	9	
26	22	14	7	4	1	2	
27	24	42	8	8	13	13	
28	27	26	4	4	10	8	
29	26	45	13	10	9	13	
30	19	28	6	6	8	8	

**Tabelle 60**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand, sowie die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D und die Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten (A, B, C oder D) für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Auch hier wurde der Beispielproband durch zwei Variablen (Variable 36 und 23) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 19 bis 22) wurden grau abgeblendet.

In der Kombination „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/ Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell/ Anzahl Verzweigungen A links konventionell“, sowie in der Kombination mit der Variable aus Quadrant D traten jeweils eine Doublette auf, so dass keine eindeutige Zuordnung möglich war. Beide Doubletten wurden durch das Probandenpaar P-2009/1 und /15 gebildet. Der Beispielproband P-2009/5 war in allen Kombinationen eindeutig identifizierbar [Tabelle 61].

Proband P-2009/	Variable							
	30	18	14	15	16	17		
1	17	11	3	2	3	3		
2	5	0	0	0	0	0		
3	13	8	2	0	0	6		
4	8	11	7	1	2	1		
5	9	5	1	1	1	2		
6	18	6	3	1	1	1		
7	16	11	1	2	0	8		
8	19	23	9	4	4	6		
9	20	20	4	4	6	6		
10	16	16	2	0	3	11		
11	11	13	2	2	4	5		
12	17	28	7	7	4	10		
13	12	13	2	3	5	3		
14	14	18	4	1	2	11		
15	17	11	3	3	2	3		
16	17	13	1	5	2	5		
17	15	9	1	1	5	2		
18	16	14	1	5	4	4		
19	20	23	4	5	5	9		
20	11	12	5	2	1	4		
21	12	14	3	2	3	6		
22	17	21	6	3	4	8		
23	12	16	5	2	1	8		
24	13	9	1	0	5	3		
25	9	9	3	0	0	6		
26	23	13	3	4	5	1		
27	18	18	4	3	6	5		
28	20	15	7	0	3	5		
29	18	14	2	3	3	6		
30	14	17	7	2	4	4		

**Tabelle 61**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand, sowie die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D und die Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten (A, B, C oder D) für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er konnte durch die ersten beiden Variablen (Variable 30 und 18) identifiziert werden. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 14 bis 17) wurden grau abgeblendet. Rot unterlegt wurde das Probandenpaar P-2009/1 und /15, welches in den Variablenkombinationen mit Quadrant A und D nicht unterschieden werden konnte.

Ähnliches wurde in der Kombination „Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot/ Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot/ Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot“ bzw. mit den entsprechenden Variablen der übrigen Quadranten B, C, D für alle Schichtungen beobachtet. Hier verblieb in den vier Schichtungen jeweils eine Doublette. Auch hier wurden alle vier Doubletten durch ein Probandenpärchen gebildet, nämlich P-2009/8 und /17. Auch hier konnte der Beispielproband P-2009/5 in allen Variablenkombinationen eindeutig identifiziert werden [Tabelle 62].

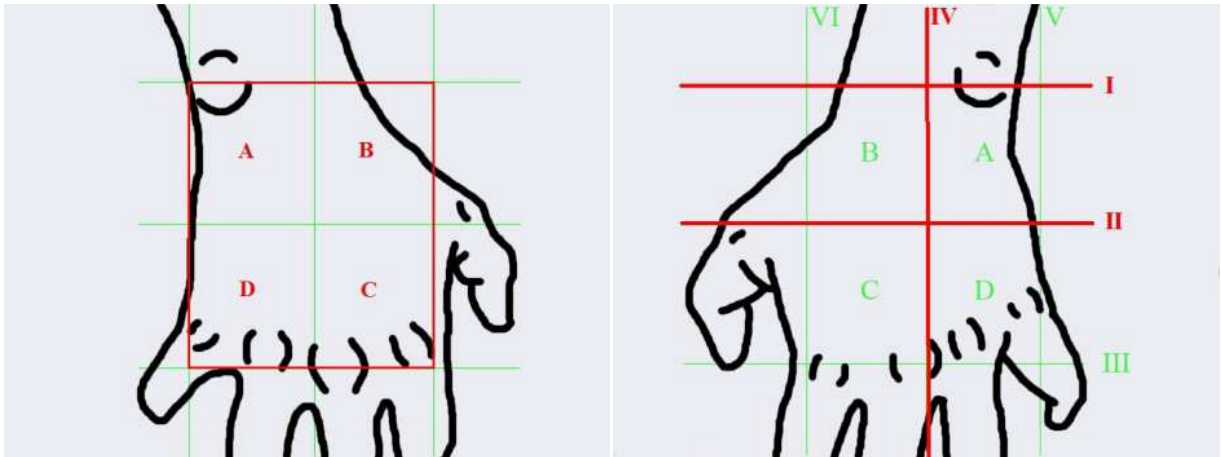
Proband P-2009/	Variable							
	12	47	43	44	45	46		
1	16	18	3	4	7	4		
2	8	10	2	5	2	1		
3	11	16	11	2	1	2		
4	23	24	7	9	5	3		
5	8	19	1	2	7	9		
6	16	24	8	6	5	5		
7	17	15	2	2	4	7		
8	15	19	6	2	6	5		
9	14	27	9	3	9	6		
10	16	21	11	3	5	2		
11	8	40	9	7	17	7		
12	19	18	5	5	3	5		
13	14	11	4	1	4	2		
14	16	43	3	12	25	3		
15	18	23	2	7	12	2		
16	14	20	5	7	6	2		
17	15	19	6	2	6	5		
18	15	16	3	4	6	3		
19	14	16	6	3	5	2		
20	14	21	5	5	6	5		
21	20	17	4	4	7	2		
22	29	27	12	4	7	4		
23	17	23	3	4	8	8		
24	14	13	1	0	7	5		
25	13	18	6	1	6	5		
26	18	25	5	6	7	7		
27	28	19	5	5	4	5		
28	20	32	7	6	11	8		
29	30	25	7	4	7	7		
30	23	33	2	5	15	11		

**Tabelle 62**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II, IV, V und VI für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand, sowie die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D und die Anzahl der Verzweigungen in einem Quadranten (A, B, C oder D) für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Auch hier wurde er durch die beiden ersten Variablen (Variable 12 und 47) eindeutig identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 43 bis 46) wurden grau abgeblendet. Das Probandenpaar P-2009/8 und /17 konnte in allen Kombinationen nicht eindeutig unterschieden werden. Diese Wertefolgen sind rot unterlegt wiedergegeben.

### 3.3.2.6.3 Gesamtzahl aller Verzweigungen in den Quadranten ABCD der einen Hand und Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV der anderen Hand

Abschließend wurde den Variablen „Gesamtzahl Verzweigungen ABCD“ in der jeweiligen Aufnahmetechnik die Rasterlinien I, II und IV der anderen Hand in der gleichen Aufnahmetechnik zugeordnet [Abb. 40].



**Abb. 40**

Schematische Darstellung der geschichteten Variablen. Zu der Gesamtzahl der Venenverzweigungen in den Quadranten A, B, C und D der einen Hand (hier rechte Hand) werden die Anzahlen der Schnittpunkte mit den Rasterlinien II und IV, sowie I der anderen Hand (hier linke Hand) hinzu geschichtet.

Hier konnten in zwei Schichtungen (Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell/ Schnittpunkte I rechts konventionell/ Schnittpunkte II rechts konventionell/ Schnittpunkte IV rechts konventionell, sowie Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot/ Schnittpunkte I links infrarot/ Schnittpunkte II links infrarot/ Schnittpunkte IV links infrarot) durch vier Variablen eine eindeutige Zuordnung der Probanden erfolgen [Tabelle 63 und 64].

Eine Schichtung erforderte dafür nur drei Variablen (Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell/ Schnittpunkte I links konventionell/ Schnittpunkte II links konventionell) [Tabelle 65].

Die letzte Schichtung, beginnend mit der Variablen „Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot“ erforderte sogar nur eine weitere Variablen (Schnittpunkte I rechts infrarot) [Tabelle 66].

Proband P- 2009/	Variable			
	18	25	26	27
1	11	3	7	4
2	0	1	2	0
3	8	2	4	4
4	11	0	4	3
5	5	0	4	3
6	6	4	8	3
7	11	3	7	2
8	23	5	8	4
9	20	3	10	4
10	16	2	5	2
11	13	1	5	2
12	28	3	8	4
13	13	2	5	2
14	18	3	5	5
15	11	2	8	5
16	13	3	7	4
17	9	2	7	4
18	14	4	9	3
19	23	4	8	5
20	12	2	6	2
21	14	2	7	1
22	21	5	8	2
23	16	3	3	2
24	9	2	4	4
25	9	2	4	2
26	13	5	9	5
27	18	2	7	4
28	15	6	8	4
29	14	4	7	4
30	17	3	6	2

**Tabelle 63**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er war durch eine Variable (Variable 18) identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 25 bis 27) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	47	7	8	9
1	18	4	6	5
2	10	0	4	1
3	16	3	4	3
4	24	4	8	6
5	19	2	3	1
6	24	4	8	2
7	15	1	8	3
8	19	4	7	1
9	27	2	5	3
10	21	3	6	5
11	40	0	6	1
12	18	4	7	4
13	11	5	5	4
14	43	4	6	3
15	23	4	7	3
16	20	2	5	3
17	19	2	7	4
18	16	4	5	4
19	16	2	6	2
20	21	2	7	2
21	17	4	9	3
22	27	5	11	6
23	23	3	7	3
24	13	3	5	2
25	18	4	6	1
26	25	4	8	2
27	19	7	10	5
28	32	6	9	2
29	25	7	11	4
30	33	5	9	4

**Tabelle 64**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Nach drei Variablen (Variable 47, 7 und 8) war er identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 9) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	42	1	2	3
1	13	4	8	3
2	2	2	4	0
3	11	0	4	3
4	12	2	7	3
5	4	2	4	1
6	17	2	6	4
7	11	3	7	2
8	21	2	8	3
9	19	3	6	3
10	25	1	6	3
11	12	0	8	3
12	17	6	5	8
13	9	3	6	1
14	15	3	7	5
15	14	3	6	3
16	15	2	8	3
17	14	1	4	2
18	13	4	5	2
19	25	3	4	3
20	14	5	6	3
21	6	2	5	3
22	27	4	8	5
23	5	3	6	3
24	9	2	3	3
25	11	1	3	2
26	14	5	7	5
27	21	4	6	5
28	20	4	8	4
29	18	5	6	1
30	11	1	8	6

**Tabelle 65**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die konventionellen Farbaufnahmen der rechten Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV für die konventionellen Farbaufnahmen der linken Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Er wurde durch die erste Variable (Variable 42) bereits identifiziert. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 1 bis 3) wurden grau abgeblendet.

Proband P- 2009/	Variable			
	23	31	32	33
1	12	6	8	4
2	5	1	9	1
3	9	5	4	2
4	50	2	11	5
5	4	2	6	4
6	10	2	7	3
7	15	1	8	6
8	26	5	7	4
9	34	3	10	3
10	36	4	5	3
11	14	3	6	6
12	19	5	7	3
13	21	2	5	1
14	8	3	9	6
15	18	5	7	6
16	11	4	7	3
17	24	3	6	6
18	15	5	9	1
19	25	6	7	2
20	14	2	9	2
21	20	3	6	2
22	45	6	7	3
23	25	2	8	4
24	23	2	6	1
25	21	4	6	3
26	14	6	7	5
27	42	4	8	4
28	26	6	10	3
29	45	7	11	3
30	28	2	8	4

**Tabelle 66**

Variablenwerte aller Probanden für die Gesamtzahl der Verzweigungen in den Quadranten A, B, C und D für die Infrarot-Aufnahmen der linken Hand, sowie die Anzahl der Schnittpunkte mit den Rasterlinien I, II und IV für die Infrarot-Aufnahmen der rechten Hand (*Variablenlabels* sind der Tabelle 10 zu entnehmen). Die Werte für Beispielproband P-2009/5 sind blau unterlegt. Auch hier war er nach der ersten Variable (Variable 23) eindeutig identifizierbar. Differierende Variablenwerte bzw. nicht benötigte Variablen (hier Variable 31 bis 33) wurden grau abgeblendet.

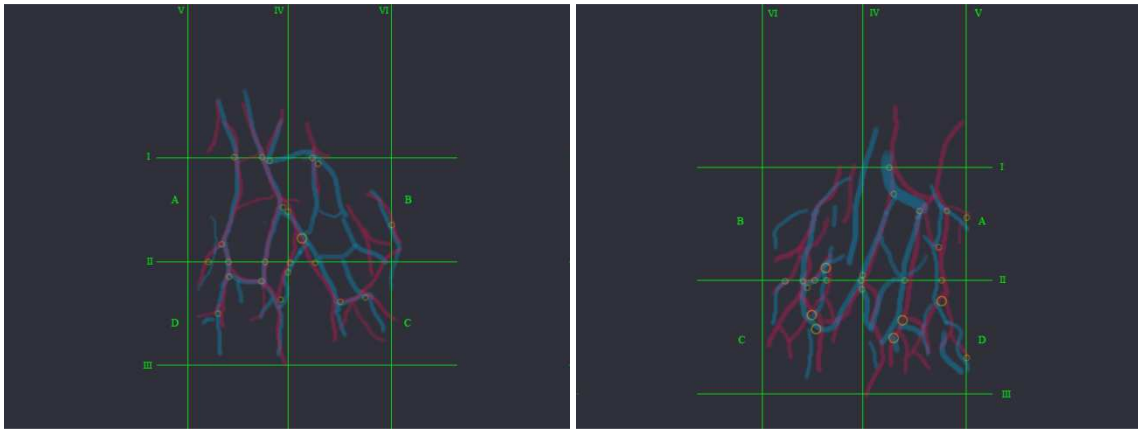


### 3.3.3 Zusammenfassung der Befunde

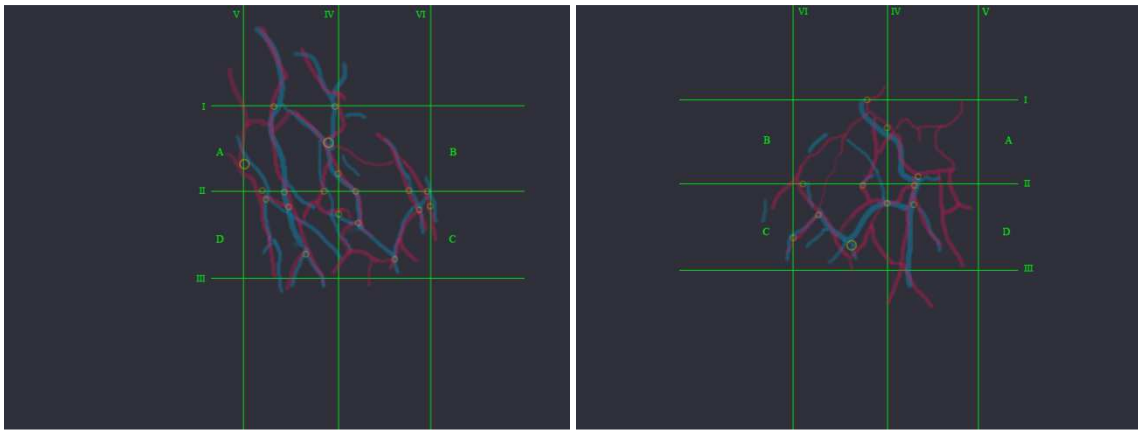
Insgesamt wurden mit dem System aus Rasterlinien und Quadranten 89 Variablenkombinationen überprüft. Hiervon führten 66 zu einer eindeutigen Identifikation aller Probanden. Bei 23 Variablenkombinationen war die Anzahl der verwendeten Variablen nicht ausreichend. Bei 30 Variablenkombinationen waren drei Variablen zur eindeutigen Identifikation notwendig und bei 21 Kombinationen vier Variablen. Fünf notwendige Variablen zeigten zehn Kombinationen. Die Variablenkombinationen, die nur zwei oder mehr als fünf Variablen benötigten, waren mit einer bzw. drei zahlenmäßig gering.

Durchschnittlich waren in den Fällen, bei denen eine Identifikation jeweils aller Probanden gelang, 4 ( $\bar{x} = 3,75$ ) Variablen dazu notwendig.

Es traten 20 Doubletten auf, bei denen zwei Probanden ein jeweils identisches Variablenausprägungsmuster zeigten. Proband P-2009/8 und /17 bildeten fünfmal eine solche Doublette, vier dieser Doubletten entfielen auf eine Kombination aus Variablen der rechten und linken Hand. Es gab keine verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen diesen Probanden. Beide Probanden waren Rechtshänder und hatten eine vergleichbare Lebensweise, soweit im Fragebogen abgefragt. Beide Probanden hatten auf dem rechten Handrücken keine Arkade gemäß Einteilung nach Piolino [9], bzw. auf den linken Handrücken ein Netzwerk nach Freerksen [11]. Ansonsten gab es keine Übereinstimmungen. Die Abbildungen 41a und 41b zeigen die Venenverlaufsmuster dieser Probanden: Es zeigen sich durchaus unterschiedliche Verlaufsmuster, allerdings eine quantitative Übereinstimmung in der Anzahl der Schnittpunkte und Verzweigungen der Venen im angewandten Raster.



**Abb. 41a**



**Abb. 41b**

Venenverläufe des Probanden P-2009/8 (**Abb. 41a** links: rechte Hand; rechts: linke Hand) sowie die Venenverläufe des Probanden P-2009/17 (**Abb. 41b** links: rechte Hand; rechts: linke Hand) als Overlay der Farbaufnahme (blaues Muster) und der IR-Aufnahme (magentafarbenes Muster) innerhalb des Gitternetzes. Beide Probanden boten gemeinsam gehäuft Doubletten. Man erkennt morphologisch deutlich differierende Venenverläufe, quantitativ jedoch stimmen die Anzahlen der Schnittpunkte und Verzweigungen mit dem Rasterliniensystem bei beiden Probanden häufig überein.

### 3.4 Betrachtung verwandter Probanden

In der erhobenen Stichprobe befanden sich drei Probandenpaare und eine Gruppe von drei Probanden, die zueinander in direkter verwandtschaftlicher Beziehung standen. Es handelte sich um die Probanden P-2009/1 und /6 sowie P-2009/23 und /24 als Bruderpaare – beide keine Zwillingspaare. Weiterhin um P-2009/8 als Sohn von P2009/9, sowie P-2009/5 als Sohn von P-2009/3 und /4.

#### 3.4.1 Probanden P-2009/1 und P-2009/6 (Brüder)

P-2009/1 und /6 waren Brüder, die zum Zeitpunkt der Datenerhebung 22 und 19 Jahre alt waren. Beide befanden sich zu diesem Zeitpunkt in universitärer Ausbildung.

Makroskopisch zeigten beide Probanden schlanke Hände mit v.a. bei Proband P-2009/1 deutlich hervortretendem Venenmuster.

Innerhalb der bereits beschriebenen Systeme zur Einteilung der Venenmuster ergab sich eine Gemeinsamkeit auf der linken Hand, wo beide Probanden keine Arkade gemäß Piolinos Systematik [9] zeigten. Auf der rechten Hand wurde bei Proband 2009/1 ebenfalls keine Arkade gesehen, während der Bruder dort eine atypische Arkade aufwies. In allen weiteren Kategorien der Systematiken Freerksens [11] und Sayfis [10] zeigten die Probanden unterschiedliche Morphologien [Tabelle 67].

Im in dieser Arbeit angewandten System mit Rasterlinien und Quadranten traten bei beiden Probanden in 9 Variablen aus insgesamt 48 (18,75%) Übereinstimmungen im Variablenwert auf. Hiervon traten 5 Übereinstimmungen links und 4 rechts auf, links vor allem in den IR-Aufnahmen (vier Übereinstimmungen) bzw. rechts in den konventionellen Aufnahmen (drei Übereinstimmungen). Insgesamt traten gleiche Variablenwerte mit Ausnahme der drei Quadrantenvariablen gehäuft in den Randlinien I, V und VI des Rasters auf.

Tabelle 68 zeigt eine Übersicht aller Variablen des Rastersystems für die beiden Probanden. Variablen mit übereinstimmenden Werten bei beiden Probanden wurden farblich hervorgehoben.

	P-2009/1	P-2009/6
<b>Typ nach Piolino</b>		
typische Arkade linke Hand	nein	nein
atypische Arkade linke Hand	nein	nein
keine Arkade linke Hand	ja	ja
typische Arkade rechte Hand	nein	ja
atypische Arkade rechte Hand	nein	nein
keine Arkade rechte Hand	ja	nein
<b>Typ nach Sayfi</b>		
Typ 1 (keine Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) linke Hand	nein	ja
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) linke Hand	ja	nein
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) linke Hand	nein	nein
Typ 1 (keine Arkade) rechte Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) rechte Hand	nein	ja
Typ 3 (Fingerarkaden) rechte Hand	nein	nein
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) rechte Hand	ja	nein
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) rechte Hand	nein	nein
<b>Typ nach Freerksen</b>		
proximal konkaver Bogen linke Hand	nein	nein
rhombische Form linke Hand	nein	nein
Stammgefäß von radial linke Hand	nein	ja
longitudinaler Typ linke Hand	ja	nein
Netzwerk linke Hand	nein	nein
proximal konkaver Bogen rechte Hand	nein	nein
rhomische Form rechte Hand	nein	ja
Stammgefäß von radial rechte Hand	nein	nein
longitudinaler Typ rechte Hand	ja	nein
Netzwerk rechte Hand	nein	nein

**Tabelle 67**

Vergleich der Probanden P-2009/1 und /6 (Brüder) bezüglich des Auftretens eines Venenverlaufstyps gemäß den Einteilungen nach Piolino [9], Sayfi [10] und Freerksen [11].

Beiden Brüdern ist das Nicht-Auftreten einer Arkade nach Piolino auf dem linken Handrücken gemein (blau hervorgehoben). Weitere Übereinstimmungen treten nicht auf.

Variable	Variablenlabel	P-2009/1	P-2009/6
1	Schnittpunkte I links konventionell	4	2
2	Schnittpunkte II links konventionell	8	6
3	Schnittpunkte IV links konventionell	3	4
4	Schnittpunkte V links konventionell	0	1
5	Schnittpunkte VI links konventionell	2	1
6	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell	17	14
7	Schnittpunkte I links infrarot	4	4
8	Schnittpunkte II links infrarot	6	8
9	Schnittpunkte IV links infrarot	5	2
10	Schnittpunkte V links infrarot	0	1
11	Schnittpunkte VI links infrarot	1	1
12	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot	16	16
13	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI links konventionell/infrarot im Overlay	12	10
14	Anzahl Verzweigungen A links konventionell	3	3
15	Anzahl Verzweigungen B links konventionell	2	1
16	Anzahl Verzweigungen C links konventionell	3	1
17	Anzahl Verzweigungen D links konventionell	3	1
18	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell	11	6
19	Anzahl Verzweigungen A links infrarot	3	4
20	Anzahl Verzweigungen B links infrarot	6	2
21	Anzahl Verzweigungen C links infrarot	1	2
22	Anzahl Verzweigungen D links infrarot	2	2
23	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot	12	10
24	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD links konventionell/infrarot im Overlay	2	3
25	Schnittpunkte I rechts konventionell	3	4
26	Schnittpunkte II rechts konventionell	7	8
27	Schnittpunkte IV rechts konventionell	4	3
28	Schnittpunkte V rechts konventionell	0	0
29	Schnittpunkte VI rechts konventionell	3	3
30	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell	17	18
31	Schnittpunkte I rechts infrarot	6	2
32	Schnittpunkte II rechts infrarot	8	7
33	Schnittpunkte IV rechts infrarot	4	3
34	Schnittpunkte V rechts infrarot	1	1
35	Schnittpunkte VI rechts infrarot	4	2
36	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot	23	15
37	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/infrarot im Overlay	16	9
38	Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell	4	7
39	Anzahl Verzweigungen B rechts konventionell	1	1
40	Anzahl Verzweigungen C rechts konventionell	4	3
41	Anzahl Verzweigungen D rechts konventionell	4	6
42	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell	13	17
43	Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot	3	8
44	Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot	4	6
45	Anzahl Verzweigungen C rechts infrarot	7	5
46	Anzahl Verzweigungen D rechts infrarot	4	5
47	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot	18	24
48	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD rechts konventionell/infrarot im Overlay	5	6

**Tabelle 68**

Übersicht aller Variablen aus dem Rastersystem für die Probanden P-2009/1 und /6.

Übereinstimmende Variablenwerte wurden farblich hervorgehoben.

### 3.4.2 Probanden P-2009/23 und P-2009/24 (Brüder)

Die Probanden P-2009/23 und /24 stellten ein Bruderpaar von 27 bzw. 25 Jahren dar. Diese beiden befanden sich zum Zeitpunkt der Datenerhebung ebenfalls in akademischer Ausbildung und wiesen bis dahin annähernd gleiche Lebensläufe auf.

Hier wurden im Vergleich zum vorher beschriebenen Geschwisterpaar mehr Gemeinsamkeiten gesehen. Tabelle 69 gibt einen Überblick über die bei den Probanden vorgefundenen Verlaufstypen der beschriebenen Systematiken.

	P-2009/23	P-2009/24
<b>Typ nach Piolino</b>		
typische Arkade linke Hand	ja	ja
atypische Arkade linke Hand	nein	nein
keine Arkade linke Hand	nein	nein
typische Arkade rechte Hand	ja	ja
atypische Arkade rechte Hand	nein	nein
keine Arkade rechte Hand	nein	nein
<b>Typ nach Sayfi</b>		
Typ 1 (keine Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) linke Hand	nein	nein
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) linke Hand	ja	ja
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) linke Hand	nein	nein
Typ 1 (keine Arkade) rechte Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) rechte Hand	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) rechte Hand	nein	nein
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) rechte Hand	nein	ja
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) rechte Hand	ja	nein
<b>Typ nach Freerksen</b>		
proximal konkaver Bogen linke Hand	ja	ja
rhombische Form linke Hand	nein	nein
Stammgefäß von radial linke Hand	nein	nein
longitudinaler Typ linke Hand	nein	nein
Netzwerk linke Hand	nein	nein
proximal konkaver Bogen rechte Hand	nein	ja
rhomische Form rechte Hand	nein	nein
Stammgefäß von radial rechte Hand	nein	nein
longitudinaler Typ rechte Hand	nein	nein
Netzwerk rechte Hand	ja	nein

**Tabelle 69**

Vergleich der Probanden P-2009/23 und /24 bezüglich des Auftretens eines Venenverlaufstyps gemäß den Einteilungen nach Piolino [9], Sayfi [10] und Freerksen [11]. Beide Probanden weisen bds. eine typische Arkade nach Piolino auf. In der Sayfis Systematik zeigt sich linksseitig bei beiden ein Typ-4-Verlauf (digitale und dorsale Arkaden). Auch in Freerksens Systematik ist nur linksseitig eine Gemeinsamkeit auszumachen. Hier tritt bei beiden Probanden ein nach proximal konkaver Bogen auf.

Im Rastersystem traten bei diesen beiden Probanden wie auch beim oberen Geschwisterpaar 9 gleiche Variablenwerte (18,75%) auf, ebenfalls 5 links- und 4 rechtsseitig. Tabelle 70 gibt eine Übersicht der Variablen für beide Probanden. Hier traten Übereinstimmungen überwiegend in den konventionellen Aufnahmen auf (7 von 9). Auch hier fiel auf, dass insbesondere die Randlinien I, V und VI gleiche Werte aufwiesen.

Variable	Variablenlabel	P-2009/23	P-2009/24
1	Schnittpunkte I links konventionell	3	2
2	Schnittpunkte II links konventionell	6	3
3	Schnittpunkte IV links konventionell	3	3
4	Schnittpunkte V links konventionell	0	0
5	Schnittpunkte VI links konventionell	4	4
6	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell	16	12
7	Schnittpunkte I links infrarot	3	3
8	Schnittpunkte II links infrarot	7	5
9	Schnittpunkte IV links infrarot	3	2
10	Schnittpunkte V links infrarot	0	1
11	Schnittpunkte VI links infrarot	4	3
12	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot	17	14
13	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI links konventionell/infrarot im Overlay	8	8
14	Anzahl Verzweigungen A links konventionell	5	1
15	Anzahl Verzweigungen B links konventionell	2	0
16	Anzahl Verzweigungen C links konventionell	1	5
17	Anzahl Verzweigungen D links konventionell	8	3
18	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell	16	9
19	Anzahl Verzweigungen A links infrarot	5	1
20	Anzahl Verzweigungen B links infrarot	0	2
21	Anzahl Verzweigungen C links infrarot	7	11
22	Anzahl Verzweigungen D links infrarot	13	9
23	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot	25	23
24	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD links konventionell/infrarot im Overlay	11	5
25	Schnittpunkte I rechts konventionell	3	2
26	Schnittpunkte II rechts konventionell	3	4
27	Schnittpunkte IV rechts konventionell	2	4
28	Schnittpunkte V rechts konventionell	1	1
29	Schnittpunkte VI rechts konventionell	3	2
30	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell	12	13
31	Schnittpunkte I rechts infrarot	2	2
32	Schnittpunkte II rechts infrarot	8	6
33	Schnittpunkte IV rechts infrarot	4	1
34	Schnittpunkte V rechts infrarot	1	3
35	Schnittpunkte VI rechts infrarot	3	2
36	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot	18	14
37	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/infrarot im Overlay	8	7
38	Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell	1	3
39	Anzahl Verzweigungen B rechts konventionell	0	0
40	Anzahl Verzweigungen C rechts konventionell	2	4
41	Anzahl Verzweigungen D rechts konventionell	2	2
42	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell	5	9
43	Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot	3	1
44	Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot	4	0
45	Anzahl Verzweigungen C rechts infrarot	8	7
46	Anzahl Verzweigungen D rechts infrarot	8	5
47	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot	23	13
48	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD rechts konventionell/infrarot im Overlay	2	5

**Tabelle 70**

Übersicht aller Variablen aus dem Rastersystem für die Probanden P-2009/23 und /24 (Brüder). Übereinstimmende Variablenwerte wurden farblich hervorgehoben.

### 3.4.3 Probanden P-2009/8 und P-2009/9 (Vater und Sohn)

Proband P-2009/9, 53 Jahre alt, ist der Vater von P-2009/8, zu diesem Zeitpunkt 19 Jahre alt und Schüler einer weiterführenden Schule. Der Vater hatte eine akademische Ausbildung und führte einen handwerklichen Betrieb. Beide Probanden zeigten auf ihren Handrücken verschiedene Ausprägungen des Handrückenvenenmusters.

Vergleicht man die Aufnahmen der beiden Probanden innerhalb der Systematiken von Freerksen [11], Piolino [9] und Sayfi [10], können keine Gemeinsamkeiten im Blick auf die bei Vater und Sohn vorliegenden Verlaufstypen ausgemacht werden [Tabelle 71].

	P-2009/8	P-2009/9
<b>Typ nach Piolino</b>		
typische Arkade linke Hand	nein	nein
atypische Arkade linke Hand	nein	ja
keine Arkade linke Hand	ja	nein
typische Arkade rechte Hand	nein	nein
atypische Arkade rechte Hand	nein	ja
keine Arkade rechte Hand	ja	nein
<b>Typ nach Sayfi</b>		
Typ 1 (keine Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) linke Hand	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) linke Hand	nein	nein
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) linke Hand	nein	ja
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) linke Hand	ja	nein
Typ 1 (keine Arkade) rechte Hand	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) rechte Hand	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) rechte Hand	nein	nein
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) rechte Hand	nein	ja
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) rechte Hand	ja	nein
<b>Typ nach Freerksen</b>		
proximal konkaver Bogen linke Hand	nein	ja
rhombische Form linke Hand	nein	nein
Stammgefäß von radial linke Hand	nein	nein
longitudinaler Typ linke Hand	nein	nein
Netzwerk linke Hand	ja	nein
proximal konkaver Bogen rechte Hand	nein	ja
rhombische Form rechte Hand	nein	nein
Stammgefäß von radial rechte Hand	nein	nein
longitudinaler Typ rechte Hand	nein	nein
Netzwerk rechte Hand	ja	nein

**Tabelle 71**

Vergleich der Probanden P-2009/8 und /9 (Vater und Sohn) bezüglich des Auftretens eines Venenverlaufstyps gemäß den Einteilungen nach Piolino [9], Sayfi [10] und Freerksen [11].

Das Auftreten eines bestimmten Verlaufsmusters auf einem Handrücken bei beiden Probanden wurde nicht gesehen.



Auch im Rastersystem traten nur bei 5 Variablen gleiche Werte auf (10,42%), die in Tabelle 72 farblich hervorgehoben wurden. In den Infrarotaufnahmen traten keine Übereinstimmungen auf.

Variable	Variablenlabel	P-2009/8	P-2009/9
1	Schnittpunkte I links konventionell	2	3
2	Schnittpunkte II links konventionell	8	6
3	Schnittpunkte IV links konventionell	3	3
4	Schnittpunkte V links konventionell	2	1
5	Schnittpunkte VI links konventionell	0	3
6	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell	15	16
7	Schnittpunkte I links infrarot	4	2
8	Schnittpunkte II links infrarot	7	5
9	Schnittpunkte IV links infrarot	1	3
10	Schnittpunkte V links infrarot	3	2
11	Schnittpunkte VI links infrarot	0	2
12	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot	15	14
13	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI links konventionell/infrarot im Overlay	12	8
14	Anzahl Verzweigungen A links konventionell	9	4
15	Anzahl Verzweigungen B links konventionell	4	4
16	Anzahl Verzweigungen C links konventionell	4	6
17	Anzahl Verzweigungen D links konventionell	6	6
18	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell	23	20
19	Anzahl Verzweigungen A links infrarot	6	0
20	Anzahl Verzweigungen B links infrarot	4	5
21	Anzahl Verzweigungen C links infrarot	8	12
22	Anzahl Verzweigungen D links infrarot	8	17
23	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot	26	34
24	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD links konventionell/infrarot im Overlay	12	7
25	Schnittpunkte I rechts konventionell	5	3
26	Schnittpunkte II rechts konventionell	8	10
27	Schnittpunkte IV rechts konventionell	4	4
28	Schnittpunkte V rechts konventionell	0	0
29	Schnittpunkte VI rechts konventionell	2	3
30	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell	19	20
31	Schnittpunkte I rechts infrarot	5	3
32	Schnittpunkte II rechts infrarot	7	10
33	Schnittpunkte IV rechts infrarot	4	3
34	Schnittpunkte V rechts infrarot	0	2
35	Schnittpunkte VI rechts infrarot	4	3
36	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot	20	21
37	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/infrarot im Overlay	11	10
38	Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell	5	2
39	Anzahl Verzweigungen B rechts konventionell	8	5
40	Anzahl Verzweigungen C rechts konventionell	2	9
41	Anzahl Verzweigungen D rechts konventionell	6	3
42	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell	21	19
43	Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot	6	9
44	Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot	2	3
45	Anzahl Verzweigungen C rechts infrarot	6	9
46	Anzahl Verzweigungen D rechts infrarot	5	6
47	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot	19	27
48	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD rechts konventionell/infrarot im Overlay	10	7

**Tabelle 72**

Übersicht aller Variablen aus dem Rastersystem für die Probanden P-2009/8 und /9 (Vater und Sohn). Übereinstimmende Variablenwerte wurden farblich hervorgehoben.

#### 3.4.4 Probanden P-2009/3, P-2009/4 und P-2009/5 (Eltern und Sohn)

Abschließend sollen nun noch die Probanden P-2009/3 bis /5 betrachtet werden. Hier handelt es sich um ein Elternpaar (P-2009/3 und /4) und den Sohn (P-2009/5).

Die Mutter (P-2009/3) war Akademikerin, der Sohn war in akademischer Ausbildung. Der Vater hatte eine kaufmännische Ausbildung erhalten.

Tabelle 73 gibt eine Übersicht über das Auftreten der verschiedenen Verlaufstypen bei den Probanden in den beschriebenen Systematiken.

In dem in dieser Arbeit vorgestellten Erkennungssystem zeigten Vater (P-2009/4) und Sohn (P-2009/5) 10mal gleiche Variablenwerte bei 48 einbezogenen Variablen, das entspricht 20,83% der Variablen. Tabelle 78 zeigt diese Variablen blau markiert.

Darunter waren 7mal die Begrenzungslinien des Rasters, die auch in den zuvor betrachteten Probandenpaaren häufig übereinstimmende Werte aufgewiesen hatten. Die meisten Übereinstimmungen zeigten sich auf der rechten Seite. Hier traten 7mal gleiche Variablenwerte auf, im Vergleich dazu links 3mal.

Mit der Mutter (P-2009/3) zeigte P-2009/5 nur 9 Übereinstimmungen (18,75%). In Tabelle 78 sind diese rot hervorgehoben.

Die Seitenverteilung war hierbei ausgeglichen. 4 Übereinstimmungen traten links auf, 5 rechts. Hier waren nur in drei Fällen Begrenzungslinien betroffen.

Bei insgesamt 3 Variablen hatten alle drei Probanden identische Werte [Tabelle 74].

	P-2009/3 Mutter	P-2009/5 Sohn	P-2009/4 Vater
<b>Typ nach Piolino</b>			
typische Arkade linke Hand	nein	nein	nein
atypische Arkade linke Hand	nein	nein	nein
keine Arkade linke Hand	ja	ja	ja
typische Arkade rechte Hand	ja	ja	nein
atypische Arkade rechte Hand	nein	nein	nein
keine Arkade rechte Hand	nein	nein	ja
<b>Typ nach Sayfi</b>			
Typ 1 (keine Arkade) linke Hand	nein	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) linke Hand	nein	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) linke Hand	ja	ja	ja
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) linke Hand	nein	nein	nein
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) linke Hand	nein	nein	nein
Typ 1 (keine Arkade) rechte Hand	nein	nein	nein
Typ 2 (dorsale Arkade) rechte Hand	nein	nein	nein
Typ 3 (Fingerarkaden) rechte Hand	nein	nein	ja
Typ 4 (dorsale und Fingerarkaden) rechte Hand	ja	ja	nein
Typ 5 (multiple dorsale Arkaden) rechte Hand	nein	nein	nein
<b>Typ nach Freerksen</b>			
proximal konkaver Bogen linke Hand	nein	nein	nein
rhombische Form linke Hand	nein	nein	nein
Stammgefäß von radial linke Hand	nein	nein	nein
longitudinaler Typ linke Hand	nein	ja	nein
Netzwerk linke Hand	ja	nein	ja
proximal konkaver Bogen rechte Hand	ja	ja	nein
rhomische Form rechte Hand	nein	nein	nein
Stammgefäß von radial rechte Hand	nein	nein	nein
longitudinaler Typ rechte Hand	nein	nein	nein
Netzwerk rechte Hand	nein	nein	ja

**Tabelle 73**

Vergleich der Probanden P-2009/3, /4 und /5 (Eltern und Sohn) bezüglich des Auftretens eines Venenverlaufstyps gemäß den Einteilungen nach Piolino [9], Sayfi [10] und Freerksen [11].

Das Auftreten eines Verlaufstyps bei P-2009/3 und /5 ist rot markiert, das Auftreten eines Verlaufstyps bei P-2009/4 und /5 blau.

Alle drei Probanden zeigen linksseitig keine Arkade nach Piolino bzw. einen Typ-3-Verlauf nach Sayfi (digitale Arkaden). In der Systematik nach Freerksen kommt es zu keinen Übereinstimmungen zwischen Mutter und Sohn bzw. Vater und Sohn.

Rechtsseitig weisen Mutter und Sohn in allen drei Systematiken übereinstimmende Verlaufstypen auf: typische Arkade nach Piolino, Typ-4-Verlauf nach Sayfi (digitale und dorsale Arkaden), sowie ein nach proximal konkaver Bogen nach Freerksen. Gemeinsamkeiten zwischen Vater und Sohn werden nicht gesehen.

Variable	Variablenlabel	P-2009/3	P-2009/4	P-2009/5
		Mutter	Vater	Sohn
1	Schnittpunkte I links konventionell	0	2	2
2	Schnittpunkte II links konventionell	4	7	4
3	Schnittpunkte IV links konventionell	3	3	1
4	Schnittpunkte V links konventionell	0	0	0
5	Schnittpunkte VI links konventionell	2	1	2
6	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links konventionell	9	13	9
7	Schnittpunkte I links infrarot	3	4	2
8	Schnittpunkte II links infrarot	4	8	3
9	Schnittpunkte IV links infrarot	3	6	1
10	Schnittpunkte V links infrarot	0	4	0
11	Schnittpunkte VI links infrarot	1	1	2
12	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI links infrarot	11	23	8
13	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI links konventionell/infrarot im Overlay	4	9	7
14	Anzahl Verzweigungen A links konventionell	2	7	1
15	Anzahl Verzweigungen B links konventionell	0	1	1
16	Anzahl Verzweigungen C links konventionell	0	2	1
17	Anzahl Verzweigungen D links konventionell	6	1	2
18	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links konventionell	8	11	5
19	Anzahl Verzweigungen A links infrarot	2	15	1
20	Anzahl Verzweigungen B links infrarot	2	7	1
21	Anzahl Verzweigungen C links infrarot	3	5	1
22	Anzahl Verzweigungen D links infrarot	2	23	1
23	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD links infrarot	9	50	4
	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD links konventionell/infrarot im Overlay	2	6	4
24	Overlay	2	0	0
25	Schnittpunkte I rechts konventionell	2	0	0
26	Schnittpunkte II rechts konventionell	4	4	4
27	Schnittpunkte IV rechts konventionell	4	3	3
28	Schnittpunkte V rechts konventionell	0	0	0
29	Schnittpunkte VI rechts konventionell	3	1	2
30	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts konventionell	13	8	9
31	Schnittpunkte I rechts infrarot	5	2	2
32	Schnittpunkte II rechts infrarot	4	11	6
33	Schnittpunkte IV rechts infrarot	2	5	4
34	Schnittpunkte V rechts infrarot	2	0	0
35	Schnittpunkte VI rechts infrarot	3	4	4
36	Gesamtzahl Schnittpunkte I-VI rechts infrarot	16	22	16
	Gesamtzahl identischer Schnittpunkte I-VI rechts konventionell/infrarot im Overlay	9	4	3
37	Overlay	9	4	3
38	Anzahl Verzweigungen A rechts konventionell	3	1	2
39	Anzahl Verzweigungen B rechts konventionell	3	2	0
40	Anzahl Verzweigungen C rechts konventionell	1	4	1
41	Anzahl Verzweigungen D rechts konventionell	4	5	1
42	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts konventionell	11	12	4
43	Anzahl Verzweigungen A rechts infrarot	11	7	1
44	Anzahl Verzweigungen B rechts infrarot	2	9	2
45	Anzahl Verzweigungen C rechts infrarot	1	5	7
46	Anzahl Verzweigungen D rechts infrarot	2	3	9
47	Gesamtzahl Verzweigungen ABCD rechts infrarot	16	24	19
48	Gesamtzahl identischer Verzweigungen ABCD rechts konventionell/infrarot im Overlay	3	4	0

**Tabelle 74**

Übersicht aller Variablen aus dem Rastersystem für die Probanden P-2009/3, /4 und /5. Übereinstimmende Variablenwerte zwischen P-2009/3 und /5 wurden rot, zwischen P-2009/4 und /5 wurden blau hervorgehoben.

Verglichen mit den übrigen Probanden der Stichprobe zeigten die verwandten Probanden untereinander keine signifikant erhöhte Anzahl an Übereinstimmungen [Tabelle 11].

## **4. Diskussion**

Ziel der Arbeit war die Klärung der Frage, inwieweit das Venenmuster des Handrückens einen so individuellen, variablen Verlauf zeigt, dass es zur Identifizierung von Individuen herangezogen werden kann. Im Einzelnen sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Beeinflussen genetische oder externe Faktoren das Muster (z.B. Einfluss von Geschlecht und Belastung)?
- Wie variabel ist die Morphologie des Handvenenmusters?
- Kann die Morphologie des Handvenenmusters zur Identifikation von Individuen genutzt werden?

Diese Fragen wurden in drei Schritten bearbeitet:

- Dokumentation des Venenverlaufsmusters bei 30 Probanden
- Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien (nach Piolino [9], nach Sayfi [10] und nach Freerksen [11]) zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken
- Prüfung der Variabilität des Handrückenvenenmusters und der Möglichkeit der Probandenidentifikation innerhalb der Stichprobe anhand der über ein Rastersystem des Handrückens erhobenen Variablen (unter besonderer Berücksichtigung verwandter Probanden)

### **4.1 Technische Lösung zur Dokumentation der Venenverlaufsmuster**

Die Gewinnung des Bildmaterials zeigte bereits in der Vorbereitungsphase grundlegende Probleme auf. Neben konventionellen Farbaufnahmen wurde eine Vergleichstechnik gesucht, die unter Umständen andere oder mehr Informationen bzgl. des Venenverlaufs auf dem Handrücken erbringen sollte. Trotz der wissenschaftlichen Notwendigkeit einer optimalen Darstellung des zu untersuchenden Gegenstands, sollte in Anbetracht der Fragestellung einer Identifikationsmöglichkeit die technische und praktische Einfachheit der Datengewinnung nicht aus den Augen gelassen werden. Technische Lösungen biometrischer Identifikationssysteme nutzen bereits Infrarotlichtquellen bzw. die selektive Aufnahme des IR-Spektrums zur Generierung des benötigten Bildmaterials [13], [15], [16], [17]. Die zunächst in Erwägung gezogene Thermographie unter Nutzung einer Wärmebildkamera wurde aufgrund des technischen Aufwands und zugunsten der Infrarot-Photographie verlassen. So war es möglich, mit nur einem Kamerasystem Bilder der verschiedenen Lichtspektren aufzunehmen. Während man in den konventionellen

Farbphotographien insbesondere das sich unter der Haut abzeichnende Relief der Venen wahrnimmt, ist der Vorteil der IR-Aufnahmen die klarere optische Darstellung der Gefäße im Graustufenbereich. Die Diskrepanz der detektierten Venen zwischen der Farbaufnahme und der IR-Aufnahme desselben Handrückens sind am ehesten auf diesen Sachverhalt zurückzuführen. Kaliberstarke Gefäße, die im IR-Bild breit und dunkel erscheinen, können bei ausreichendem Unterhautfettgewebe und hohem Hautturgor nur eine schmale Erhebung auf dem Handrücken erzeugen, so dass in der Farbaufnahme der Eindruck eines kaliberschwachen Gefäßes entsteht. Dementsprechend können aber auch Falten bei erniedrigtem Turgor einen Gefäßverlauf in der Farbaufnahme simulieren. Die Veränderung des Versuchsaufbaus für die Hauptversuchsreihe sollte eben letzteren Effekt minimieren, dennoch führt die Reduktion eines dreidimensionalen Gebildes in die zweidimensionale Ebene einer Photographie zu einem Informationsverlust, der bedacht werden muss, gerade wenn räumliche Gebilde wie das Venenrelief eine entscheidende Bildinformation darstellen. Auf der anderen Seite lassen sich mit den gewählten technischen Mitteln recht schnell und einfach standardisierte Abbildungen der Handrücken einer Person erstellen.

#### **4.2 Deskriptive Analyse der Venenverlaufsmuster anhand publizierter Typologien zur Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken**

Die Systematiken, die verschiedene Autoren für das anatomisch nur vage als „*Rete venosum*“ bezeichnete Venengeflecht entwickelten, versuchen zwar Subtypen des Venenverlaufs zu differenzieren, fassen dennoch Gruppen ähnlicher Venenverläufe zusammen. Sie können jedenfalls als erster Schritt in Richtung einer exakten Evaluation des Venenverlaufs verstanden werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Venenverlaufsmuster der untersuchten Probanden unter Berücksichtigung der Typologien von Piolino [9], Sayfi [10] und nach Freerksen [11] analysiert.

##### Typologie nach Piolino

Die Typologie, die Piolino [9] entwirft, unterscheidet nur drei mögliche Verläufe, wobei zwei Arkadenverläufe beschrieben werden.

Die im Ergebnisteil in Tabelle 2 dargestellte Verteilung der aufgetretenen Verlaufsmuster im Düsseldorfer Probandengut zeigt überwiegend ein fehlendes Auftreten von Arkaden mit

45%, während die typischen Arkaden mit 30% etwas seltener auftreten. Insgesamt waren die Unterschiede zu den von Piolino angegebenen Häufigkeiten allerdings nicht signifikant.

Weiterhin beschreibt Piolino, dass, gleichwohl er keinen Unterschied in der Anlage weiblicher und männlicher Systeme sieht, im Vergleich zu den männlichen Probanden bei Frauen ein größerer Anteil mit fehlender Arkade zu finden sei. So läge die Quote an Arkaden nur bei 60%. Dieser Befund lässt sich anhand der Düsseldorfer Stichprobe insofern nicht nachvollziehen, als dass hier die weiblichen Probanden einen höheren Anteil an Arkaden als die männlichen zeigen. Allerdings fällt mit 57,1% der prozentuale Anteil an Arkaden in der Gruppe der Frauen ähnlich hoch aus wie bei Piolino selbst. Insgesamt konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen festgestellt werden.

Auch im Vergleich der Probanden unter Berücksichtigung ihrer (Berufs-)Ausbildung erscheint ein Unterschied zwischen den Ergebnissen Piolinos und denen dieser Arbeit. Piolino erklärt, dass bei schwer handwerklich arbeitenden Probanden, die in seiner Stichprobe die Mehrzahl der Probanden stellen, überwiegend (80%) Arkaden zu finden seien, während sie bei Intellektuellen nur 65% ausmachten und leitet darüber eine These zur Entstehung des Venenverlaufmusters ab, in der die Bewegung der Hand als entscheidender, den Blutfluss über den Handrücken beeinflussender Faktor wirkt [9]. Die Düsseldorfer Stichprobe, die im Gegensatz dazu überwiegend aus Angehörigen akademischer Berufe besteht, weist ein konträres Bild auf. In der Düsseldorfer Stichprobe konnte ein signifikant höheres Auftreten von Arkadenformationen in der Gruppe der Akademiker beobachtet werden. Hier erscheinen bei den Probanden mit handwerklichen Tätigkeiten mit 33,3% deutlich weniger Arkaden als bei den Akademikern, die in 65,9% Arkaden zeigen, gleichwohl dieser Wert nahezu exakt dem von Piolino für seine Gruppe „*Intellectuels*“ entspricht (65%). Allerdings muss beachtet werden, dass die Gruppe der handwerklich Tätigen mit  $n=3$  sehr klein ausfiel, so dass die statistische Signifikanz hier nicht überzeugt.

In ca. 60% traten Piolinos Verlaufsmuster seitenkonkordant auf. Ein stärkerer Zusammenhang konnte beim Auftreten der typischen Arkade hinsichtlich des seitenkonkordanten Auftretens bzw. Fehlens dieses Typs nachgewiesen werden. Dies bedeutet nicht, dass die Muster wie Spiegelbilder der jeweils anderen Seite verstanden werden dürfen. Vielmehr zeigt der Verlauf der Venen einen grundsätzlich ähnlichen Grundplan. In den einzelnen Gefäßverläufen und -verzweigungen zeigen sich allerdings intraindividuelle Unterschiede.

Auffällig erscheint im Düsseldorfer Kollektiv, dass auf linken Handrücken häufiger kein Arkadenverlauf gesehen werden konnte als auf rechten [Abb. 12]. Auf diesen traten hingegen Arkadenverläufe, insbesondere vom Typ der typischen Arkade, deutlich häufiger auf. Dieses Phänomen war unabhängig von der Händigkeit, denn auch linkshändige wie rechtshändige Probanden zeigten in 60% bzw. 64% auf dem linken Handrücken keine Arkade, auf den rechten Handrücken allerdings in 67% bzw. 60% Venenverläufe mit

Arkadenmuster. Jedoch sei angemerkt, dass unter den Linkshändern generell seltener Arkaden auftraten als bei den rechtshändigen Probanden [Abb. 13] und die Gruppe der Linkshänder mit 7 Probanden derjenigen der Rechtshänder zahlenmäßig deutlich unterlegen war.

Auch hinsichtlich des Einflusses der Belastung einer Hand auf die Ausbildung des Venenmusters ließ sich kein eindeutiges Bild gewinnen. Die beiden Faktoren, auf die besonderes Augenmerk gelegt wurde, waren die feinmotorische Nutzung und der Einsatz der Hände für kraftbenötigende Aufgaben. Diese repräsentieren in stark vereinfachter Form die Extreme des eher geistig Tätigen und des Handwerks. Auffallend war, dass Probanden, die eine seltenere feinmotorische Nutzung der Hände angaben, häufiger keine Arkade zeigten [Abb. 15]. Ein signifikanter Anstieg aufgetretener Arkadenverläufe mit zunehmendem feinmotorischem Gebrauch der Hände konnte jedoch nicht gesehen werden.

Hände, die nach Angabe der Probanden vor allem bei kraftbenötigenden Tätigkeiten eingesetzt wurden, zeigten mit 64,3% häufig Arkaden. Wie bereits oben erwähnt, beschrieb Piolino den Arkadenverlauf als ein bei handwerklich Tätigen häufig auftretendes Muster. Im Düsseldorfer Probandengut befanden sich nur 3 Personen handwerklicher Berufe. Diese hatten auch eine intensive Nutzung der Hände unter dem Aspekt Kraft angeben, zeigten jedoch erstaunlicherweise häufig keine Arkaden auf ihren Handrücken. Die hier vorliegende Diskrepanz zwischen dem Auftreten von Arkaden unter kraftvoll benutzten Händen und dem häufigen Fehlen dieses Verlaufsmuster in einer Berufsgruppe, die eben häufig mit den Händen kraftbenötigende Tätigkeiten ausübt, lässt sich nicht bestreiten. Sie kann bedingt worden sein durch die geringe Fallzahl in der Gruppe handwerklich tätiger Probanden oder in einer Fehleinschätzung der Probanden ihrer Tätigkeit begründet sein, obwohl die angegebenen Berufe „Tischler“ (P-2009/10) und „Schreiner“ (P-2009/11), sowie „Techniker“ (P-2009/15) durchaus häufigen Krafteinsatz der Hände vermuten lassen.

### Typologie nach Sayfi

Sayfi [10] unterscheidet fünf verschiedene Mustertypen. Vergleicht man die Häufigkeiten dieser Typen im Düsseldorfer Probandengut, so ergibt sich eine nicht signifikant von Sayfis ermittelten Häufigkeiten abweichende Verteilung, auffallend ist jedoch das deutlich seltenere Auftreten des Typen 2, der eine Arkade auf dem Handrücken ohne Fingerarkaden repräsentiert [Tabelle 6]. Sayfi differenziert in seiner Typologie zwischen Fingerarkaden und Arkadenverläufen auf dem Handrücken. Da in der Düsseldorfer Stichprobe bis auf eine Ausnahme alle Probanden Fingerarkaden zeigen, ist auch die geringe Häufigkeit des Typ 1 erklärlich, da dieser über ein Fehlen sowohl von Fingerarkaden als auch Arkaden auf dem Handrücken definiert wird - ebenso Typ 2, bei dem nur eine Handrückenarkade gesehen



wird, wodurch die signifikante Abweichung von der Häufigkeit, die durch Sayfi selbst angegeben wird, erklärt werden kann. Überaus häufig werden somit Typ 3, das Auftreten nur von Fingerarkaden, als auch Typ 4, das gemeinsame Auftreten von Fingerarkaden und einer Arkade auf dem Handrücken, angetroffen.

Diese 4 Typen stellen gewissermaßen eine Erweiterung der Typologie Piolinos [9] um Fingerarkaden dar, wobei fraglich ist, inwieweit die Venen der Finger entscheidend das Bild der Handrückenvenen beeinflussen. Letztendlich könnte eine Systematik, wie Piolino sie beschreibt, mit dem Zusatz eines Vorhanden- bzw. Nicht-Vorhandenseins von Fingerarkaden in dieser Hinsicht übersichtlicher erscheinen. Mit Typ 5 hingegen definiert Sayfi einen alten Aspekt des Venenverlaufs auf dem Handrücken, den Piolino im Grunde ausklammert. Hier wird wieder ein Rete venosum im ursprünglichen Sinn mit multiplen Anastomosen und Arkaden beschrieben.

Besonders weibliche Studienteilnehmer wiesen im Vergleich zu ihren männlichen Pendants dieses Verlaufsmuster auf. Männer hingegen zeigten häufiger einen Typ 4. Der häufige Typ 3 war bei beiden Geschlechtern in etwa gleich häufig anzutreffen [Abb. 17]. Ein signifikanter Unterschied in der Ausprägung eines Verlaufstyps in Abhängigkeit des Geschlechts konnte insgesamt nicht festgestellt werden.

Typ 3 trat außerdem sehr häufig in der Gruppe der Handwerker bzw. Probanden mit nicht-akademischen Berufen auf. Hier konnte er in 67% bzw. 70% festgestellt werden, während er bei Akademikern nur in 23% auftrat. In dieser Gruppe wurden wiederum die Typen 4 und 5 oft gesehen. Diese beiden Verlaufsmuster traten hingegen bei Handwerkern und Nicht-Akademikern wesentlich seltener auf. Dies korrespondiert mit den Ergebnissen, die unter Beachtung der Systematik Piolinos erhoben werden konnten, wo auch bei den handwerklich, bzw. nicht-akademisch tätigen Probanden seltener Venenverläufe mit Arkaden gesehen wurden, allerdings konnte kein signifikant messbarer Unterschied zwischen der Ausprägung eines Verlaufstyps und dem Bildungsniveau beobachtet werden mit Ausnahme von Typ 3, der signifikant seltener in der Akademikerguppe auf dem rechten Handrücken auftrat. Aufgrund der geringen Anzahl an Nicht-Akademikern ist diese Signifikanz jedoch fraglich.

Für die Typen 3 und 4 konnte in knapp 60% ein seitenkonkordantes Auftreten verzeichnet werden. Für Typ 5 wurde ein geringerer Anteil an Rechts-Links-Übereinstimmungen von gut 46% gesehen. Eine eindeutige Korrelation zwischen dem Auftreten eines Verlaufstyps auf der einen Hand und dem gleichzeitigen Auftreten auf der anderen konnte allerdings nicht gesehen werden.

Betrachtet man die Verteilung der Verlaufstypen nach Auftreten auf linkem oder rechtem Handrücken so findet sich Typ 3 überwiegend auf dem linken Handrücken, so wie auch bei Piolino das Fehlen einer Arkade überwiegend links beobachtet wurde. Typ 4 hingegen wird häufiger auf dem rechten Handrücken gesehen. Auch dieser Befund passt zu den bereits bei unter Piolinos Systematik erhobenen Befunden. Dort waren ebenfalls auf der rechten Seite

dorsale Arkadenverläufe häufiger aufgetreten. Auch multiple Arkaden, wie sie Typ 5 beschreibt, waren etwas häufiger auf rechten Handrücken gesehen worden [Abb. 20].

Auch in Bezug auf den Einfluss der Händigkeit auf das Venenmuster des Handrückens zeigt sich unter Betrachtung der Systematik von Sayfi ebenfalls ein ähnliches Bild wie bereits bei Piolino. Typ 3 trat bei Linkshändern häufiger auf als bei Rechtshändern. Insgesamt machte er die Hälfte der gesehenen Verläufe unter den Linkshändern aus. Typ 4 hingegen war der häufigste Typ unter den Rechtshändern und deutlich häufiger anzutreffen im Vergleich zur Gruppe der Linkshänder [Abb. 21]. Typ 5 zeigte sich bei beiden Gruppen in etwa gleich häufig. Hier scheint sich das seltenere Auftreten von Arkaden bei Linkshändern zu bestätigen, wohingegen Arkaden bei Rechtshändern häufiger auftreten. Es sei auch hier angemerkt, dass die Gruppe der Rechtshänder deutlich größer ausfiel als die der Linkshänder. Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen konnte nicht festgestellt werden.

Die Betrachtung unter dem Aspekt der Belastung der Hände erbrachte ebenfalls eine Häufigkeitsverteilung wie sie schon in der Systematik Piolinos gesehen worden war. Auch Sayfis Typologie zeigte bei selten feinmotorisch belasteten Händen überwiegend Verlaufsmuster ohne dorsale Arkade, also Typ 3. Eine signifikante Zunahme der Handrückenarkade mit zunehmender feinmotorischer Nutzung konnte allerdings auch in dieser Typologie nicht beobachtet werden. Unter den Probanden, die eine sehr häufige feinmotorische Nutzung ihrer Hände angaben, zeigte sich ein ausgeglichenes Bild aus Verlaufsmustern mit und ohne dorsale Arkade (Typ 4 bzw. 3), sowie multiplen dorsalen Arkaden (Typ 5) [Abb. 22]. Bei der Differenzierung nach kraftvoller Belastung der Hände zeigte Typ 5 eine fallende Häufigkeit bei steigendem Krafteinsatz. Im Gegensatz dazu zeigen sich auch in dieser Typologie, wie schon bei Piolino, vermehrt Venenverläufe mit dorsaler Arkade (Typ 4) bei Probanden, die ihren Krafteinsatz der Hände als intensiv bezeichnen [Abb. 23], obwohl die Probanden, die handwerklichen Berufen nachgingen, seltener diesen Typus aufwiesen.

### Typologie nach Freerksen

Freerksen [11], die älteste der untersuchten Systematiken, stellt eine völlig andere Typologie vor. Während Piolino und Sayfi sich überwiegend auf das Auftreten bzw. Fehlen von Arkaden-ähnlichen Verläufen konzentrieren und davon abhängig verschiedene Mustertypen definieren, entwickelt Freerksen eine Systematik, die deskriptiv grundsätzlich unterschiedliche Gefäßverläufe abbildet. Der nach proximal konkave Bogen und das Netzwerk sind zwei Typen, die sich in Piolinos bzw. Sayfis Systematik in ähnlicher Form finden lassen: Bei Piolino entspricht der nach proximal konkave Bogen am ehesten einer

typischen Arkade, Sayfi hingegen würde diesen in Abhängigkeit vom Auftreten von Fingerarkaden als einen Typ 2 bzw. Typ 4 bezeichnen, Freerksens Netzwerk entspräche in Sayfis Typologie wohl am ehesten dem Typ 5. Die verbleibenden drei Verlaufsmuster, die Freerksen in seine Systematik aufgenommen hat, stellen jedoch Venenverläufe dar, die völlig losgelöst vom Begriff der Arkade die Anordnung der Gefäße beschreiben. So gesehen stellen der longitudinale Typ, der rhombische Typ und das von radial kommende Stammgefäß Freerksens eine Differenzierung der Feststellung „keine Handrückenarkade vorhanden“, wie sie Piolino und Sayfi beschreiben, dar. Leider ist der Arbeit Freerksens keine Häufigkeitsverteilung zu entnehmen. Der nach proximal konkave Bogen trat im Düsseldorfer Probandengut mit 33,3% am häufigsten auf [Abb. 24]. Diese Häufigkeit lässt sich gut mit den verwandten Verlaufsmustern Piolinos und Sayfis, dem Auftreten der typischen Arkade und dem Typ 4 (da ja bis auf einen Probanden alle anderen Fingerarkaden zeigten), vergleichen. Auch diese beiden Typen treten etwa in der gleichen Größenordnung auf (typische Arkade 30%, Typ 4 40%).

Wie auch Piolinos typische Arkade trat auch der nach proximal konkave Bogen überwiegend auf dem rechten Handrücken auf [Abb. 25]. Die Ausprägung eines klassischen Arkadenverlaufs auf dem Handrücken erscheint also unabhängig von der Händigkeit mit Vorzug auf der rechten Seite.

Freerksen gibt weiterhin an, dass in den meisten Fällen derselbe Typ auf beiden Händen auftritt, auch wenn der Venenverlauf nicht exakt dem der Gegenseite entspricht. Diese Beobachtung konnte schon bei Piolino und Sayfi bestätigt werden. In mehr als der Hälfte der Fälle zeigten die Probanden eine seitenkonkordante Typenausprägung. Auch in der Untersuchung der Düsseldorfer Stichprobe anhand Freerksens Systematik konnte ein häufiges seitenkonkordantes Auftreten der Verlaufstypen beobachtet werden. Insbesondere das von radial kommende Stammgefäß zeigte einen signifikanten Zusammenhang zum beidseitigen Auftreten bzw. Fehlen, wie kein anderer Typ irgendeiner der hier betrachteten Systematiken [Tabelle 8]. Jedoch muss angemerkt werden, dass dieses Verlaufsmuster insgesamt am seltensten im Rahmen der Typologie nach Freerksen auftrat [Abb. 24] und nur 7 Handrücken diesen Gefäßverlauf zeigten.

Allein der rhombische Typ zeigte überhaupt kein Handpaar, bei dem auf beiden Handrücken dieser Typ anzutreffen war.

Ferner wurde der Einfluss des Geschlechts auf die Venenausprägung auch hier untersucht. Freerksen selbst hatte den longitudinalen Typ nur bei männlichen Personen gesehen und hielt ihn für eine typische männliche Ausprägung [11]. In dieser Versuchsreihe wurde der longitudinale Typ einmal auf einem weiblichen Handrücken gesehen, allerdings trat er hiermit (7,1%) wesentlich seltener unter den weiblichen Probanden auf als unter den männlichen, wo er 26,1% der gesehenen Muster ausmachte. Dies bestätigt in etwa Freerksens Aussage. Weibliche Probanden zeigten häufiger als Männer den nach proximal konkaven Bogen,

allerdings war dieser Typ bei beiden Geschlechtern, der am häufigsten auftretende, was sich wiederum mit Freerksens Ergebnissen deckt, der diesen als sich häufiger wiederfindend bezeichnet [11]. Auch das Netzwerk trat bei beiden Geschlechtern häufiger auf [Abb. 26], so dass auch hier Freerksens Aussage bestätigt werden kann. Hierbei boten weibliche Handrücken mit 35,7% im Vergleich zu den männlichen mit 21,7% wesentlich häufiger diese Verlaufsform. Die Häufigkeiten entsprechen in etwa dem vergleichbaren Typ 5 Sayfis [10]. Ein signifikant geschlechtsspezifisches Auftreten eines Verlauftyps konnte insgesamt jedoch nicht festgestellt werden.

Eine Aussage zum Einfluss der (Berufs-)Ausbildung eines Probanden und damit zum Einfluss der Tätigkeit auf die Ausprägung des Venenverlaufs auf dem Handrücken ließ sich nicht eindeutig treffen. Der nach proximal konkave Bogen stellte sich bei Akademikern als häufigste Verlaufsform dar und zeigte einen schwachen, aber signifikanten Zusammenhang zugunsten der Gruppe der Akademiker. Unter den rein handwerklich arbeitenden Probanden war der zuvor bereits als typisch männlich bezeichnete longitudinale Typ am häufigsten. Dies ließe vermuten, dass die männlichen Probanden, die Freerksen seinerzeit untersucht hatte, eventuell hauptsächlich handwerklich tätig gewesen waren. Er selbst widerlegt diese These allerdings und gibt an, diesen Verlaufstyp auch bei überwiegend geistig Tätigen vorgefunden zu haben, sowie schon bei von ihm untersuchten Kleinkindern. Auch in der Düsseldorfer Stichprobe konnten in der Probandengruppe der Akademiker Handrücken gesehen werden, die ein derartiges Venenmuster zeigten, jedoch fast um die Hälfte seltener [Abb. 27]. Auch zeigten Probanden, die angaben, ihre Hände selten unter starkem Krafteinsatz zu nutzen, in knapp 24% longitudinale Venenverläufe [Abb. 30]. Eine Aussage zur möglichen Ausprägung von Geburt an, wie Freerksen sie im Rahmen seiner Studie aufgrund des Antreffens dieses Typs bei Kleinkindern macht, lässt sich hier allerdings in Ermangelung altersgemäß geeigneter Probanden nicht wiederholen.

Betrachtet man das Auftreten der durch Freerksen beschriebenen Typen im Vergleich zwischen Rechts- und Linkshändern, so ergibt sich das bereits geschilderte Bild eines deutlichen Überwiegens der Handrückenarkade aufseiten der Rechtshänder. Der nach proximal konkave Bogen, einer Dorsalarkade entsprechend, war mit 36,5% unter den rechtshändigen Probanden zu 12,5% unter den Linkshändern unterschiedlich verteilt. Im Gegensatz dazu trat das von radial kommende Stammgefäß wesentlich häufiger bei Linkshändern als Rechtshändern auf [Abb. 28]. Die übrigen Typen traten etwa gleich verteilt auf. Dieses Ergebnis deckt sich mit den bereits gemachten Beobachtungen bei den Systematiken Piolinos und Sayfis, wo ebenfalls in der Gruppe der Linkshänder seltener Venenmuster mit Arkadenbildung gesehen wurden. Auch hier sei noch einmal angemerkt, dass das Düsseldorfer Probandengut deutlich weniger Linkshänder als Rechtshänder umfasste. Eine erhöhte Venendichte auf dem linken Handrücken bei Linkshändern wie Minor [18] sie beschreibt, wurde unter den linkshändigen Düsseldorfer Probanden nicht gesehen.

Die Frage der Händigkeit lässt sich insgesamt nicht anhand des Typs des Handvenenverlaufs eindeutig klären, obwohl dieser Hinweise darauf geben kann.

Hinsichtlich äußerer Belastungen konnte unter Berücksichtigung von Nutzung der Hände für feinmotorische oder kraftvolle Tätigkeiten kein Hinweis für eine Beeinflussung der Ausbildung des Handrückenvenenmusters gesehen werden.

### Schlussfolgerungen aus der deskriptiven Analyse nach Typologien

Die deskriptive Analyse nach den genannten Typologien diene insbesondere der Klärung möglicher Einflussfaktoren auf die individuelle Ausprägung des Venenverlaufsmusters auf dem Handrücken. In der Literatur gab es dazu die bereits o.g. Hypothesen zu Einflüssen des Geschlechts, der (Berufs-)Ausbildung, der Belastung der Hände oder der Händigkeit.

Nach Analyse der Venenverlaufsmuster im Düsseldorfer Kollektiv ist dazu festzustellen, dass ein eindeutiger, überzeugender Zusammenhang zwischen den diskutierten Einflüssen und dem Venenverlaufsmuster nicht zu erkennen war. Wenn auch methodenkritisch festgestellt werden muss, dass die Fallzahlen einiger Untergruppen (z.B. Handwerker) teils nur klein waren, so sprechen die Befunde dennoch dafür, dass Anlage und Entwicklung der Handrückenvenen multifaktoriell bedingt und beeinflusst werden, was eine große Variabilität ihres Verlaufsmusters bedingt bzw. begünstigt.

#### **4.3 Prüfung der Variabilität des Handrückenvenenmusters und der Möglichkeit der Identifikation einzelner Probanden innerhalb der Stichprobe anhand der durch das Rastersystem des Handrückens erhobenen Variablen**

Freerksen [11] beschrieb bereits die Möglichkeit einer Analyse des Handvenenmusters anhand quer über den Handrücken, zueinander parallel verlaufender Linien und Zählung der sie schneidenden venösen Gefäße. Außerdem schlug er weitere Möglichkeiten einer Quantifizierung der venösen Gefäße vor, wie beispielsweise das Zählen der Gefäßverzweigungen auf dem Handrücken.

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene dieser Aspekte aufgegriffen und zu einem System erweitert, welches den Handrücken durch horizontal und vertikal verlaufende Rasterlinien in vier Quadranten aufteilte. Es wurden sowohl die die Rasterlinien schneidenden Gefäße als auch die Anzahl der Verzweigungen der Venen innerhalb der Quadranten dokumentiert.

Bei Verwendung aller 48 erhobenen Variablen konnte jeder Proband eindeutig in der Stichprobe identifiziert werden, d.h. einem jeden Probanden konnte eine individuelle, für ihn spezifische Folge von Variablenwerten zugeordnet werden. Anschließend wurde geprüft, mit welchen Minima an Variablen eine Identifikation der Probanden möglich ist. Die hierzu genutzten Variablenkombinationen umfassten unter anderem Zusammenstellungen aus beiden Aufnahmeverfahren (konventionell, infrarot), sowie Variablen der rechten und linken Hand. Gleichzeitig wurden diese Variablenkombinationen systematisch erstellt, also z.B. die Anzahl der Verzweigungen der Venen in einem Quadranten mit den Anzahlen der Schnittpunkte der Venen an seinen Begrenzungslinien kombiniert.

Es zeigte sich, dass im Mittel nur vier Variablen zur eindeutigen Identifikation eines Probanden notwendig waren. Der Beispielproband P-2009/5 konnte immer eindeutig identifiziert werden.

Minimal reichten zwei Variablen zur sicheren Identifikation aller Probanden. Dies gelang bei einer Variablenkombination aus Variablen der rechten und linken Hand [Tabelle 66]. Es handelte sich hierbei um eine Variablenkombination in einer Gruppe aus vier ähnlich aufgebauten Variablenkombinationen. Insgesamt waren in dieser Gruppe außerdem zweimal vier Variablen und einmal drei Variablen zur sicheren Identifikation notwendig, so dass auch hier im Mittel vier Variablen zur Identifikation benötigt wurden. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Variablenwahl und dem einmalig erreichten niedrigen Wert von zwei eindeutig identifizierenden Variablen war hier nicht ersichtlich.

Bei drei Variablenkombinationen war die maximale Zahl von sechs Variablen zur sicheren Identifikation notwendig. Hierbei handelte es sich um zwei Kombinationen aus Schnittpunkten mit Rasterlinien und Verzweigungen in den Quadranten [Tabelle 39 und 40] und um eine Kombination aus Variablen der Farbbildtechnik und der IR-Technik [Tabelle 50]. Allerdings gab es auch 23 Variablenkombinationen, mit denen eine eindeutige Identifikation jedes einzelnen Probanden nicht gelang, bzw. nur unter Hinzunahme zusätzlicher Variablen. Insbesondere in den Randbereichen des Rastersystems traten gehäuft übereinstimmende Variablenwerte bei den Probanden auf, also in den Rasterlinien I, V, und VI. Dies spricht für ein in diesen Regionen mehr oder weniger bei jedem Probandem konstantes Vorhandensein von Venen. Bereits Piolino beschreibt in seiner Abhandlung Stammgefäße im Bereich der Handwurzel bzw. im Übergang zum Unterarm, die er als konstant vorhanden ansieht, insbesondere radiale und ulnare Gefäße an Daumen und Kleinfinger [9]. Somit erscheint es günstiger Variablen der Handrückenmitte zu nutzen, da hier variabelere Verläufe der Venen wahrscheinlicher sind.

Während Typologien wie diejenigen von Piolino [9], Sayfi [10] oder Freerksen [11] das Handrückenvenenmuster qualitativ auswerten, ist mit einem Rasterliniensystem wie dem angewendeten eine Quantifizierung des Musters möglich. Allerdings erlaubt es nur eine äußerst eingeschränkte Aussage über die Morphologie des Handrückenvenenmusters, da es

die Verläufe der Gefäße quasi indirekt über ein Koordinatensystem kodiert. Im theoretisch schlechtesten Falle könnte ein Proband mit einem nach proximal konkaven Bogen nach Freerksen auf beiden Handrücken in den erhobenen Variablen der Rasterlinien und Quadranten dieselben Variablenwerte wie ein anderer Proband zeigen, der auf seinen Handrücken z.B. ein Netzwerk links und einen rhombischen Typen rechts ausprägt. In einem derartigen Falle könnte eine noch engere räumliche Aufteilung des Handrückens durch zusätzliche Rasterlinien und damit mehr Variablen ein noch genaueres Bild zeichnen und eine Unterscheidung ermöglichen. Einfacher erscheint jedoch die Ergänzung der quantitativen Analyse des Verlaufsmusters um qualitative Angaben wie Arkadenausprägung oder Verlauf größerer Stammgefäße, wie sie durch anatomische Typologien gegeben werden – dies ist sicher auch das realitätsnahe Vorgehen, denn der Fall aus der Praxis stellt zunächst auf die qualitative Analyse der Morphologie ab. Die quantitative Analyse des Venenmusters im vorgestellten Rastersystem wäre im realen Fall ein sinnvoller zweiter Schritt, um eine morphologisch-qualitative Ähnlichkeit des auf Bildmaterial abgebildeten Venenverlaufsmusters einer Täterhand mit dem Befunden der Hand eines Tatverdächtigen quantitativ zu überprüfen, um sie zu bestätigen oder auch zu relativieren.

#### **4.4 Betrachtung verwandter Probanden**

Die Gruppe der verwandten Probanden umfasste in der Düsseldorfer Stichprobe nur 9 Probanden.

Insgesamt zeigten die betrachteten Probandenpaare bzw. das Elternpaar und Sohn erstaunlich wenige Gemeinsamkeiten. Im morphologischen Vergleich traten deutliche Unterschiede in den Verlaufsmustern auf. Allein das Brüderpaar P-2009/23 und /24 zeigte auf dem linken Handrücken ein grob ähnliches Verlaufsmuster. Ein Vergleich der durch das Rastersystem gewonnenen Variablen konnte allerdings nur 9 übereinstimmende Variablenwerte aufweisen, wobei hier, wie oben bereits erwähnt, vor allem in den Randbereichen des Handrückens an den Rasterlinien I, V und VI diese Übereinstimmungen auftraten.

In der generationsübergreifenden Probandenpaarung bzw. dem Elternpaar und dem Sohn zeigten sich keine Kongruenzen, die auf einen eindeutigen Vererbungsmechanismus schließen ließen, was im Einklang mit den Beobachtungen Freerksens [11] steht, der in seiner Studie drei Elternpaare und deren Kinder (darunter mehrere Zwillingspaare) bzw. in einem Fall sogar Kindeskindern, insgesamt 19 Individuen, untersuchen und keine „klare Erblichkeit“ feststellen konnte. Interessanterweise zeigten P-2009/3 und /5, also Mutter und Sohn morphologisch mehr Gemeinsamkeiten, in der Analyse mittels Rastersystem wies jedoch der Vater P-2009/4 mit dem Sohn mehr Übereinstimmungen an Variablenwerten auf.

Dies unterstreicht wiederum die Aussagefähigkeit einer Kombination aus morphologischer Betrachtung und quantitativer Analyse zur Differenzierung zweier Individuen.

Aufgrund der geringen Personenzahl und nur zwei Gruppierungen, bei denen die Venenmuster generationsübergreifend untersucht werden konnten, lassen sich insgesamt keine Schlüsse über ein mögliches Vererbungsmuster ziehen.

#### **4.5 Conclusio**

Aufgrund der erhobenen Daten sind die eingangs gestellten Fragen wie folgt zu beantworten:

Beeinflussen genetische oder externe Faktoren das Muster (z.B. Einfluss von Geschlecht und Belastung)?

Die in dieser Arbeit untersuchten Probandenpaare/ -gruppen boten keinen Hinweis auf genetisch determinierte Ähnlichkeiten des Handvenenreliefs verwandter Personen; verwandte Personen boten nicht mehr Ähnlichkeiten als nicht verwandte Personen. Allerdings wurde nur eine sehr geringe Probandenzahl verwandter Personen untersucht. Die genannte Annahme lässt sich durch Literaturdaten, die von Freerksen [11] an 19 Probanden erhoben wurden, bestätigen. Hier zeigte sich, dass die Kinder deutlich unterschiedliche Venenmuster zeigten als ihre Eltern. Selbst bei eineiigen Zwillingen, von denen er 16 Paare untersuchte, sah er Unterschiede in den Venenmustern. Dennoch sollte dieser Fragestellung durch weitere Studien gezielt nachgegangen werden.

Das Geschlecht eines Probanden scheint keinen nennenswerten Einfluss auf die Ausprägung eines bestimmten Verlaufsmusters zu haben, wie auch äußere Einflüsse wie z.B. die Nutzung der Hand. Linkshänder weisen scheinbar seltener Verläufe mit Arkadenbildung auf, gleichwohl das häufige Fehlen einer Handrückenarkade auf dem linken Handrücken unabhängig von der Händigkeit des Probanden auftrat.

Insgesamt ist am ehesten von einer komplexen Genetik, sowie einer multikausalen Beeinflussung der Ausprägung eines Handrückenvenenmusters auszugehen; dies würde eine hohe Variabilität des Handvenenmusters begünstigen.

Wie variabel ist die Morphologie des Handvenenmusters?

Der Venenverlauf zeigt sich morphologisch höchst variabel. Gemäß den zuvor beschriebenen Systematiken treten sogar intraindividuell unterschiedliche Verlaufstypen auf, gleichwohl mehr als die Hälfte der Personen zumindest denselben Verlaufstyp auf beiden



Handrücken zeigte. Die quantitative Analyse mit dem entwickelten Rastersystem belegte ebenfalls eine hohe Variabilität. In der hier untersuchten Stichprobe von 60 Händen reichten bereits durchschnittlich 4 von 48 (!) Variablen aus, um die einzelnen Probanden eindeutig zu identifizieren.

Eine sichere Identifizierung von Individuen dürfte danach auch in einem großen Gesamtkollektiv möglich sein, wenn nur eine ausreichende Zahl Variablen erhoben wird, die möglichst unterschiedliche Dimensionen des abzubildenden biometrischen Objekts erfassen.

### Kann die Morphologie des Handvenenmusters zur Identifikation von Individuen genutzt werden?

Gefäßmuster des menschlichen Körpers werden bereits zur Verifizierung des Personals in Industrie und Wirtschaft z.B. für Zutrittsberechtigungen zu sicherheitssensiblen Bereichen genutzt [19], [20], [21].

Die nachgewiesene hohe Variabilität des Venenverlaufs am Handrücken lässt die Feststellung der Identität einer Person auch im forensischen Kontext zu. Eine quantitative Analyse, z.B. mittels des angewendeten Rastersystems, ermöglicht einen vom konkreten Gefäßverlauf unabhängigen Vergleich der venösen Gefäße des Handrückens. Ergänzend zu der im Bild deskriptiv direkt zu beurteilenden Morphologie der Handrückenvenen, z.B. über die anatomischen Systematiken, kann das Ergebnis der quantitativen Untersuchung zu einer zweifelsfreien Identifizierung beitragen.

### Mögliches Prozedere der Prüfung der Identität einer Person durch den Vergleich des Venenverlaufsmusters am Handrücken:

In Film-/Bildmaterial ist die Täterhand mit sichtbarem Venenrelief zu sehen; ein Tatverdächtiger wird ermittelt – und es geht nun um die Frage, ob es seine Hand ist, die zu sehen ist. Zur Prüfung der Identität könnte wie folgt vorgegangen werden:

1. Photographische Dokumentation des Handvenenverlaufs der entsprechenden Hand des Tatverdächtigen.

Die Gewinnung geeigneten Bildmaterials ist bei Berücksichtigung der Besonderheiten zur Darstellung der für die Bildauswertung notwendigen Strukturen des Handrückens recht simpel. Mit wenig Aufwand lassen sich auch, wie in dieser Arbeit, Photographien unterschiedlicher Lichtspektren erstellen, die einen Zugewinn an

Information ergeben, sofern die unterschiedlichen Darstellungsweisen in der Interpretation der Photographien bedacht werden.

2. Qualitative Beurteilung: Es wird auf Übereinstimmungen oder Unterschiede i.S. von Ausschlüssen geprüft.

Bei Vorliegen von Ausschlusskonstellationen wird die Identität verneint. Falls nur Übereinstimmungen gesehen werden, kann der Tatverdächtige nicht ausgeschlossen werden; es erfolgt jetzt eine quantitative Analyse über den beschriebenen Rasteransatz.

3. Quantitative Analyse über Rasteransatz: Relativierung oder Bestätigung der Übereinstimmung.

Bei im Rasteransatz jetzt auftretenden eindeutigen Unterschieden wird der Tatverdächtige als Täter ausgeschlossen. Bei weiterhin fehlenden Unterschieden und ausschließlichen Übereinstimmungen sprechen die Befunde für die Identität von Täter und Tatverdächtigem. Eine Identitätswahrscheinlichkeit kann allerdings erst nach Vorliegen der Ergebnisse der Analyse eines größeren Datensatzes unter Einschluss einer genügend großen Zahl verwandter Personen benannt werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Ritz-Timme, S., Gabriel, P., Tutkuvienė, J., Poppa, P., Obertová, Z., Gibelli, D., De Angelis, D., Ratnayake, M., Rizgeliene, R., Barkus, A., Cattaneo, C.: Metric and morphological assessment of facial features: A study on three European populations. In: *Forensic Science International*, H. 207, S. 239. Elsevier, 2011.
- [2] Ritz-Timme, S., Gabriel, P., Obertová, Z., Boguslawski, M., Mayer, F., Drabik, A., Poppa, P., De Angelis, D., Ciaffi, R., Zanotti, B., Gibelli, D., Cattaneo, C.: A new atlas for the evaluation of facial features: advantages, limits, and applicability. In: *International Journal of Legal Medicine*, H. 125, S. 301-306. Springer Verlag, 2011.
- [3] Benninghoff, A., Drenckhahn, D. (Hg): *Anatomie. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen*, Band 2, 16. Auflage, S. 132-133. Urban & Fischer Verlag, München, 2004.
- [4] Schiebler, T. H. (Hg): *Anatomie*, 9. Auflage, S. 267-304. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2005
- [5] Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K.: *Prometheus, Lernatlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*, S. 330-331. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2005.
- [6] Zilles, K., Tillmann, B.: *Anatomie*, S. 228-232. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2010.
- [7] Waldeyer, A., Fanghänel, J., Pera, F., Anderhuber, F., Nitsch, R. (Hg): *Anatomie des Menschen*, 17. Auflage, S. 767-769. Walter de Gruyter, Berlin, 2003.
- [8] Tamassia, A.: Les veines dorsales de la main comme moyen d'identification. In: *Arch. Anthropol. crimin. et de Méd. Lég.*, Tome 23, S. 833-837. Éditions Rey/Masson, Lyon/Paris, 1908.
- [9] Piolino, G.: Contribution à l'étude des veines de la face dorsale de la main. Etude d'Anatomie comparée par Georges Piolino. In: *Arch Anat. Histol. Embryol.*, Jg. 40, H. 1-8, S. 55-102. 1957.

- [10] Sayfi, Y.: Sur les types veineux de la face dorsale de la main. In: Arch Anat. Pathol. (Paris), Jg. 15, H. 2, S. 136–138. 1967.
- [11] Freerksen, E.: Die Venen des menschlichen Handrückens. In: Anatomy and Embryology, Jg. 108, H. 1, S. 82–111. Springer Verlag, 1937. Online verfügbar unter <http://www.springerlink.com/content/k502666131174w25/fulltext.pdf>.
- [12] Hwansoo Choi, A., Nguyen Tran, C.: Hand Vascular Pattern Technology. In: Jain, A. K., Flynn, P., Ross, A. A. (Hg.): Handbook of Biometrics, S. 253–270. Springer Science+Business Media LLC, Boston, 2008.
- [13] Badawi, A. M.: Hand Vein Biometric Verification Prototype: A Testing Performance and Patterns Similarity. In: Arabnia, Hamid R. (Hg.): Proceedings of the 2006 International Conference on Image Processing, Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas, Nevada, USA, June 26-29. CSREA Press, Bd. 1, S. 3–9. 2006.
- [14] Clauß, G., Finze, F.-R., Partzsch, L.: Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner, 5. Auflage, Band 1, S. 54-83. Harri Deutsch Verlag, Frankfurt a. M., 2004.
- [15] Watanabe M., Endoh T., Shiohara, M., Sasaki, S.: Palm vein authentication technology and its applications, The Biometric Consortium Conference, September 19-21, USA, S. 1-2. 2005.
- [16] Im, S.-K., Park, H.-M., Kim, Y.-W., Han, S.-C., Kim, S.-W., Kang, C.-H., Chung, C.-K.: An Biometric Identification System by Extracting Hand Vein Patterns. In: Journal of the Korean Physical Society, Jg. 38, H. 3, S. 268-272. 2001.
- [17] Prokoski, F. J.; Riedel, R. B.: Infrared Identification of Faces and Body Parts. In: Jain, Anil K (Hg.): Biometrics. Personal identification in networked society, S. 191-212. Springer Verlag, New York, 2006.
- [18] Minor, L.: Über die Dorsalvenen der Hände in ihren Beziehungen zur Rechts- und Linkshändigkeit. Vortrag gehalten auf dem internationalen Neurologen-Kongreß in Bern, 1. September 1931. In: Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde (Journal of Neurology), H. 126, S. 1-18. Springer Verlag, Heidelberg, 1932. Online verfügbar unter <http://www.springerlink.com/content/q5648u17u77pu854/fulltext.pdf>.

[19] O' Gorman, L.: Securing Business's Frontdoor. Password, Token, and Biometric Authentication. In: Ghosh, S.; Malek, M.; Stohr, E. A. (Hg.): Guarding Your Business. A Management Approach to Security, S. 119-149. Springer US, 2004.

[20] Dessimoz, D., Champod, C.: Linkages between Biometrics and Forensic Science. In: Anil K. Jain, Patrick Flynn and Arun A. Ross (Hg.): Handbook of Biometrics. S. 425-459: Springer Science+Business Media LLC, Boston, 2008.

[21] Newton, E.: Strengths and Weaknesses of Biometrics. In: Camp, L Jean (Hg.): Economics of Identity Theft: Avoidance, Causes and Possible Cures, S. 109-124. Springer Science+Business Media LLC, Boston, 2007.

## 6. Anhang

### Standardisierter Erfassungsbogen:

Probanden-Nr.:	P-2009/XX		
Datum:			
Geburtsdatum:	_ . _ . _		
Geschlecht:	m	w	
Händigkeit (falls „R“: umgelernt? Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>	L	R	B
Beruf:	; ausgeübt seit Jahren		
Einsatz der Hände im Arbeitsprozess:			
Kraft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(Fein-)Motorik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dauer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einnahme von Medikamenten?	Ja	Nein	
- Wenn „ja“, welche?			
Regelmäßiger Kontakt der Hände mit Schadstoffen?	Ja	Nein	
- Wenn „ja“, welche?			
Raucher	Ja	Nein	
Freizeitbeschäftigungen (die drei häufigsten):			
Spielein eines Musikinstruments erlernt?	Ja	Nein	
- Wenn „ja“, welches?			

Veröffentlichung der Photographien erwünscht: Ja  Nein

## Tabellarische Übersicht der erhobenen Daten in den Erfassungsbögen

<b>Probandennr.</b>	<b>Datum</b>	<b>Geb.-Datum</b>	<b>Geschlecht</b>	<b>Händigkeit</b>	<b>Beruf</b>
P-2009/1	24.03.2009	01.04.1986	m	r	Student
P-2009/2	28.03.2009	25.07.1984	m	r	Fachinformatiker
P-2009/3	30.03.2009	18.05.1954	w	r	Arzt
P-2009/4	30.03.2009	01.07.1935	m	r	Rentner
P-2009/5	30.03.2009	19.12.1985	m	r	Student
P-2009/6	30.03.2009	08.05.1989	m	r	Azubi
P-2009/7	31.03.2009	07.10.1984	m	r	Bauzeichner
P-2009/8	01.04.2009	03.12.1989	m	r	Schüler
P-2009/9	01.04.2009	30.10.1955	m	r	Ingenieur
P-2009/10	01.04.2009	11.09.1950	m	r	Tischler
P-2009/11	01.04.2009	05.10.1967	m	r	Schreiner
P-2009/12	01.04.2009	18.12.1984	m	l	Student
P-2009/13	04.04.2009	30.01.1985	w	r	Student
P-2009/14	04.04.2009	21.09.1980	m	r	Student
P-2009/15	05.04.2009	15.01.1967	m	l	Techniker
P-2009/16	05.04.2009	25.03.1984	m	r	Steuerfachangestellter
P-2009/17	05.04.2009	12.02.1985	m	r	Student
P-2009/18	07.04.2009	28.02.1981	w	l	Student
P-2009/19	07.04.2009	30.07.1984	m	r	Student
P-2009/20	07.04.2009	14.08.1984	m	r	Student
P-2009/21	07.04.2009	26.05.1981	w	l	Student
P-2009/22	09.04.2009	06.08.1983	m	r	Student
P-2009/23	09.04.2009	07.11.1981	m	r	Student
P-2009/24	09.04.2009	25.10.1983	m	r	Student
P-2009/25	09.04.2009	23.12.1983	w	r	Student
P-2009/26	09.04.2009	28.09.1986	w	r	Student
P-2009/27	09.04.2009	22.06.1984	m	r	Student
P-2009/28	09.04.2009	05.01.1984	m	r	Student
P-2009/29	10.04.2009	24.03.1985	m	r	Student
P-2009/30	09.04.2009	05.10.1987	w	r	Student

Probandennr.	Ausübung des Berufs in Monaten	Handnutzung Kraft	Handnutzung Feinmotorik	Handnutzung Geschwindigkeit	Handnutzung Dauer
P-2009/1	42	1	3	3	4
P-2009/2	48	2	5	3	5
P-2009/3	180	4	4	5	3
P-2009/4	108	1	3	2	4
P-2009/5	60	2	4	4	4
P-2009/6	6	2	4	3	3
P-2009/7	36	2	5	4	5
P-2009/8	144	2	4	4	5
P-2009/9	360	4	5	3	3
P-2009/10	528	5	2	2	5
P-2009/11	312	5	3	3	5
P-2009/12	12	2	3	4	4
P-2009/13	36	1	3	2	4
P-2009/14	96	3	4	3	4
P-2009/15	84	3	4	3	4
P-2009/16	48	2	3	4	5
P-2009/17	60	4	3	3	5
P-2009/18	60	2	2	3	4
P-2009/19	60	4	3	4	4
P-2009/20	60	2	4	3	3
P-2009/21	54	2	4	4	3
P-2009/22	60	3	4	3	3
P-2009/23	60	2	2	2	2
P-2009/24	60	2	3	2	3
P-2009/25	60	1	4	3	4
P-2009/26	36	3	4	3	3
P-2009/27	60	1	3	2	4
P-2009/28	54	2	3	1	3
P-2009/29	60	4	4	3	2
P-2009/30	30	2	4	3	5



<b>Probandennr.</b>	<b>Medikamenteneinnahme</b>	<b>Substanzen</b>
P-2009/1	nein	
P-2009/2	nein	
P-2009/3	ja	Kaliumjodid
P-2009/4	ja	Allopurinol, Ramipril, Marcumar, Moxonidin, Levothyroxin, Torasemid, Fluvastatin, Ezetimib, Bisoprolol
P-2009/5	nein	
P-2009/6	nein	
P-2009/7	nein	
P-2009/8	nein	
P-2009/9	nein	
P-2009/10	nein	
P-2009/11	nein	
P-2009/12	nein	
P-2009/13	nein	
P-2009/14	nein	
P-2009/15	ja	Antihistaminikum
P-2009/16	nein	
P-2009/17	nein	
P-2009/18	nein	
P-2009/19	nein	
P-2009/20	nein	
P-2009/21	nein	
P-2009/22	nein	
P-2009/23	nein	
P-2009/24	nein	
P-2009/25	nein	
P-2009/26	nein	
P-2009/27	nein	
P-2009/28	ja	Metamizol
P-2009/29	nein	
P-2009/30	nein	

<b>Probandennr.</b>	<b>regelmäßiger Schadstoffkontakt</b>	<b>Substanzen</b>	<b>Raucher</b>
P-2009/1	nein		nein
P-2009/2	nein		nein
P-2009/3	ja	Desinfektionsmittel	ja
P-2009/4	nein		nein
P-2009/5	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/6	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/7	nein		nein
P-2009/8	nein		nein
P-2009/9	ja	Lösungsmittel, Baustoffe	nein
P-2009/10	ja	Lösungsmittel, Baustoffe	nein
P-2009/11	ja	Lösungsmittel, Baustoffe	ja
P-2009/12	nein		nein
P-2009/13	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/14	nein		nein
P-2009/15	ja	Waschbenzin	nein
P-2009/16	nein		nein
P-2009/17	nein		nein
P-2009/18	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/19	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/20	nein		nein
P-2009/21	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/22	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/23	nein		nein
P-2009/24	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/25	ja	Desinfektionsmittel	ja
P-2009/26	nein		nein
P-2009/27	ja	Desinfektionsmittel	nein
P-2009/28	nein		nein
P-2009/29	nein		nein
P-2009/30	nein		nein

Probandennr.	hauptsächliche Freizeitaktivitäten	Musikinstrument erlernt	Instrument	Anmerkung
P-2009/1	Tanzen, Theater; Wandern	ja	Klavier	
P-2009/2	Sport, PC	nein		
P-2009/3	Fahrrad, Walking	ja	Blockflöte	Mutter von P-2009/5
P-2009/4	Garten, Fernsehen, Reisen	nein		Vater von P-2009/5
P-2009/5	Modellbau, Sport, Wandern	ja	Violine	
P-2009/6	PC, Jugendarbeit, Kino	ja	Tastenteinstrumente	Bruder von P-2009/1
P-2009/7	PC, Modellbau, Design	ja	Akkordeon, Saxophon	
P-2009/8	Sport	nein		
P-2009/9	Modellbau	ja	Gitarre	Vater von P-2009/8
P-2009/10		ja	Mundharmonika	
P-2009/11	Fußball, Playstation	nein		
P-2009/12		ja	Klavier, Flöte	
P-2009/13	Wandern, Lesen, Kochen	nein		
P-2009/14	Modellbau, Lesen, Kraftsport	nein		
P-2009/15	Photographie, Lesen, Radfahren	nein		
P-2009/16	Wandern, Musizieren, Singen	ja	Gitarre, Balalaika	
P-2009/17	Wandern, Tanzen, PC	nein		
P-2009/18	Aerobic, PC, Lesen	nein		
P-2009/19	Sport, PC, Fernsehen	ja	Trompete	
P-2009/20	Sport, PC, Motorradfahren	ja	Bass	
P-2009/21	Sport, Klavierspielen, Singen	ja	Klavier	
P-2009/22	Labor	nein		
P-2009/23	Sport	ja	Klavier	
P-2009/24	Sport	ja	Klavier	Bruder von P-2009/23
P-2009/25	Malen, Skateboard	nein		
P-2009/26	Ballett	ja	Violine	
P-2009/27	Lesen, Sport	nein		
P-2009/28	Sport, PC, Kino	ja	Gitarre	
P-2009/29		nein		
P-2009/30	Sticken, Tanzen, Lesen	nein		

## **Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.