

Stadien postmortaler Waschhautbildung — Ergebnisse systematischer qualitativer und quantitativer experimenteller Untersuchungen*

W. Weber und R. Laufkötter

Abteilung Rechtsmedizin der Medizinischen Fakultät der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Neuklinikum Pauwelsstraße,
D-5100 Aachen, Bundesrepublik Deutschland

Stage Classification of Washerwoman's Hands at Experimental Time Intervals

Summary. The development of washerwoman's hands depends upon the length of submersion. Until now there have been no results published on the qualitative and quantitative time-related changes with regard to washerwoman's hands. The fingertips of 50 hands from 35 corpses were qualitatively examined at early postmortem (1–4 h after death). The quantitative investigations were confined to the tips of the middle fingers. Submersion of the hands in water at 37°C was interrupted at intervals of 10 min, 30 min, 60 min, 2 h, 3 h, 4 h, 6 h, 10 h and 24 h for a period of 30s–1 min. The width of three adjoining ridges of the skin were measured in three defined areas of the middle fingertips and photographs were taken. *Quantitative results:* No relevant differences were seen in the changes of the width of the skin ridges between the right and left hand after submersion in water; there was no specific difference between the sexes. During the soaking process the skin ridges influence each other. The age of the individual corpse has no influence on the change in width of the skin ridges. Concerning the *qualitative test results*, six time-limited stages could be classified: stage I: physiological dry state; stage II: softened state; stage III: swollen and compressed state; stage IV: partial wrinkle covering; stage V: epidermal lysis; stage VI: loss of relief outlines.

Key words: Washerwoman's hands, experimental tests – Drowning, washerwoman's hands

Zusammenfassung. Der Prozeß der Waschhautbildung ist abhängig von der Wasserzeit. Systematische quantitative und qualitative, experimentelle Untersuchungen zeitlich abhängiger Oberflächenveränderungen der Waschhaut gibt es bisher nicht. Bei 35 Personen ist in der frühen postmortalen Phase (1–4 h p.m.) die Waschhautbildung der Fingerbeeren an 50 Händen qualitativ und die der Mittelfingerbeeren quantitativ bei 37°C Wassertemperatur unter-

* Herrn Prof. Dr. O. Grüner zum 65. Geburtstag gewidmet
Sonderdruckanfragen an: Prof. Dr. W. Weber (Adresse siehe oben)

sucht worden. Nach 10 min, 30 min, 60 min, 2 h, 3 h, 4 h, 6 h, 10 h und 24 h erfolgte eine photographische Dokumentation und Messung der Hautleistenbreiten in drei Meßzonen an jeweils drei Hautleisten sowie eine qualitative Beurteilung der übrigen Fingerbeeren. Zudem sind insgesamt 2000 Photos [= 50× (10 Übersichten und 30 vergrößerte Ausschnitte)] ausgewertet worden. Die *quantitativen* Untersuchungsergebnisse zeigen, daß keine wesentlichen Unterschiede in den Leistenbreitenveränderungen zwischen rechter und linker Hand bestehen. Die Hautleisten beeinflussen sich während der wäßrigen Quellung gegenseitig. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied ist nicht erkennbar. Das Individualalter spielt bei der Waschhautbildung keine relevante Rolle. Die *qualitativen* Untersuchungsergebnisse zeigen, daß sich durch zeitlich abhängige Oberflächenveränderungen an den Fingerbeeren nach Wässerung 6 Stadien abgrenzen lassen. Stadium I: der physiologisch trockene Normzustand; Stadium II: die Benetzung; Stadium III: die Verquellung (Anschwellung und Abschwellung der Hautleisten); Stadium IV: die Verwerfung (zunehmende Überdeckung der Faltentäler durch aufgeworfene Hautfalten); Stadium V: epidermale Lyse; Stadium VI: Konturenverlust der Hautleisten.

Schlüsselwörter: Postmortale Waschhaut, quantitative Untersuchungen – Ertrinken, Waschhautbildung

Der Prozeß der Waschhautbildung ist erst kürzlich durch modifizierte, histologische Untersuchungen neu interpretiert worden (Weber 1982). Unterstellt man, daß die „Wasserzeit“ für die Waschhautbildung dem Aufenthalt einer Person im flüssigen Milieu entspricht, so kann eine quantitative Zuordnung zeitlich abhängiger Oberflächenveränderungen – unter Abzug der Zeit für den Ertrinkungsvorgang von ca. 3–10 min – die Todeszeit besser eingrenzen helfen. Dies trifft besonders dann zu, wenn die üblichen Todeszeichen wie Livores und Rigor noch nicht ausgeprägt sind. Das gilt aber auch für fragliche Todeszeiten von mehr als 10 h.

Systematische, quantitative Untersuchungen zu den zeitlichen Veränderungen postmortaler Waschhaut gibt es bisher nicht. Es ist das Ziel dieser Arbeit, bei der postmortalen Waschhautbildung an Fingerbeeren die Oberflächenveränderungen experimentell quantitativ und qualitativ zu erfassen sowie zeitliche Abhängigkeiten aufzuzeigen.

Versuchsanordnung

In der frühen postmortalen Phase (1–4 h p.m.) wurden von 35 Personen (19 Männer und 16 Frauen im Alter von 18–92 Jahren) die Hände untersucht. Voraussetzung für den Versuchsbeginn waren folgende Kriterien: Kenntnis der Todeszeit, trockener Fundort, zudem physiologisch trockene und unverletzte obere Extremitäten. In 20 Fällen wurde die anschließende Wässerung an einer Hand, in 15 Fällen an beiden Händen in stehendem, konstant temperiertem Stadtleitungswasser (37°C, pH 8–9) durchgeführt. Zur photographischen Dokumentation mit Hilfe eines Operationsmikroskops (OPMI I der Fa. Carl Zeiss) und angelegtem Maßstab erfolgte eine Unterbrechung der Wässerung nach 10 min, 30 min, 60 min, 2 h, 3 h, 4 h, 6 h,

10 h und 24 h für je 0,5 bis 1 min. Auch bei den Messungen wurde jegliche mechanische Alteration vermieden.

Vor Wässerungsbeginn waren auf den Mittelfingerbeeren drei Meßzonen gekennzeichnet worden, die sich an einer sogenannten Fingerbeeren-Kammlinie orientierten. Es handelt sich dabei um eine hypothetische Linie, die parallel zur Phalangenlängsachse durch den Scheitelpunkt der Fingerkuppe verläuft. Als Meßzone I wurde der unmittelbare Bereich am Scheitelpunkt der Fingerbeeren-Kammlinie definiert und um jeweils etwa 5 Leistenbreiten nach distal bzw. proximal verschoben, die Meßzone II bzw. die Meßzone III. Als Meßstrecke *a* diente die Breite der jeweiligen, hier befindlichen Hautleiste in unmittelbarer Nähe der Markierungen, wie auch die jeweilige Breite der benachbarten Hautleisten in gleicher Höhe (*b* und *c*).

Zur quantitativen Befundauswertung gelangten letztlich 50 Mittelfingerbeeren mit ihren Veränderungen in Abhängigkeit von der Wasserzeit. Dabei wurden insgesamt 50 Photoserien à 40 Photos (= 10 Übersichtsaufnahmen von der Fingerbeere und 30 Aufnahmen 25mal vergrößerter Teilausschnitte von den Meßzonen) mit den unmittelbaren Versuchsaufzeichnungen ausgewertet und Diagramme von den zeitlichen Meßstreckenveränderungen angefertigt. Die qualitativen Veränderungen waren den Versuchsaufzeichnungen und Photoserien zu entnehmen.

Ergebnisse

Bereits das makroskopische Erscheinungsbild der einzelnen unbenetzten Fingerbeere zeigt Unterschiede von Finger zu Finger jeder Hand, d. h. in der Form, im Ausmaß der Asymmetrien, in der Farbe und im Tonus – (Cave Kältefalten!).

Die Meßwerte der Versuchsserien ergeben, daß nach 10 min Wässerung bei 37°C Veränderungen der Leistenbreiten an *allen* Mittelfingerbeeren zu beobachten sind. Der Breitenzuwachs der einzelnen Hautleiste kann bis zu 30% betragen. In 10 Meßzonen ist an solitären Leisten eine Verschmälerung bis zu 13,5% eingetreten. Lediglich eine einzige Meßzone (von insgesamt 150 Meßzonen der 50 Mittelfingerbeeren) blieb unverändert. Bei allen Mittelfingerbeeren (Abb. 4 und 5), wie auch bei den übrigen Fingerbeeren der 50 untersuchten Hände wird eine beginnende Fältelung eindeutig sichtbar. Die Primärfarbe erfährt eine kleinfleckige Aufhellung.

In den folgenden Zeitintervallen nehmen Anzahl, Form und Ausmaß der Falten zu. Die größten Zuwachsraten der Leistenbreiten – bis zu 86% – liegen in der Wässerungszeit von 1–6 h, obwohl die Leistenbreiten-Maxima der einzelnen Meßzonen in der Regel erst mit 10 h erreicht sind. Die gegenseitige mechanische Beeinflussung der benachbarten Hautleisten zeigt sich, wenn bei offensichtlicher Verbreiterung einer Leiste die eine oder andere, bzw. beide, aber auch alle drei benachbarten Leisten sich durch Kompression verschmälern (Abb. 1). Ein stetiger Leistenbreitenzuwachs bei fortschreitender Wässerung war an keiner einzigen Meßstrecke festzustellen. Hautleisten der Mittelfingerbeeren, die sich in den ersten Wässerungsintervallen verbreitert hatten, konnten sich in der Folgezeit durch Kompression bis zu 56% der ursprünglichen Breite verschmälern. Umgekehrt konnten sich zunächst schmaler gewordene Meßstrecken nach weiterer Wässerung wieder verbreitern (Anschwellung und Abschwellung = Verquellung).

Ab einer Wässerungsdauer von 4 h zeichnet sich an den Waschhautfalten in der Form und in der Beschaffenheit eine Besonderheit ab: 1. die zunehmend

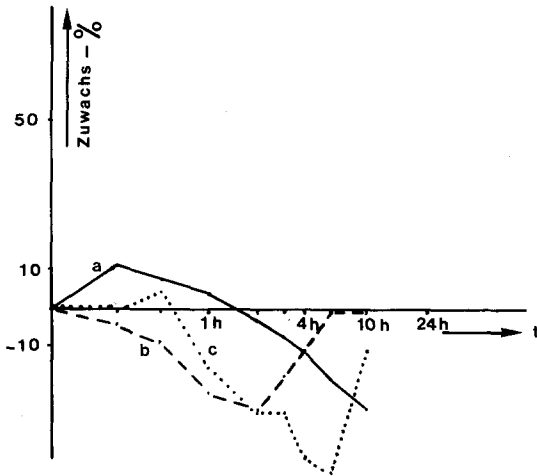


Abb. 1. Veränderungen der Leistenbreiten in der Meßzone III

höher gewordenen, groben Falten beginnen, die Faltentäler zu überdecken (Verwerfung); 2. die Anzahl vereinzelter, feiner Einrisse im Stratum corneum disiunctum der Leistentäler wird rasch größer. Sie entstehen zunehmend auch auf den Leistenkuppen innerhalb der Einziehungen quer zum Leistenverlauf. Es kommt zur verstärkten Weißfärbung des Reliefs.

Nach 10 h Wässerung sind mehrfache Faltenverwerfungen zu beobachten. An vereinzelt Stellen in den Leistentälern ist ein kleinfleckiger Verlust des Stratum corneum disiunctum an den Einrißstellen zu erkennen (epidermale Lyse). Das leuchtend weiße Stratum corneum coniunctum wird hier sichtbar.

Nach 24 h Wässerung sind auch auf den Leistenkuppen kleine, streifig-fetzig Anteile des Stratum corneum disiunctum abgelöst worden, bevorzugt auf den Faltenkuppen. An diesen Stellen sind die hier befindlichen Meßstrecken durch den Konturenverlust nicht mehr sicher abzugrenzen.

Die Rolle der Händigkeit (rechts, links) zeigt ein Vergleich der maximalen und minimalen Leistenbreitenveränderungen in ihrer Verteilung auf die drei Meßzonen (I, II und III). Es handelt sich dabei um diejenigen Ergebnisse, die an den Mittelfingerbeeren der 15 beidhändig untersuchten Probanden erzielt wurden.

Verteilung der Maxima auf die Meßzonen

rechts: I:II:III = 1:3,5:3,5

links: I:II:III = 1:4 :3

Verteilung der Minima auf die Meßzonen

rechts: I:II:III = 1,4:1:1,2

links: I:II:III = 1 :1:1,4

Die geringfügigen Differenzen der Vergleichskollektive ergeben keinen relevanten Einfluß der Händigkeit auf die Leistenbreitenveränderungen im Wässerungsversuch.

Die Frage nach dem Einfluß der Zonen-Lokalisation auf der sog. Fingerbeeren-Kammlinie wird durch einen Vergleich beantwortet, auf welche Meß-

zone jeder einzelnen Versuchsserie die größten Veränderungen (Maxima und Minima) einer oder mehrerer Meßstrecken entfallen.

Ergebnis für die Meßzonen-Maxima

$$I:II:III = 1 : 1,9 : 1,9$$

Ergebnis für die Meßzonen-Minima

$$I:II:III = 1,4 : 1 : 1,4$$

Demnach sind diesseits und jenseits des Scheitelpunktes auf der Fingerbeeren-Kammlinie nahezu doppelt so viele Maxima festzustellen.

Die Minima konzentrieren sich mehr auf die Meßzonen I und III. Somit läßt sich für die Meßzone III mehr Dynamik bei der Waschhautbildung erkennen als in Meßzone I und II. Dagegen hat die Meßzone I die wenigsten Maxima, d. h. als Korrelat für einen Kompressionseffekt am Fingerbeeren-Scheitel.

Die mögliche gegenseitige, mechanische Beeinflussung der Hautleisten wird abgeklärt durch eine Gegenüberstellung, wieviel Meßstrecken-Maxima und Meßstrecken-Minima von den drei Meßzonen aller Versuchsserien sich auf die Meßstrecke *a*, *b* oder *c* verteilen.

Ergebnis für die Meßstrecken-Maxima

$$a:b:c = 1,3 : 1,1 : 1$$

Ergebnis für die Meßstrecken-Minima

$$a:b:c = 1,2 : 1 : 1,3$$

Die auffallend gleichmäßige Verteilung der Maxima und Minima auf alle drei Meßstrecken bestätigt die gegenseitige mechanische Beeinflussung benachbarter Hautleisten während des Versuchs.

Die fragliche Auswirkung des Geschlechts auf die Breitenveränderungen der Hautleisten bei Wässerung läßt sich in einem Vergleich der Verhältnisse erkennen, wie sich die Maxima und Minima der drei Meßstrecken (*a*, *b* und *c*) in den jeweiligen Meßzonen aller Versuchsserien verteilen.

Ergebnisse für die männlichen Probanden:

| | I | | II | | III | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Maxima | Minima | Maxima | Minima | Maxima | Minima |
| <i>a</i> | 2 | 1 | 2,5 | 1,7 | 1,6 | 1,7 |
| <i>b</i> | 1,3 | 2,5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| <i>c</i> | 1 | 3 | 1 | 1 | 1,6 | 1 |

Bereinigte Ergebnisse für die weiblichen Probanden:

| | I | | II | | III | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Maxima | Minima | Maxima | Minima | Maxima | Minima |
| <i>a</i> | 1,1 | 1 | 1,6 | 2 | 1 | 1,8 |
| <i>b</i> | 1 | 1,5 | 1,8 | 1 | 1 | 1,4 |
| <i>c</i> | 1 | 3 | 1 | 2,5 | 1,7 | 1 |

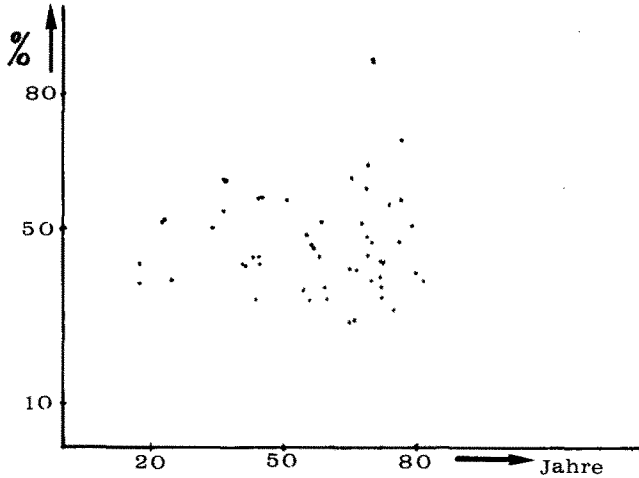


Abb. 2. Meßzonen-Maxima der 50 Versuchsserien in Abhängigkeit vom Alter der Probanden

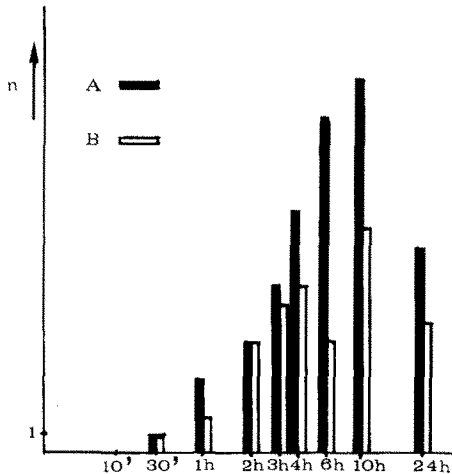


Abb. 3. Kollektiv-Vergleich der einzelnen Meßzonen-Maxima aller Versuchsserien in Abhängigkeit von der Wasserzeit und dem postmortalen Versuchsbeginn (A = 1-2 h p.m.; B = 2-4 h p.m.)

Bis auf geringfügige Unterschiede der Minima in Meßzone IIc und der Maxima in Meßzone IIIa bei den weiblichen Probanden zeigen sich gleiche Tendenzen in der Verteilung. Einen wesentlichen, geschlechtsspezifischen Unterschied der Leistenbreiten-Veränderungen durch Wässerung gibt es somit nicht.

Ob und wie sich das Individualalter auf die Leistenbreiten-Veränderungen bei Wässerung der Fingerbeeren auswirkt, zeigt sich, wenn man die Meßzonen-Maxima aller Versuchsserien nach ihren prozentualen Abweichungen von der ursprünglichen Leistenbreite in Abhängigkeit vom Individualalter graphisch darstellt. Dabei ergibt sich eine Punktwolke (Abb. 2), die sich in einem Feld zwischen 30% und 60% fast gleichmäßig aufteilt. Ein relevanter Einfluß des Individualalters auf die Leistenquellung bei Wässerung ist demnach nicht zu erkennen.

Eine denkbare Verfälschung der mitgeteilten Meßergebnisse könnte in möglichen Exsikkationsveränderungen vor Versuchsbeginn begründet sein. Zur

Überprüfung dieses Komplexes bietet sich der Vergleich zweier Kollektive an (A = Versuchsbeginn 1–2 h p.m., B = Versuchsbeginn 2–4 h p.m.), nach welchem Wässerungsintervall das Leistenbreiten-Maximum jeder einzelnen Meßzone erreicht wird. Das Ergebnis ist in Abb. 3 dargestellt. In beiden Kollektiven werden übereinstimmend erst nach 10 h Wässerungsdauer die meisten Leistenbreiten-Maxima erreicht. Die Tendenz beider Kollektive ist bis auf eine geringfügige Abweichung (in Kollektiv B bei 6 h) so auffallend gleichartig, daß ein Versuchsbeginn in der frühen postmortalen Phase (1–4 h p.m.) keine wesentlichen Unterschiede der äußerlich sichtbaren Leistenbreiten-Veränderungen bei Waschhautbildung erwarten läßt.

Diskussion

Nach bisheriger rechtsmedizinischer Literatur werden als Kriterien für die Waschhautbildung die Fältelung der Leistenhaut an Händen und Füßen sowie deren zunehmende weiße Farbgebung genannt.

„Ausprägungsgrade“ dieser beiden Kriterien können Grundlage für eine zeitliche Zuordnung sein. Eine auf diese Weise „quantifizierte Waschhaut“ ist jedoch aus folgenden Gründen mit Zurückhaltung zu beurteilen:

1. Primär bestehende Kältefalten der Fingerbeeren (Weber 1982) können als Folge supravitaler, sympathisch-vasokonstriktiver Zentralisation der Haemodynamik eine wesentlich längere Wasserzeit vortäuschen. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls an Exsikkationsfalten zu denken (Weber und Munzert 1982), die sekundär benetzt worden sind.

2. Die Primärfarbe jeder einzelnen Fingerbeere ist für den praktischen Fall *immer* unbekannt und ebenfalls abhängig von der individuellen Haemodynamik und Vasomotorik.

Ad 1.: An das Untersuchungsgut sind somit besondere Anforderungen zu stellen gewesen: Möglichst genau bekannte Todeszeit, trockener Fundort, unverletzte obere Extremitäten, keine „Kältefalten“ an den Fingerbeeren und Versuchsbeginn in der frühen postmortalen Phase (1–4 h p.m.). Die jeweils bekanntgewordene Todeszeit ist nach dem Ausbildungsgrad der Livores und des Rigors, anhand der Leberkerntemperatur und Oberschenkelkerntemperatur, sowie durch Auslösung und Bewertung der neuromuskulären Erregbarkeit der Mimikmuskulatur, wie auch der Auslösbarkeit des idiomuskulären Wulstes am *Musculus biceps* überprüft worden.

Ad 2.: Farbintensitäten und Farbverschiebungen auf kleinen Flächen eines inhomogenen Substrates lassen sich kaum objektivieren. Bei der üblichen Photo-Technik verfälschen die nur schwer kalkulierbaren Filmentwicklungsprozesse die tatsächlichen Verhältnisse. Es ist insofern bei unseren Untersuchungen bei der individuell-subjektiven Farbeinschätzung geblieben. Der eingeschlagene Untersuchungsweg gestattet deshalb lediglich eine partielle quantitative Aussage über die Oberflächenveränderungen der Waschhaut.

Nach den Testaufzeichnungen und nach Auswertung der Photo-Serien erscheint es sinnvoll, den äußerlich sichtbaren Vorgang der Waschhautbildung in sechs Stadien einzuteilen. Besondere Oberflächenveränderungen, die in

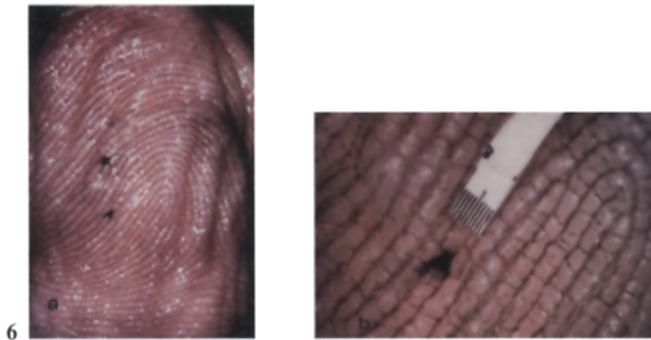
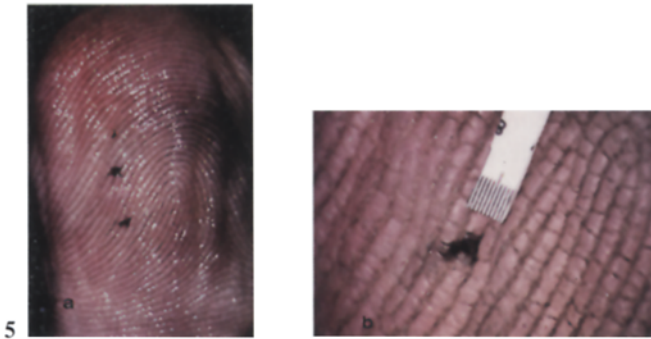
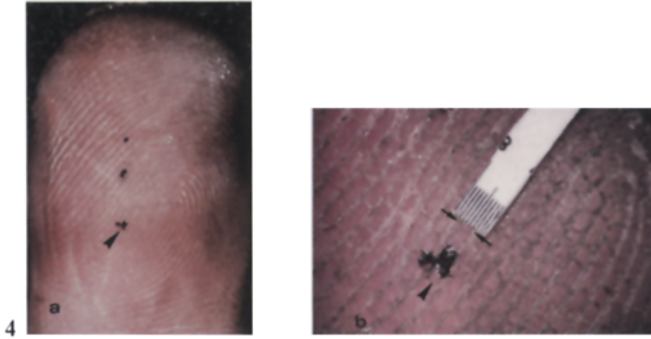


Abb. 4a, b. Stadium I (Normzustand). **a** Unbenetzte, physiologisch trockene Fingerbeere mit drei gekennzeichneten Meßzonen an der hypothetischen Fingerbeerenkammlinie. Markierung der Meßzone III durch einen großen Pfeil. **b** Vergrößerter Ausschnitt der Meßzone III (25 \times). Pfeile markieren die Meßstrecke *a*

Abb. 5a, b. Stadium II (Netzung): 10 min Wasserzeit bei 37°C. Kleinfleckige Aufhellung der Primärfarbe, beginnende Faltenbildung

Abb. 6a, b. Stadium III (Verquellung): Bis zu 4 h Wasserzeit. Zunehmend stärkere Faltenbildung. Erste Einrisse im Stratum corneum disiunctum. Flächige Aufhellung der Primärfarbe

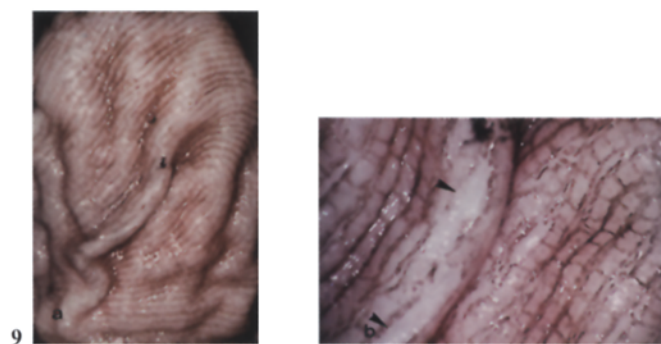
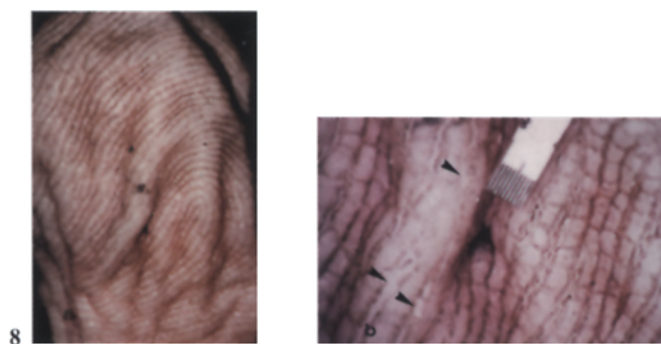


Abb. 7a, b. Stadium IV (Verwerfung): Nach 4 h Wasserzeit. Grobe Faltenbildung, beginnende Verdeckung der Falzentäler. Verbreiterung der Einrisse im Stratum corneum disiunctum. Weißlicher Farbton des Leistenreliefs

Abb. 8a, b. Stadium V (epidermale Lyse): Nach 10 h Wasserzeit. Mehrfache Faltenverwerfungen. Pfeile markieren den kleinfleckigen Verlust des Stratum corneum disiunctum. Weiße Farbe des Reliefs

Abb. 9a, b. Stadium VI (Konturenverlust): Nach 24 h Wasserzeit. Streifige, epidermale Lyse auf den Faltenkuppen und Leistenkuppen durch Pfeile markiert

Reihenfolge erst nach bestimmten Wässerungsintervallen an den Fingerbeeren zu beobachten sind, können auf diese Weise zeitlich zugeordnet werden.

Als *Stadium I* wird der „Normzustand“ der unbenetzten, physiologisch trockenen Fingerbeere angesehen. Kältefalten können bereits vorhanden sein, in späten postmortalen Phasen auch Exsikkationsfalten.

Das *Stadium II* der Waschhautbildung läßt sich unter den Begriff der „Netzung“ bzw. „Benetzung“ subsumieren. Es erfaßt die Lösung des sog. Zufallsfettfilmes, die Infiltration des Stratum corneum disiunctum und coniunctum, wie auch der Schweißdrüsenausführungsgänge (Gottron und Schönfeld 1961; Dotzauer und Tamaska 1968; Yates 1971; Herrmann et al. 1973; Stüttgen und Schaefer 1974; Führer 1980; Thiele et al. 1981; Fröhlich 1981). Die Ergebnisse unserer Serienversuche zeigen, daß nach einer Wasserzeit von 10 min bei 37°C alle Fingerbeeren eine beginnende Fältelung, wie auch in den meisten Fällen eine kleinfleckige Aufhellung der Primärfarbe erkennen lassen (Abb. 4 und 5). Diese Beobachtung stimmt überein mit den Meßstrecken-Veränderungen an den gekennzeichneten Meßzonen. Auf allen Fingerbeeren haben sich Leistenbreiten-Veränderungen eingestellt. Dabei kann die Hautleistenbreite nach dem ersten Wässerungsintervall bis zu 30% zunehmen. In 10 der 150 Meßzonen haben sich solitäre Meßstrecken bis zu 13,5% verschmälert.

Auch nach längeren Wässerungszeiten sind weitere 47 Meßstrecken in unterschiedlichen Meßzonen bis auf 56% der ursprünglichen Leistenbreite im Normzustand schmaler geworden. Es handelt sich um die Auswirkung der gegenseitigen mechanischen Beeinflussung korrespondierender Hautleisten. Dieser Vorgang fällt bereits in das *Stadium III*, wobei das Anschwellen und Abschwollen der einzelnen Hautleisten als „Verquellung“ definiert sein soll. Das Stadium III beginnt schon bei einer Wasserzeit von 10 min bei 37°C. Die verschmälerten Hautleisten befinden sich dann jeweils in oder an einem Faltental. Die Waschhautfalten werden zunehmend höher. Nach 3–4 h Wasserzeit sind bei Lupenvergrößerung (25×) vereinzelte, oberflächliche Einrisse im Stratum corneum disiunctum der Leistentäler zu beobachten (Abb. 6a und b). Diese Einrisse im Stratum corneum disiunctum sind in der bisher vorliegenden Literatur noch nicht beschrieben worden. Die Primärfarbe der Fingerbeeren hat insgesamt eine Aufhellung erfahren.

Die größten Zuwachsraten der Leistenbreiten sind in den Wässerungsintervallen von 1–6 h zu beobachten. So beträgt die größte Zunahme einer Leistenbreite 86% vom Ausgangswert nach 6 h Wasserzeit. Diese betreffende Leistenmeßstrecke hat sich dann auf einer Faltenkuppe gefunden, am Ort der größten Dehnung, wenn nach den histologischen Untersuchungsergebnissen (Weber 1982) die subepidermale Flüssigkeitsansammlung zur irreversiblen Schädigung durch Abriß der Schweißdrüsenausführungsgänge von der Basalmembran geführt hat.

Das *Stadium IV* ist mit zwei Besonderheiten in der Entwicklung der Waschhautfalten verbunden und zeichnet sich erst nach einer Wässerungszeit von 4 h ab (Abb. 7a und b): 1. Die zunehmend höher gewordenen, groben und tiefen Waschhautfalten beginnen nunmehr, Faltentäler zu überdecken (*Verwerfung*). Markierungspunkte, die sich zuvor auf einer Faltenkuppe befunden haben, können nunmehr in einem Faltental bei fortschreitender Wässerung verschwinden.

2. Die zunächst nur in den Leistentälern erkennbaren vereinzelt, feinen Einrisse im Stratum corneum disiunctum nehmen schnell an Zahl und Ausmaß zu. Auch finden sie sich nun auf den Leistenkuppen in den Einziehungen quer zur Leistenverlaufsrichtung. Das Relief der Waschhautfalten zeigt eine zunehmende Weißfärbung.

Das Vollbild der Waschhaut hat sich nach 10 h Wässerung zum *Stadium V* entwickelt. Vereinzelt Falentäler werden ganz oder teilweise von aufgeworfenen Falten bedeckt. Analog dazu paßt die histologisch feststellbare ausgedehnte Epidermolyse nach Abriß zahlreicher Schweißdrüsenausführungsgänge an der Basalmembran. An verschiedenen Stellen in den Leistentälern sind Teile des Stratum corneum disiunctum kleinfleckig abgelöst worden, so daß das Stratum corneum coniunctum hellweiß sichtbar wird (Abb. 8). Das Stadium V ist gekennzeichnet durch eine beginnende und zunehmende „epidermale Lyse“ nebst mehrfachen Falten-Verwerfungen.

Das *Stadium VI* beginnt etwa mit 24 h Wässerung. Neben den vermehrt auftretenden Falten-Verwerfungen wird nunmehr eine streifig-fetzig Ablösung des Stratum corneum disiunctum auf den Leistenkuppen und bevorzugt auch auf den Faltenkuppen auffällig. An diesen Stellen lassen sich die benachbarten Hautleisten makroskopisch nicht mehr sicher abgrenzen (Abb. 9a und b). Mit dem zunehmenden „Konturenverlust“ der Leisten erfaßt das Stadium VI Wässerungszeiten von 24 h und mehr.

Dieser Verlust des oberflächlichen Teiles der Hornschicht ist bei Fortdauer der Wässerung letztlich für die weiße Farbe der Waschhaut verantwortlich. Die z. Zt. aus der Literatur ersichtlichen Erklärungen zur Farbverschiebung bei Waschhautbildung haben die Ablösung des Stratum corneum disiunctum unberücksichtigt gelassen.

Die Beschränkung der Messungen und der photographischen Befund-Dokumentation auf die Mittelfingerbeeren rechtfertigt den Einwand, daß an den anderen Fingerbeeren einer Hand andere Meßergebnisse hätten festgestellt werden können. Hierzu folgende Überlegungen: Während unserer Versuche sind die Hände aller Probanden den gleichen „äußeren Bedingungen“ ausgesetzt worden. Trotz der individuellen Unterschiede haben sich im ersten Wässerungsintervall nach 10 min auf *allen* Mittelfingerbeeren meßbare Leistenbreitenveränderungen eingestellt, die sich qualitativ zu beginnenden, makroskopisch sichtbaren „Fältelungen“ entwickelt haben. Sie sind ebenfalls – wenn auch verändert – auf den anderen Fingerbeeren einer Hand beobachtet worden. Eine Spezifität der Leistenformationen und der Leistenbreiten für die Fingerbeeren *einer* Hand gibt es nicht (Windt 1903; Windt und Kodicek 1923; Reuter 1905; Schneickert 1916, 1943; Heindl 1928, 1957; Hasslacher 1929; Geipel 1935; Koch 1966; Wagner 1977).

Die definierten Meßstrecken sind an willkürlich gewählten äußeren Strukturen orientierte Breiten unbenetzter Hautleisten. Es besteht somit *keine* Bindung der Meßstrecken-Auswahl an eine bestimmte Fingerbeere einer Hand oder aber an ein bestimmtes Individuum. Entscheidend sind die Relationen, die prozentualen Leistenbreitenveränderungen pro Wässerungsintervall während der Versuchsdauer. Damit besteht eine generelle Übertragbarkeit.

Tabelle 1. Stadien-Einteilung für den Vorgang der Waschhautbildung bei 37°C Wassertemperatur

| | | Wasserzeit | Foto |
|-------------------------------------|---|---------------|---------------|
| <i>Stadium I: Normzustand.</i> | Unbenetzte, physiologisch trockene Fingerbeere. (Cave: Kältefalten und Exsikkationsfalten!) | 0 min | Abb. 4a und b |
| <i>Stadium II: Netzung.</i> | Lösung des Zufallsfettfilms, beginnende Fältelung, Zunahme der Leistenbreite bis zu 30%. Kleinfleckige Aufhellung der Primärfarbe. | Bis zu 10 min | Abb. 5a und b |
| <i>Stadium III: Verquellung.</i> | Zunehmend stärkere Fältelung, Zunahme der Leistenbreite bis zu 60%. Kompression einzelner Leisten, erste Einrisse im Stratum corneum disiunctum, flächige Aufhellung der Primärfarbe. | Bis zu 4 h | Abb. 6a und b |
| <i>Stadium IV: Verwerfung.</i> | Grobe Falten, zunehmende Verdeckung der Faltentäler. Verlängerung und Verbreiterung der Einrisse im Stratum corneum disiunctum. Zunehmend weißlicher Farbton des Reliefs | Nach 4 h | Abb. 7a und b |
| <i>Stadium V: Epidermale Lyse.</i> | Mehrfache Faltenverwerfungen, zunehmender kleinfleckiger Verlust des Stratum corneum disiunctum, weiße Farbe des Reliefs. | Nach 10 h | Abb. 8a und b |
| <i>Stadium VI: Konturenverlust.</i> | Streifige epidermale Lyse, zunehmender Konturenverlust der Leisten. | Nach 24 h | Abb. 9a und b |

Nach den dargestellten Meßergebnissen haben Vergleichskollektive keinen relevanten Einfluß der Händigkeit (rechts, links) auf die Leistenbreitenveränderungen bei der Waschhautbildung erkennen lassen.

Die Lokalisation der Meßzonen spielt insofern eine Rolle, als diesseits und jenseits des Scheitelpunktes auf der Fingerbeeren-Kammlinie nahezu doppelt so viele Maxima an Leistenverbreiterungen festzustellen sind. Leistenbreiten-Minima konzentrieren sich mehr auf die Meßzonen I und III. Das bedeutet, daß in der Meßzone III die meiste Dynamik bei der Waschhautentwicklung zu erkennen ist. Die wenigsten Maxima in Meßzone I sind Ausdruck für einen Kompressionseffekt im Fingerbeeren-Scheitel.

Die auffallende, gleichmäßige Verteilung der Maxima und Minima auf alle drei Meßstrecken (*a*, *b* und *c*) in den drei Meßzonen aller Versuchsserien be-

stätigt die gegenseitige mechanische Beeinflussung benachbarter Hautleisten während der Versuche.

Ebenfalls ließ sich ein wesentlicher geschlechtsspezifischer Unterschied bei den Leistenbreitenveränderungen durch Wässerung bei 37°C nicht feststellen. Selbst das Individualalter spielt bei der Leistenquellung offensichtlich keine relevante Rolle. Vergleichskollektive zur Überprüfung des Einflusses vom Versuchsbeginn (1–2 h p.m. sowie 2–4 h p.m.) haben keine wesentlichen Unterschiede der äußerlich sichtbaren Leistenbreitenveränderungen bei Waschhautbildung ergeben.

Aufgrund der nun vorliegenden Untersuchungsergebnisse bedürfen die aus älterer rechtsmedizinischer Literatur ersichtlichen Zeitangaben zur Waschhautbildung offensichtlich der Korrektur bzw. der Ergänzung. Eine Wässerung von wenigen Minuten bei 37°C verursacht an den Fingerbeeren nicht nur intravital eindeutige Waschhautzeichen, sondern auch postmortal (Weber 1978). Diese frühere Mitteilung wird erneut bestätigt. Die Einteilung der Waschhaut-Entwicklung in sechs verschiedene Stadien erlaubt eine zeitliche Zuordnung spezieller Oberflächenveränderungen (Tabelle 1).

Durch die Stadien-Einteilung ergibt sich die Möglichkeit, auch unter veränderten Wässerungsbedingungen nach vergleichbaren Kriterien zu suchen, um zeitliche Abhängigkeiten zu erkennen, z. B. bei veränderter Flüssigkeitstemperatur oder Flüssigkeitszusammensetzung. Ob für jeden einzelnen Temperaturgrad signifikante, oberflächliche Leistenhautveränderungen zu erwarten sind (Reh 1967, 1969; Reh et al. 1977), läßt sich nach dem Stand jetziger Untersuchungsergebnisse sicherlich verneinen. Dies zeigt Reh (1984) auch in seiner jüngsten Mitteilung über den frühen postmortalen Verlauf der Waschhaut an den Fingern bei Temperaturen zwischen 10°C und 18°C. Ein entsprechender Befund ergibt sich aber auch aus dem eigenen Untersuchungsgut vitaler Probandenkollektive (Weber und Lürken 1983).

Für die Geschwindigkeit der Waschhautentstehung spielt neben der Flüssigkeitstemperatur die Zusammensetzung des flüssigen Mediums eine entscheidende Rolle. Die Behauptung von Schleyer-Pommenich (1948), die Mineral-Konzentrationen des Meersalzwassers und des Süßwassers aus der Leitung seien „ganz ohne Einfluß auf die Waschhautbildung“, ist neuerlich zu überprüfen.

Die Grenzen der mitgeteilten Untersuchungsmethode sollen nicht unerwähnt bleiben. Durch die zunehmenden Faltenverwerfungen in den Stadien IV bis VI können die definierten Meßstrecken teilweise oder vollständig verdeckt werden. Ein lokaler Konturenverlust im Stadium VI behindert ebenfalls eine klare Abgrenzung der Leistenbreiten, so daß eine Messung der hier ursprünglich befindlichen Leistenbreite unmöglich wird.

Hinsichtlich der Todeszeiteinschätzung bleibt Zurückhaltung angebracht, da für den praktischen Fall Informationen über einen präfinales Flüssigkeitskontakt, wie auch über die Beschaffenheit des Zufalls-Fettfilmes in der Regel fehlen. Trotzdem eignet sich die vorgestellte Untersuchungsmethode, an der Leistenhaut Oberflächenveränderungen unter unterschiedlichen Bedingungen quantitativ und qualitativ zu erfassen, sowie dieselben zeitlich einzuordnen.

Literatur

- Dotzauer G, Tamaska L (1968) Hautveränderungen an Leichen. In: Gans O, Steigleder GK (Hrsg) Normale und pathologische Anatomie der Haut I. Springer, Berlin Heidelberg New York (Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Ergänzungswerk, Bd I/1, S 707-786)
- Fröhlich H (1981) Dermatologische Wirkstoffe. Pharmazie in unserer Zeit 10 : 129-144
- Führer C (1980) Arzneiformen in der Dermatologie. Schriftenreihe der Bundesapothekerkammer zur wissenschaftlichen Fortbildung, Bd 8 (gelbe Reihe), S 85-99
- Geipel G (1935) Anleitung zur erbbiologischen Beurteilung der Finger und Hautleisten. Lehmann, München
- Gottron HA, Schönfeld W (1961) Dermatologie und Venerologie, Bd I/2. Thieme, Stuttgart
- Hasslacher (1929) Kann aus dem Verlauf der Hautlinien eines einzelnen Fingerabdrucks auf die Herkunft derselben von einer rechten oder linken Hand geschlossen werden? Arch Kriminol 85 : 93-96
- Heindl R (1928) Monodaktyloskopie. Arch Kriminol 82 : 239-254
- Heindl R (1957) Vererblichkeit der Papillarlinienmuster? Rassenunterschiede? Arch Kriminol 119 : 113-117
- Herrmann F, Ippen H, Schaefer H, Stüttgen G (1973) Biochemie der Haut. Thieme, Stuttgart
- Koch D (1966) Zur Technik der Leichen-Daktyloskopie. Arch Kriminol 138 : 148-152
- Reh H (1967) Anhaltspunkte für die Bestimmung der Wasserzeit. Dtsch Z Gerichtl Med 59 : 235-245
- Reh H (1969) Diagnostik des Ertrinkungstodes und Bestimmung der Wasserzeit. Tritsch, Düsseldorf
- Reh H, Haarhoff K, Vogt CD (1977) Die Schätzung der Todeszeit bei Wasserleichen. Z Rechtsmed 79 : 261-266
- Reh H (1984) Über den frühpostmortalen Verlauf der Waschhaut an den Fingern. Z Rechtsmed (im Druck)
- Reuter (1905) Über Leichendaktyloskopie. Arch Kriminol 21 : 68-79
- Schleyer-Pommenich S (1948) Untersuchungen über die Waschhautbildung in Abhängigkeit von der Zeit. Med Diss, Bonn
- Schneickert H (1916) Die monodaktyloskopische Registratur der Berliner Kriminalpolizei. Arch Kriminol 66 : 121-126
- Schneickert H (1943) Der Beweis durch Fingerabdrücke. Leitfaden der gerichtlichen Daktyloskopie. Fischer, Jena
- Stüttgen G, Schaefer H (1974) Funktionelle Dermatologie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Thiele FAJ, Reay DA, Mali JWH, de Jongh GJ (1981) The water balance of the horny layer and the functional characteristics of the atricheal sweat glands of human skin. In: Schwarz E, Spier HW, Stüttgen G (Hrsg) Normale und pathologische Physiologie der Haut III. Springer, Berlin Heidelberg New York (Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten, Ergänzungswerk, Bd I/3B, S 1-121)
- Wagner K (1977) Tatortdaktyloskopie. Kriminalist 5 : 239-245
- Weber W (1978) Zur Waschhautbildung der Fingerbeeren. Z Rechtsmed 81 : 63-66
- Weber W (1982) Flüssigkeitspenetration durch Leistenhaut. Z Rechtsmed 88 : 185-193
- Weber W, Munzert K (1982) Zur postmortalen Exsikkation der Fingerbeeren. Zentralbl Rechtsmed 24 : 657
- Weber W, Lürken L (1983) Einfluß der Wassertemperatur auf intravitale Waschhautbildung. Zentralbl Rechtsmed 25 : 362
- Windt C (1903) Über Daktyloskopie. Arch Kriminol 12 : 101-123
- Windt K, Kodicek S (1923) Daktyloskopie. Verwertung von Fingerabdrücken zu Identifizierungszwecken. Braumüller, Wien Leipzig
- Yates JR (1971) Mechanism of water uptake by skin. In: Elden HR (ed) Biophysical properties of the skin. Wiley and Sons, New York London Sydney Toronto, pp 485-512

Eingegangen am 23. Dezember 1983