

Übersichtsreferat—Review Article

Die Altersbestimmung von Hautverletzungen*

STEFFEN BERG

Institut für Rechtsmedizin der Universität Göttingen (BRD)

Eingegangen am 8. Januar 1972

The Timing of Skin Wounds

Summary. A survey of the recent literature dealing with morphological, histochemical, and biochemical methods used in forensic medicine to determine wound age has been made.

In addition to critical evaluation of these parameters some of our own practical experiences and experimental results are presented. The significance of several external and internal findings both ante and post-mortem on the pathogenesis and demonstrability of post-traumatic tissue reactions are discussed.

Zusammenfassung. An Hand der neueren Literatur wird ein Überblick über die morphologischen, histochemischen und biochemischen Methoden gegeben, die bisher für die forensische Wundaltersbestimmung herangezogen worden sind. Im Zusammenhang mit der kritischen Bewertung verschiedener Parameter werden auch eigene praktische und experimentelle Erfahrungen über die Bedeutung verschiedener äußerer und innerer Einflüsse ante et post mortem auf Ablauf und Nachweisbarkeit posttraumatischer Gewebsreaktionen mitgeteilt.

Key words: Hautverletzungen, Altersbestimmung — Traumatologie, Zeitschätzungen — Vitale Reaktion, Wundalter.

Viele rechtsmedizinische Fragestellungen implizieren das Problem der zeitlichen Einordnung traumatischer Gewebsveränderungen; die Altersbestimmung von Hautverletzungen bildet oft geradezu die spezifische Mitte gerichtsärztlichen Wirkens.

Die in der Praxis angewendeten Methoden zur Ansprache der Überlebenszeit von Wunden beruhen zum großen Teil auf klinischen und experimentellen Erfahrungen, deren Integration in die Beforschung rechtsmedizinischer Spezialfragen das Thema limitiert.

Mein Versuch, die Grundlagen der forensischen Wundaltersbestimmung zusammenzufassen, muß mit der Einschränkung beginnen, daß eine auch nur annähernd vollständige Übersicht des ungeheuren Ergebnismaterials der traumato-logischen Forschung heute schon unmöglich ist. Selbst die zusammenfassenden Arbeiten von Marchand (1901) bis Raekallio (1971), die ihrerseits wieder Hunderte von Einzeluntersuchungen referieren, können hier nur mit wenigen Beispielen zitiert werden; ich verweise besonders auf die Darstellungen von Allgöwer, Arey, Block, Th. Büchner, Ehrich, Lindner, Ross, Rostock, Schilling und Zollinger.

* Referat, gehalten auf der 50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin in Köln am 5. 10. 1971.

Die Wundheilung stellt eine Spezialform der Entzündung dar. Die Initialstadien jedenfalls, Exsudation und Proliferation, gehen hier wie dort der regenerativen Phase voran; bei den offenen Hautverletzungen ist natürlich die Frage der primären oder sekundären Heilung von entscheidendem Einfluß auf den Zeitablauf. Die morphologischen Arbeiten auf diesem Sektor sind in den letzten Jahren zunehmend durch biochemisch-pharmakologische Erkenntnisse ergänzt worden, die für rechtsmedizinische Fragestellungen von besonderer Bedeutung sind. Gute Übersichten finden sich bei Bertelli, Kühnau, Menkin, Rauch, Spector, Zweifach u. a.

Von rechtsmedizinischer Seite sind die Hautveränderungen der frühposttraumatischen Phase vorwiegend unter dem Gesichtspunkt ihrer Beweiskraft für die vitale Reaktion des Körpers auf Gewalteinwirkungen untersucht worden, wobei in der Entwicklung die Arbeiten von Walcher und Orsos hervorragen. Beim Streben nach sicherer Unterscheidung vitaler und postmortaler Verletzungen ist gelegentlich die alte Erkenntnis vernachlässigt worden, daß der „klinische Tod“ für das allmähliche, gestaffelte Absterben der einzelnen Gewebe kaum einen Fixpunkt liefern, eher einen fließenden Übergang mehr oder weniger unscharf markieren kann. Dies gilt am wenigsten noch für die *Bewertung subcutaner Blutungen* in der prämortalen, agonalen und frühpostmortalen Periode. Hierzu darf ich mich auf die unverändert gültige Darstellung B. Muellers beziehen. Bei stumpfer Gewalt einwirkung in den ersten Stunden der Leichenzeit kann auch Capillarblut austreten und unter Durchtränkung der Dermis und Subcutis gerinnen, wie insbesondere Dotzauer eindrucksvoll gezeigt hat. So ist auch die Fibrin-Darstellung — optimal heute mit der immunhistochemischen Methode von Laiho unter Verwendung fluoreszierender Antikörper — natürlich nicht schlechthin beweisend. Dagegen vermag die makroskopische Ausdehnung geronnener Suffusionen — besonders, wenn es sich um nichthypostatisches Gebiet handelt — die Diagnose der Vitalität des Vorganges hinreichend zu sichern.

Die Altersbestimmung von Hautblutungen beim Lebenden ist sicher schwierig und erfordert Zurückhaltung. Das Diffundieren subcutaner Blutaustritte in oberflächliche Hautschichten hängt in seiner zeitlichen Entwicklung von der fehlenden oder gleichzeitigen Traumatisierung der Dermis, aber auch von individuellen Strukturunterschieden ab. Die Interferenz von Diffusion und Gewebstrübe bringt Farbänderungen bereits hervor, bevor sich eine farbstoffchemische Grundlage finden läßt. Zur Objektivierung des Befundes kann die Remissionsanalyse mit dem Spektralreflektometer beitragen (Lins).

Für die histologische Untersuchung der subcutanen Extravasate spielt der Nachweis von Alterationen der Erythrocyten und Umwandlungsprodukten des Hämoglobins eine wichtige Rolle. Eisenhaltige Pigmente in Phagocyten wurden vereinzelt schon nach 24—48 Std beobachtet, in der Regel ist eine positive Berliner-Blau-Reaktion aber nicht vor Ablauf von 4—8 Tagen zu erwarten — es sei denn, man arbeitet mit variierter Technik (Wille). Das eisenfreie Hämatoidin ist histologisch nach Gedigk nicht vor 7, nach Walcher u. a. in der Regel erst nach 9 bis 11 Tagen zu erwarten. Biochemisch soll Bilirubin in Hautquetschungen schon vom 3.—5. Tag an nachweisbar sein (Hamdy et al.; Tierversuche). Übersichten über den Blutfarbstoffabbau finden sich u. a. bei Masshoff, Merker und Schwerd.

Die *morphologische und histochemische Altersbestimmung* von gedeckten Suffusionen geht nach den gleichen Gesichtspunkten vor wie diejenige von offenen

Wunden. Nur wenige Untersucher haben sich bisher zu der Frage geäußert, ob die Entwicklung der Gewebsreaktion auf das subcutane Extravasat auch in der Frühphase anders verläuft als bei gleichzeitiger Durchtrennung der Dermis. Die meisten Versuchsreihen zur Wundheilung legen Einschnitte der Haut am Meerschweinchen zugrunde und berücksichtigen im wesentlichen dermale Reaktionen; über Befunde an der menschlichen Subcutis wissen wir vergleichsweise viel weniger. Die Arbeit von Walcher (1930) ist bis heute die einzige, in der über ein größeres forensisches Material berichtet wurde. Walcher fand, daß eine leukocytäre Reaktion bei vitalen Excoriationen schon ziemlich früh, nämlich nach 20—30 min, gefunden werden könne; er unterscheidet aber meist nicht zwischen Befunden im Corium und in der Subcutis, sondern meint lediglich, daß sich für Zeitbestimmungen Zusammenhangstrennungen der Haut „besser eignen“ als reine Blutunterlaufungen. Diese These muß nach neueren Erfahrungen als überholt gelten. Zwar haben viele Untersucher den Beginn der Wundleukocytose auf wesentlich spätere Zeiten angesetzt (Raekallio, Lindner u. a. 4 Std, Ross u. Benditt 6 Std, Smith und Russel 12—18 Std, Allgöwer 24 Std); es handelt sich aber um nicht vergleichbare Angaben, weil der Begriff „Leukocytose“ unterschiedlich aufgefaßt wurde und auch topische Differenzen unberücksichtigt blieben. Die Tierversuche von Hirvonen und seine mit Ojala erhobenen Befunde an menschlichem Operationsmaterial entsprechen unserer eigenen Erfahrung, daß die entzündliche Reaktion im subcutanen Fettkörper grundsätzlich früher erkennbar wird als im dermalen Bereich (Tierversuch 15, Human-Material 30—60 min), wobei lediglich der Nachweis der im Gang befindlichen Emigration als gültig angesehen werden kann; die Tannenberg-sche Randstellung von Gefäßleukozyten ist in Hautschnitten nicht zu verwerten. Dichte Infiltrate der Dermis kommen natürlich erst viel später zustande. Bei gedeckten Suffusionen erscheinen zwar sowohl Entzündungszellen als auch Fermentaktivierungen in den Bindegewebsstrukturen des Panniculus adiposus deutlich später ($2\frac{1}{2}$ —3 Std; Berg u. Ebel); an dem cellulären Formwandel und dem Prävalieren wechselnder Fermentgruppen ist aber die Progression des Entzündungs- und Resorptionsvorganges hervorragend zu erkennen, so daß zeitliche Rückschlüsse auch in den späteren Stadien möglich sind.

Einen großen Fortschritt auf dem Gebiet der Wundaltersbestimmung verdanken wir der Einführung der fermenthistochemischen Methodik durch Raekallio. Hinsichtlich der grundlegenden Einzelarbeiten dieses Forschers sei auf seine beiden Monographien (1965 und 1970) verwiesen, welche auch über die einschlägigen Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen (z. B. Cabrini und Carranza, Argyris, Lo Menzo) berichten. Wenn man zunächst den Eindruck hatte, daß gegenüber den im Tierversuch gewonnenen Ergebnissen Skepsis angebracht sei (Fatteh, Wagener, Dotzauer), so hat die breite Anwendung der histochemischen Enzymdarstellung in den letzten Jahren ihren Wert auch an forensischem Sektionsmaterial erwiesen, wobei sich in der menschlichen Haut die Reaktionen meist erheblich später entwickeln als bei Ratte und Meerschweinchen (Raekallio, 1971; Pioch, 1971; Berg, 1969; Buris, 1970; Tanaka, 1966; Oya, 1970; Lindner, 1971; u. a.). Man kann davon ausgehen, daß die nachweisbaren Enzymaktivitäten in der Regel strukturgebunden auftreten; ein bedeutungsvoller Effekt ihrer Darstellung liegt in der cytologischen Differentialdiagnose und Herkunftsbestimmung bestimmter Zelltypen, z. B. der Wundmakrophagen aus hämatogenen Monozyten-Präcursoren. Beide enthalten

im Gegensatz zu den Granulocyten reichlich Alphaesterase und saure Phosphatase, aber nicht AS-Esterase und nur wenig Cytochromoxydase. An der Fibroblastenaktivierung sind dagegen praktisch alle üblicherweise dargestellten Enzyme beteiligt, mit Ausnahme der Transferasen. Wesentlich frühere Vitalreaktionen als bei den klassischen Verfahren werden auch fermenthistochemisch nicht erfaßt. Bei Schnittwunden wird im dermalen Bereich der später nekrotisierende innere Wundsaum durch Rückgang der Fermentaktivität früher sichtbar als in den konventionell-histologischen Färbungen. Bei Beteiligung der Subcutis dagegen ist nach unseren und den Erfahrungen von Ojala und Hou-Jensen die celluläre Reaktion ebenso schnell, wenn nicht früher, nachweisbar. Die intracelluläre Aktivitätssteigerung der Phosphatasen in den Leukocyten bietet den besten Anhalt für deren Aktivierung. Zu berücksichtigen ist grundsätzlich, daß auch frühpostmortale Traumen schwache Aktivierungsscheinungen auslösen können. Das gilt, wie Pioch (1968) gezeigt hat, besonders für die unspezifischen Esterasen, die nach seinen Befunden auch die ersten epidermalen Vitalreaktionen kennzeichnen, ferner für die Aktivierung der Aminopeptidase in Mesenchymzellen; nach Hirvonen soll sogar p.m. Phagozytose vorkommen.

Im Verlauf der Entzündung ergibt sich durch einen Wechsel in der Präsenz und Lokalisation der verschiedenen Enzyme eine Bereicherung des histologischen Status, die man in der praktischen Diagnostik nicht mehr missen möchte. Am wichtigsten für die forensische Altersbestimmung von Hautverletzungen im Verlauf der Wundheilung über Tage und Wochen scheint mir trotzdem der Wechsel des Zellbildes vom granulocytären bis zum histiocytären Infiltrat der Subcutis zu sein. Die meisten Autoren sahen zunehmenden Ersatz der nekrobiotisch werdenden Granulocyten durch mononucleare Wanderzellen um die 16.—24. Std, was Menkin auf die zunehmend sauren pH-Werte im Wundmilieu zurückführte. Spector u. Willoughby wiesen mit Recht darauf hin, daß schon vom Beginn der exsudativen Phase an polymorphe und mononucleare Zellen nebeneinander emigrieren; das Verhältnis betrage anfangs 5:1, später 0,4:1.

In der experimentellen Pathologie ist viel Mühe darauf verwendet worden, die Herkunft der mononuclearen Zellen im Gewebe zu klären. Zollinger deutete die perivasculären Infiltratmäntel noch als adventitiale Proliferation; nach den Ergebnissen von Volkman u. Gowans, Büchner u. a. mit tritiertem Thymidin scheint die Abstammung von hämatogenen monocytären Präursorsen erwiesen.

Bezüglich der Bedeutung des Prävalierens mononuclearer Elemente im Infiltrat für die Zeitbestimmung gehen unsere eigenen Erfahrungen dahin, daß, wenigstens bei gedeckten Hautquetschungen, schon in der frühposttraumatischen Phase derartige Befunde vorkommen können (Abb. 1 u. 2). Die Anwesenheit phagozytierender Zellen dagegen deutet auf ein späteres Stadium, wobei die zuverlässige cytologische Differenzierung auch forensisch entscheidende Bedeutung erlangt. Es ist zu bedenken, daß im praktischen Fall auch einmal frische Blutungen an einer Stelle auftreten können, die schon ein älteres, in Resorption begriffenes Extravasat trug (Abb. 3)!

Die histiocytäre Besetzung der Bindegewebsmaschen im Panniculus adiposus überdauert, begleitet von anhaltender Aktivitätssteigerung besonders der α -Esterase und Aminopeptidase, die Resorption von Begleitblutungen bis ins Stadium der jungen Narbe. Die ATPase, deren Aktivitätssteigerung sich anfänglich ganz

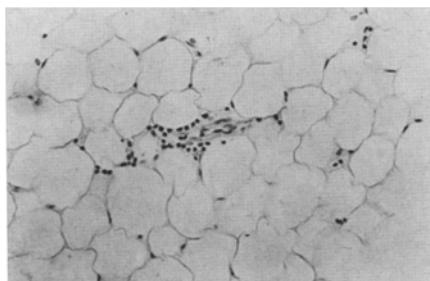


Abb. 1. Leukocytenemigration in den Bindegewebsmaschen des subcutanen Fettkörpers.
Würgespur am Hals, Überlebenszeit 1—2 Std

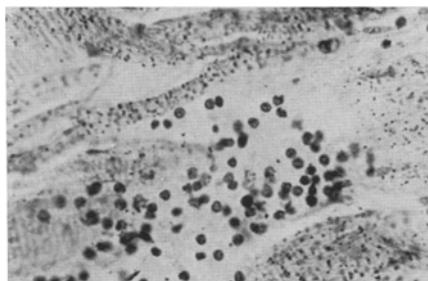


Abb. 2. Wie Abb. 1, Blutunterlaufung im Bereich der Halsmuskulatur. Praktisch rein mono-nuklares Infiltrat

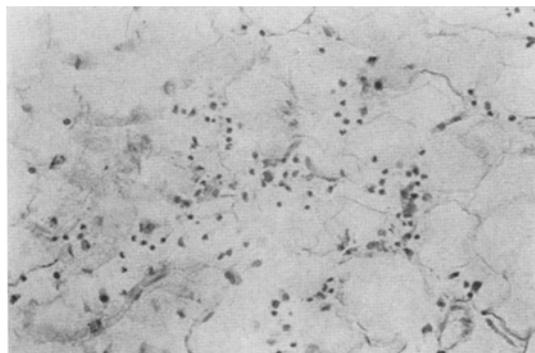


Abb. 3. Superposition eines frischen Extravasates (Alter 1—2 Std) über ein älteres (Tage) Hämatom. Histiocyten und segmentkernige Leukocyten nebeneinander

auf die Gefäßwände beschränkt, markiert in den späteren Stadien der resorptiven Entzündung die Fettgewebssepten diffus (Abb. 5a), während die Phosphatasen granuliert dermal und subcutan intracelluläre Aktivitätsspitzen anzeigen. Bei Quetschungen der Haut und Blutungen der Subcutis, also dem eigentlich rechtsmedizinischen Untersuchungsmaterial, spielt die Entwicklung von Granulationsgewebe im engeren Sinne mit Gefäßneubildung seltener eine Rolle.

Bei Kanülen-Einstichen (Boltz; Schollmeyer; Friebel u. Woohsmann) und bei der Hautverbrennung liegen die Verhältnisse teilweise anders (Pioch, Malik u. a.). Nedwich weist auf interindividuelle Unterschiede im Reaktionsmuster zweitgradiger Verbrennungen menschlicher Haut hin; am konstantesten fand er das Verhal-

ten der Esterasen. Pioch hat die erhebliche Bedeutung auch baustein-histochemischer Verfahren für die Erkennung von frühen Gewebsreaktionen bei Verbrennung hervorgehoben. Besonders die Nachweisreaktionen für Proteine erwiesen sich als geeignet; deutliche Veränderungen ergaben sich schon nach 30 min mit der Rosindol-Methode zum Tryptophannachweis wie mit dem Reduktionstest nach Chevremont-Frédéric, wobei es sich allerdings um Tierversuche handelt. Der — forensisch gesehen — entscheidende Vorteil der Fermentdarstellung liegt merkwürdiger- und unerwarteterweise in ihrer enormen *Autolyse- und Fäulnis-Resistenz*. Laves sowie Mallach und Laudahn hatten ähnliche Befunde bei der Bestimmung von Fermentaktivitäten in Organen und Muskulatur erhoben. Für die Haut liegen Untersuchungen von Raekallio (1971), Goffin, Zimmermann und Lindner (1971) vor. Sicher ist danach, daß die Fermentfärbungen in den Wundzonen auch noch nach einer Leichenzeit von einigen Tagen gelingen. Eigene Faulversuche mit exzidierten Operationswunden ergaben, daß verschiedene Fermentaktivitäten regelmäßig über den Verlust der Kernfärbbarkeit hinaus auch in der Subcutis nachweisbar blieben (Tabelle, Abb. 4 u. 5).

Die Altersansprache in vorgerückten Stadien der Wundheilung und von Narben wird sich besonders auf die Ergebnisse der in letzter Zeit intensiv beforschten Bindegewebsalterationen stützen (Zusammenfassungen bei Lindner, 1971; hier auch Stellungnahme zu den Metachromasie-Versuchen von Orsos auf Grund neuerer Erkenntnisse; Kowalewski; Ross; Peacock; Serebrennikov; u. a.). In der Versilberung nachweisbare junge Reticulinfasern finden sich nach Ross, Dunphy und Udupa sowie Rauch im Tierversuch besonders am 4.—5. Tag, beim Menschen nach 8—10 Tagen (Frick) und gehen in der 2.—3. Woche wieder zurück, während die Kollagenbildung am 4.—5. Tag erst beginnt und ihr Maximum nach 12 bis 18 Tagen erreicht (Zollinger; Abb. 6). Als Stichtag für das Auftreten der Capillarneubildung wird von den meisten Autoren der 3. Tag angegeben. Die Mucopoly-

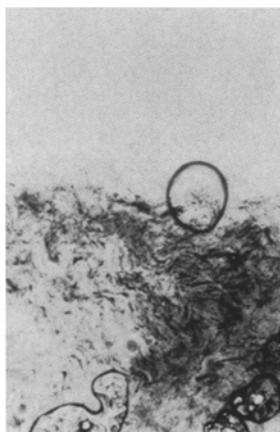


Abb. 4 a

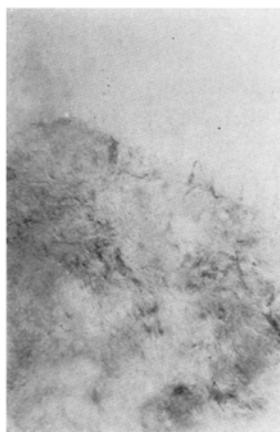


Abb. 4 b

Abb. 4 a u. b. Operationswunde (Bauchhaut), 72 Std Faulzeit bei 24°C. a Saure Phosphatase (Azokupplungsmethode, Modifikation nach Grogg u. Pearse), äußere und innere Wundzone nach Raekallio im Dermisbereich gut dargestellt; Epidermis bereits abgelöst. b Der gleiche Schnitt in HE-Färbung; Gewebe völlig faul, keine Kerndarstellung mehr

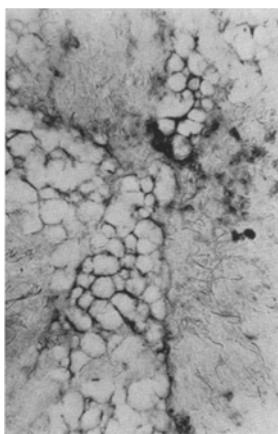


Abb. 5a



Abb. 5b

Abb. 5a u. b. Derselbe Fall wie Abb. 4, subcutanes Fettgewebe im Bereich der äußeren Wundzone. a Adenosintriphosphatase (Calcium-Cobalt-Methode, Modif. nach Novikoff et al.); in einigen Bindegewebssepten und Gefäßquerschnitten Aktivitätsvermehrung deutlich. b Der gleiche Bereich in HE-Färbung; keine Kerndarstellung, keine Reaktion mehr erkennbar

Tabelle 1

Fall Wundalter	Faulzeit Std (22°)	HE	ATPase	s. Phos- phatase	Alpha- Esterase	Amino- peptidase
J. W. 3 Std	0	+	+	—	+	++
	24	+	+	—	+	++
	48	(+)	+	—	(+)	+
	72	—	+	—	—	+
A. A. 6 Std	0	++	+++	+	+	+
	24	+	++	(+)	+	+
	48	(+)	+	—	—	(+)
	72	—	+	—	—	—
W. K. 3 Tage	0	++	+	++	++	+++
	24	++	(+)	++	++	+++
	48	+	(+)	++	+	+++
	72	—	—	++	(+)	++
	120	—	—	+	—	++
	168	—	—	+	—	+
	192	—	—	(+)	—	(+)
J. K. 17 Tage	0	++	+	++	++	+++
	24	++	+	+	++	+++
	48	+	+	—	+	++
	72	—	(+)	—	—	+
	96	—	—	—	—	—
Ch. L. 23 Tage	0	++	+	++	++	++
	24	+	+	++	++	++
	48	+	+	++	+	++
	72	—	+	+	—	+
	120	—	+	+	—	+
	168	—	+	+	—	+
	192	—	+	—	—	—

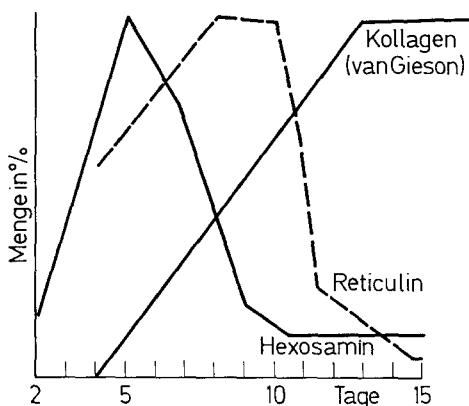


Abb. 6. Zeitliche Staffelung der Parameter im Ablauf der Grundsubstanz- und Fibrillenbildung (nach Rauch, 1960)

saccharidbildung als Vorläufer der Kollagensynthese hält Raekallio, wenigstens bei histochemischer Untersuchung, für forensische Fragestellungen für einen weniger geeigneten Parameter. Für die Altersbestimmung von Narben ist bei abnehmender Zelldichte auch die Zunahme der polarisationsoptischen Aktivität der neugebildeten Kollagenfibrillen innerhalb der ersten 6 Monate brauchbar (Hegemann). Der allmähliche Übergang der Fibroblasten in die Fibrocytenform innerhalb von 84 Tagen wäre durch feinstrukturelle Untersuchungen darstellbar (Williams).

Die Bedeutung von Einflüssen des Allgemeinzustandes auf den Zeitablauf der Gewebsreaktionen ist noch nicht überall endgültig geklärt. Eine Zusammenstellung über die bisher diskutierten Faktoren gibt die Arbeit von Gilsa aus dem Schwerdschen Institut. Sicher belegt ist heute eine Verzögerung der Wundheilung durch Röntgenbestrahlung, Cortison, einige Krankheiten wie Skorbut, Diabetes, Lebercirrhose und Urämie sowie Denervierung des Wundgebietes (Raekallio, 1964). Der Einfluß des Alters auf die frühen Wundreaktionen scheint geringer zu sein, als auf die späteren Heilungsvorgänge (Hegemann). Walcher unterstellte noch ohne weiteres verzögernde Wirkungen von Blutverlust, Kälte, Commotio, Schock und sonstigen „vitalitätsmindernden Zuständen“, obwohl sein eigenes Material zum Teil gegenteiliges Verhalten ausweist. Unsere eigenen Erfahrungen sprechen entschieden gegen eine Hemmung der Entzündungsentwicklung durch Schädeltraumen, Blutverlust und Kälte.

Fall 2/66. A. O. H., 22jähriges Mädchen, in kalter Winternacht vom Zug angefahren, innerhalb von 2–3 Std verblutet und erstickt. In der Subcutis der Unterschenkelriß- und -quetschwunden fortgeschrittene Emigration an zahlreichen Gefäßen, verschiedene Fettgewebssepten am Blutungsrand schon von Leukocyten durchsetzt.

Fall 149/70. A. D., 19jähriges Mädchen, höchstens 1–2 Std nach schwerster Traumatisierung (Sexualmord) mit Bewußtlosigkeit nach Drosselung und Commotio nach Hiebverletzung, Blutaspiration bei Trachealruptur, aus einem Milzriß innerlich verblutet. An 5 verschiedenen Stellen in den inneren Würgemalen u. a. gedeckten subcutanen Quetschungsblootungen fortgeschrittene Emigration an zahlreichen Gefäßen, reticuläre und subfasciale extravasale Leukocytenansammlungen mit hohem Anteil mononuclearer Zellen (Abb. 1 u. 2). Starke ATPase-Aktivität in Gefäßwänden des Fettkörpers.

Fall 22/71. N. I. M., neugeborenes Kind, von der Mutter länger gewürgt, durch Einbohren des Fingers mit langem Nagel schwere Rachenzerreißen mit Verletzung eines Carotisastes, Verblutung neben Erstickung. Überlebenszeit 5 Std. In der Halssubcutis deutliche Emigration, ATPase-Aktivierung in Gefäßwänden und Capillaren des Fettkörpers, saure Phosphatase eben beginnend in den blutungsnahen Bindegewebsmaschen; Aminopeptidase.

Fall 10/71. E. J., 71jähriger Schizophrener, stürzt aus dem Fenster und bleibt mit Commotio, Reihenrippenbrüchen, Sternalfraktur und Mediastinalblutung in kalter Winternacht liegen. Überlebenszeit 1–2 Std. Excoriation am Großzeh mit Suffusion: fortgeschrittene Leukozytenemigration in verschiedenen subcutanen Gefäßen.

Trotzdem bleibt immer wieder einmal die eine oder andere Reaktion aus (Berg u. Ebel; Raekallio, 1971), so daß man negativen Befunden im allgemeinen geringeren Wert beimessen wird als positiven.

Erste Versuche zur *biochemischen Wundaltersbestimmung* schließen an die Bestätigung fermenthistochemischer Befunde durch Manning und Dipasquale (alkalische Phosphatase; 1. Peak nach 12 Std parallel zur stärksten Gewebsleukocytose, 2. nach 10 Tagen, parallel zum Höhepunkt der Kollagen-Synthese) sowie Raekallio u. Mäkinen (Aminopeptidase) an. Die Arbeitsgruppe von Klein (Jarecki et al.) hat erstmals die isoelektrische Fokussierung (Discelektrophorese) zur Darstellung von Veränderungen im Muster der Isoenzyme der Alphaesterase in der frühposttraumatischen Phase benutzt. Bereits 5 min nach der Hautverletzung sollen Verschiebungen beginnen, deren Verlauf eine Beurteilung der Überlebenszeit ermögliche. Ähnliche Veränderungen sind von Lewis et al. an hitzegeschädigter Haut im Verteilungsmuster der LDH-Isoenzyme nach etwa 1 Std nachgewiesen worden (Tierversuche). Eigene Versuche unter Zugrundelegung von Sektionsmaterial sind im Gange. Raekallio u. Mäkinen haben bei Darstellung der Isoenzyme der Aminopeptidase deutliche Unterschiede nach 8 Std nachgewiesen (Abb. 7). Die Aktivität

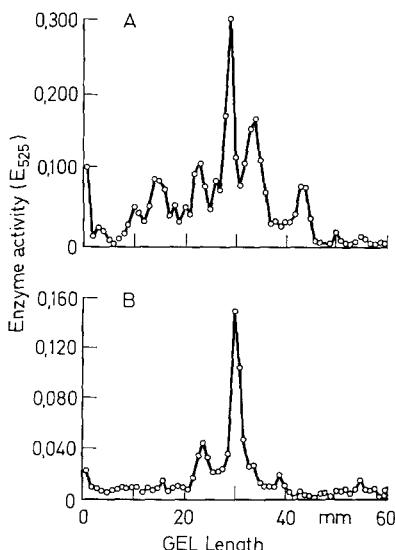


Abb. 7. Darstellung der Aminopeptidase-Isoenzyme im Wundrand durch Discelektrophorese und colorimetrische Extinktionsmessung; A Überlebenszeit 8 Std, B unverletzte Kontrollhaut (nach Raekallio u. Mäkinen, 1971)

der Histidin-decarboxylase korreliert mit den Schwankungen im Histamingehalt des Wundrandes (Berg et al., 1971), ist aber für die Wundaltersbestimmung weniger geeignet.

Auch die chemischen Mediatoren der erhöhten Capillarpermeabilität in der Exsudationsphase sind zur Wundaltersbestimmung herangezogen worden. Im Anschluß an den Nachweis einer Histaminvermehrung in Strangfurchen durch Fazekas u. Viragos-Kis haben wir (Berg et al., 1968) ähnliche Befunde auch bei Verletzungen durch scharfe und stumpfe Gewalt erhoben und gezeigt, daß die Erfassung des 5-Hydroxytryptamins (Serotonin) zu den Histaminwerten wertvolle Ergänzungen liefern kann. Tierversuche und Leichenbefunde sprachen für einen mehrgipfligen Verlauf der Aminkonzentrationen im Wundrand mit zunehmendem Wundalter. Die Ergebnisse werden im Prinzip durch Raekallio (1969/1970), Merli und Fazekas (1970) bestätigt. Es gibt noch gewisse, zweifellos methodisch bedingte Differenzen in den Befunden, besonders hinsichtlich des Auftretens negativer Werte, deren Vorkommen die Szegediner Arbeitsgruppe verneint (1971). Die Serotoninwerte sind dagegen immer positiv gefunden worden. An der prinzipiellen Brauchbarkeit der Befunde für den Nachweis früher Vitalreaktionen in der forensischen Praxis besteht aber kein Zweifel, wenn die Anforderungen hinsichtlich richtiger Materialentnahme und methodischer Präzision erfüllt und postmortale Veränderungen gebührend berücksichtigt werden. In dieser Beziehung reichen die bisherigen Befunde (Fazekas u. Viragos-Kis, 1967; Berg u. Bonte) noch nicht aus, um bei überlebten Wunden der menschlichen Haut sichere Rückschlüsse auf das Wundalter zu erlauben.

Dem Studium postmortaler Verläufe der Aminkonzentrationen im Tierversuch stehen erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Besonders bei den Muriden, aber auch bei Meerschweinchen findet eine kontinuierliche Mauserung mit wechselnder Aktivierung von begrenzten Hautarealen durch den Haareyklus statt (Beck). Hierdurch kommt es auch, was erst neuerdings studiert wurde, zu örtlich verhältnismäßig eng benachbarten Unterschieden im Gehalt der Haut an Katecholaminen, Histamin und Serotonin (Abb. 8). Benutzt man lange Schnitte in die Rückenhaut des Tieres für postmortale Verlaufsstudien, so muß dieser unberechenbare topisch bedingte Fehler in der Segmentabfolge durch wechselnde Reihenfolge an einem größeren Material statistisch ausgeglichen werden. Unter dieser Prämisse sahen wir (vgl. auch Lürssen) mit zunehmender p.m. Autolyse nur geringe Veränderungen, allenfalls eine gewisse Bewegung der Histaminwerte (Abb. 9). Die excidierte Leichenhaut des Menschen verhält sich offenbar anders als die *in situ* belassene, bei der Fazekas einen langsam ansteigenden Histaminwert festgestellt hat (Abb. 10).

Wir hatten bisher nur Gelegenheit, drei ganz frühpostmortale Verletzungen zu untersuchen (Abb. 11). Nach dem bisher Gesagten nimmt es nicht wunder, hier auch einer Aminfreisetzung in gewissem Umfang zu begegnen. Setzt man diesen mit 5 γ/g als Toleranzgrenze möglicherweise unspezifischer Befunde, so bleiben für die Gruppe der rasch tödlichen Verletzungen nicht mehr viele verlässliche Werte übrig. Kommt es, wie in den meisten Fällen, nicht auf die Unterscheidung vital/postmortal an, sondern auf eine Aussage über die Überlebenszeit, so werden jedenfalls höhere Werte und größere Quotienten auf eine etwas längere Überlebenszeit hinweisen. Später sinken die Werte wieder ab; zu dieser Zeit sind aber längst

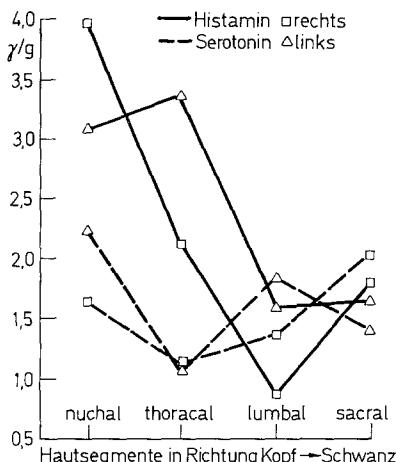


Abb. 8. Amingehalt verschiedener Hautareale an der unverletzten Rückenhaut ein und desselben Tieres (Ratte); Materialentnahme je 2×2 cm ohne Zeitdifferenzen 30 min p.m. Fluorimetrische Doppelbestimmung wie bei Berg et al. (1968)

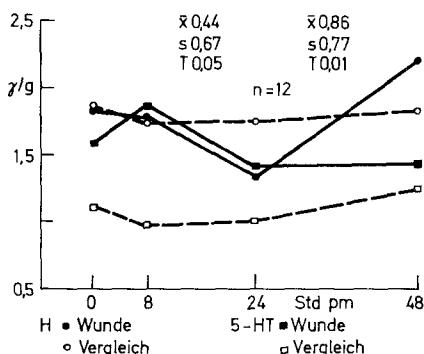


Abb. 9. Postmortales Verhalten der Histamin (●)- und Serotonin (■)-Konzentrationen (Mittelwerte aus je 12 Bestimmungen) in der Meerschweinchenhaut (● ■ Wundrand, ○ □ unverletzte Vergleichshaut). Die Signifikanzberechnung betrifft die Differenz der Histaminwerte zwischen der 8. und 24. sowie der 24. und 48. Std p.m.

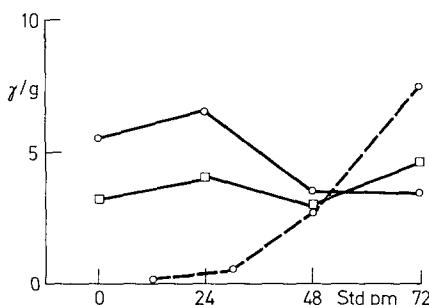


Abb. 10. Postmortales Verhalten der Histamin (○)- und Serotonin (□)-Konzentration (Mittelwerte) in der unverletzten Haut menschlicher Leichen. —— eigenes Material; excidierte Haut.; Aufbewahrung in Petrischalen bei 24°C, $n = 5$; ----- Fazekas u. Virágos-Kis: Haut an der Leiche belassen. $n = \sim 20$

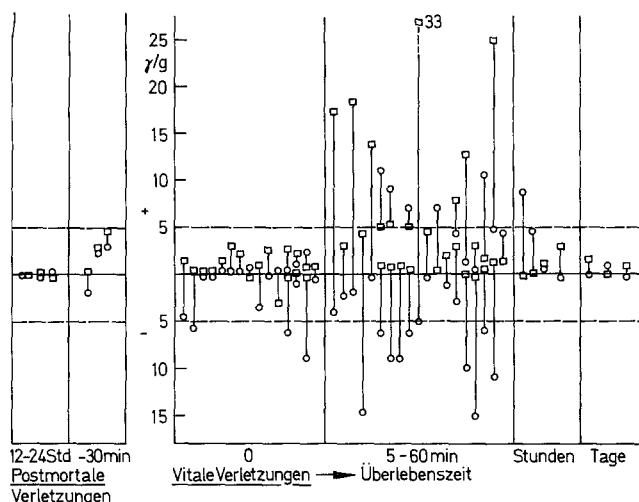


Abb. 11. Humorale Vitalreaktionen der menschlichen Haut (55 Sektionsfälle). Die Einzelwerte stellen bereits die Differenz des Histamin (○)- bzw. Serotonin (□)-Gehaltes in Wundrand und Vergleichshaut dar. ----- Bereich postmortaler Schwankungen

morphologische Veränderungen nachweisbar. Das Hauptgewicht der Histamin/Serotonin-Bestimmung im Wundrand wird somit auf der Erfassung von Reaktionen innerhalb der ersten Stunde nach Verletzung der Haut liegen, also noch bevor morphologische oder fermenthistochemische Veränderungen faßbar werden.

Zusammenfassend ergibt sich folgender Überblick (Abb. 12):

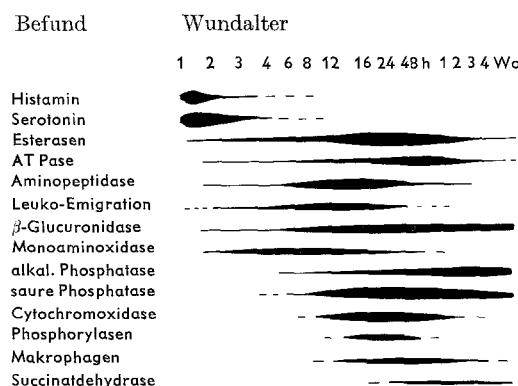


Abb. 12. Zeitliche Staffelung von Befunden in der traumatisierten Haut

Auf dem Gebiet der objektiven, forensischen Altersbestimmung von Hautwunden ist im letzten Jahrzehnt mehr gearbeitet worden als je zuvor. Dabei sind aus der Vielzahl von Möglichkeiten, welche sich aus dem Ergebnisfeld der experimentellen Traumatologie anbieten, bisher erst wenige einer Validitätsprüfung hinsichtlich ihrer Anwendung für rechtsmedizinische Fragestellungen unterzogen worden. Der Weg für das Vorgehen in der Praxis ist besser erkennbar geworden, aber es bleibt noch viel zu tun.

Literatur

- Allgöwer, M.: The cellular basis of wound repair. Springfield (Ill.): Ch. Thomas 1956.
- Arey, L. B.: Woundhealing. Physiol. Rev. **16**, 327—406 (1936).
- Beck, B.: Exper. Untersuchungen des supravitalen Sauerstoffverbrauchs der Rattenhaut in Abhängigkeit vom Haarzyklus. Med. Diss., Göttingen 1971.
- Berg, S.: Der Beweiswert der Todeszeitbestimmung (Überlebenszeit). Beitr. gerichtl. Med. **25**, 61—65 (1969).
- Berg, S., Bonte, W.: Praktische Erfahrungen mit der biochemischen Wundaltersbestimmung. Beitr. gerichtl. Med. **28**, 108—114 (1971).
- Berg, S., Ditt, J., Friedrich, R., Bonte, W.: Möglichkeiten der biochemischen Wundaltersbestimmung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **63**, 183—198 (1968).
- Berg, S., Ditt, J., Kunze, P., Garbe, G.: Beziehungen zwischen Histamingehalt und Aktivität der Histidin-decarboxylase im Bereich von Hautverletzungen. Z. Rechtsmed. **69**, 26—40 (1971).
- Berg, S., Ebel, R.: Altersbestimmung subkutaner Blutungen. Münch. med. Wschr. **1969**, 1185—1190.
- Bertelli, A., Houck, J. C.: Inflammatory biochemistry and drug interaction. Proc. Internat. Sympos. Como. Excerpta medica foundation, Amsterdam 1969.
- Block, W.: Wundheilungsprobleme. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1969.
- Boltz, W.: Histologische Untersuchungen an Injektionsstichspuren. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **40**, 181—191 (1951).
- Büchner, Th.: Entzündungszellen im Blut und im Gewebe. Stuttgart: Fischer 1971.
- Buris, L.: Histochemical examinations at vital and postmortem injuries. Acta histochem. (Jena) **38**, 65—69 (1970).
- Dunphy, J. E., Udupa, K. N.: Chemical and histochemical sequences in the normal healing of wounds. New Engl. J. Med. **253**, 224—233 (1958).
- Dotzauer, G., Tamaska, L.: Hautveränderungen an Leichen. In: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Erg.-Werk Bd. I, Teil 1, S. 708—786. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.
- Ehrlich, W. E.: Die Entzündung. In: Handbuch der allgem. Pathologie, Bd. VII, S. 1—324, Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1956.
- Fatteh, A.: Histochemical distinction between antemortem and postmortem skin wounds. J. forens. Sci. **11**, 17—27 (1966).
- Fazekas, J. G., Viragos-Kis, E.: Der Gehalt der Erhängungsfurche an freiem Histamin als vitale Reaktion. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **56**, 250—268 (1965).
- Fazekas, J. G.: Über den Gehalt der menschlichen Haut verschiedener Körperregionen an freiem und Gesamthistamin. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **61**, 107—116 (1967).
- Fazekas, J. G.: Der Gehalt von Wunden an freiem Histamin als vitale Reaktion in Tierversuchen. Ziechja **45**, 626—547 (1970).
- Fazekas, J. G.: Der Gehalt verschiedener Verletzungen an freiem Histamin als Vitalreaktion. Z. Rechtsmedizin **68**, 86—94 (1971).
- Frick, A.: Die histologische Altersbestimmung von Schnittwunden der menschlichen Haut. Schweiz. Z. Path. **17**, 685—703 (1954).
- Friebel, L., Woohsmann, H.: Die Altersbestimmung von Kanüleneinstichen mittels enzym-histochemischer Methoden. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **62**, 252—260 (1968).
- Gedigk, P.: Die funktionelle Bedeutung des Eisenpigmentes. Ergebn. allg. Path. path. Anat. **38**, 1—45 (1958).
- Gilsa, B. v.: Die Altersbestimmung von Hautwunden. Med. Diss., Würzburg 1966.
- Goffin, Y.: Postmortem variations and effect of autolysis on some hydrolytic enzymes of the skin and skin appendages. Acta path. microbiol. scand. **73**, 351—358 (1968).
- Hamdy, M. K., Kunkle, L. E., Deatherage, F. E.: Bruised tissue. II. Determination of the age of a bruise. J. Animal Sci. **16**, 490—495 (1957); (zit. n. Gilsa).
- Hegemann, G., Nickell, J., Tischler, F.: Beobachtungen über den Wechsel der Doppelbrechfähigkeit und der Trypsinresistenz kollagener Fasern beim Altern von Narbengewebe. Klin. Wschr. **1950**, 362—364.
- Hirvonen, J.: Histochemical studies on vital reaction and traumatic fat necrosis in the interscapular adipose tissue of adult guinea pigs. Ann. Acad. Sci. fenn. A **136**, 1—96 (1968).

- Hou-Jensen, K.: Histochemical demonstration of some hydrolytic enzymes as vital reaction in medicolegal practice. *J. forens. Med.* **15**, 91—105 (1968).
- Hou-Jensen, K.: Some enzyme conditioned vital reaction in the initial phase of wound healing. *Dan. med. Bull.* **16**, 305—308 (1969).
- Jarecki, R., Arndt, U., Schultz, C., Klein, H.: Zur Unterscheidung vitaler und postmortaler Wunden durch Bestimmung des Esterasemusters der Haut. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **66**, 161—169 (1969); *Z. Rechtsmedizin* **67**, 313—318 (1970).
- Kowalewski, K., Yong, S.: Dermal collagen response to experimental thermal injury in normal and steroid hormone-treated rats. *Canad. J. Surg.* **12**, 342—350 (1969).
- Kühnau, J.: Biochemie der Wundheilung. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **301**, 23—38 (1962).
- Laiho, K.: Immunohistochemical studies on fibrin in vital and postmortem subcutaneous haemorrhages. *Ann. Acad. Sci. fenn. A 5* **128**, 1—85 (1967).
- Laves, W.: Postmortale Veränderungen des menschlichen Körpers. In: Ponsold, Lehrbuch der gerichtlichen Medizin, 1. Aufl. Stuttgart: Thieme 1950.
- Lewis, G. P., Lowe, T. J., White, A. M., Worthington, J.: Biochemical Changes in skin and muscle after thermal injury. *Brit. J. exp. Path.* **51**, 7—17 (1970).
- Lindner, J.: Die Morphologie der Wundheilung. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* **301**, 39—70 (1962).
- Lindner, J.: Vitale Reaktionen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **60**, 312—344 (1967).
- Lindner, J.: Vitale Reaktionen. *Acta histochem. (Jena) Suppl.* **9**, 435—467 (1971).
- Lins, G., Hamper, K.: Das remissionsanalytische Hautfarbbild von artefiziellen Blutergüssen. *Beitr. gerichtl. Med.* **27**, 232—236 (1970).
- Luerssen, B.: Das postmortale Verhalten der Gehalte an freiem Histamin und 5-Hydroxytryptamin in der Leichenhaut. *Med. Dissertation Göttingen* 1972.
- Malik, M. O. A.: Histochemical changes or evidence of the antemorten origin of skin burns. *J. forens. Sci.* **15**, 489—499 (1970).
- Marchand, F.: Der Prozeß der Wundheilung mit Einschluß der Transplantation. Stuttgart: Enke 1901.
- Masshoff, W.: Über den Blatabbau im Lichte der allgem. Pathologie. *Dtsch. med. Wschr.* **1946**, 92—95.
- Menkin, Y.: Newer concepts of inflammation. Springfield (Ill.): Thomas 1950.
- Merker, H. F.: Die Cytochemie der Blutzellen. Handbuch der inneren Medizin, 5. Aufl., Bd. II, 1, S. 207. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968.
- Merli, L. D., Gualdi, G., Ronchi, G. U.: La diagnosi cronologica delle ferite cutanee. *Zacchia* **44**, 380—391 (1969).
- Müller, B.: Gerichtliche Medizin. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- Nedwich, A., Sokolic, I. H., Foreman, J., Howard, J. M.: Histochemical observations of second degree burns. *J. Trauma* **4**, 269—281 (1964).
- Ojala, K., Lempinen, M., Hirvonen, J.: A comparative study of the charakter and rapidity of the vital reaction in the incised wounds of human skin and subcutaneous tissue. *J. forens. Med.* **16**, 29—34 (1969).
- Oya, M.: Histochemical demonstration of some hydrolytic enzymes in skin wounds and its application to forensic medicine. *Jap. J. Leg. Med.* **24**, 55—67 (1970).
- Orsos, F.: Die vitalen Reaktionen und ihre gerichtsmedizinische Bedeutung. *Beitr. path. Anat.* **95**, 163—237 (1935).
- Peacock, E. E., Winkle, W. van: Surgery and biology of wound repair. Philadelphia: Saunders 1970.
- Pioch, W.: Die histochemische Untersuchung thermischer Hautschäden und ihre Bedeutung für die forensische Praxis. Lübeck: Schmidt-Römhild 1966.
- Pioch, W.: Epidermale Esterase-Aktivität als Beweis der vitalen Einwirkung von stumpfer Gewalt. *Beitr. gerichtl. Med.* **25**, 136—145 (1968).
- Pioch, W.: Die Bewertung histochemischer Befunde nach thermischen und stumpfen Hautverletzungen unter forensischem Aspekt. *Acta histochem. (Jena) Suppl.* **9**, 405—410 (1971).
- Raeckallio, J.: Die Altersbestimmung mechanisch bedingter Hautwunden mit enzymhistochemical Methoden. Lübeck: M. Schmidt-Römhild 1965.
- Raeckallio, J.: Enzyme histochemistry of wound healing. Stuttgart: Fischer 1970.
- Raeckallio, J.: Fermenthistochemische Untersuchung mechanisch bedingter Hautwunden. *Acta histochem. (Jena) Suppl.* **9**, 397—402 (1971).

- Raekallio, J., Lindfors, R., Elfving, G., Hästbacka, J., Puittinen, J.: Histochemical observations on wound healing in denervated and healthy rat skin. *Acta path. microbiol. scand.* **62**, 53—58 (1964).
- Raekallio, J., Mäkinen, P. L.: Biochemical and histochemical observations on aminopeptidase activity in early wound healing. *Nature (Lond.)* **213**, 1037—1038 (1967).
- Raekallio, J., Mäkinen, P. L.: Serotonin content as vital reaction. *Zacchia* **44**, 587—594 (1969).
- Raekallio, J., Mäkinen, P. L.: Serotonin and histamin contents as vital reactions. *Zacchia* **45**, 403—414 (1970).
- Raekallio, J., Mäkinen, P. L.: Biochemical distinction between ante-mortem and postmortem skin wounds by isoelectric focusing in polyacrylamid gel. I. Experimental investigation on arylaminopeptidases. *Zacchia* **46**, 281 (1971).
- Rauch, S.: Zur Chemie der Wundheilung: Langenbecks Arch. klin. Chir. **266**, 210—226 (1950).
- Rauch, S.: Zur Chemie des Wundexsudats. *Path. et Microbiol. (Basel)* **23**, 529—537 (1960).
- Ross, R.: The fibroblast and wound repair. *Biol. Rev.* **43**, 51—96 (1968).
- Ross, R., Benditt, E. P.: Wound healing and collagen formation. *J. biophys. biochem. Cytol.* **11**, 677—700 (1961).
- Rostock, P.: Die Wunde. Berlin: De Gruyter 1950.
- Russel, W. O.: Estimation of the age of wounds and disease processes. *Ann. West. Med. Surg.* **5**, 950 (1951); (zit. n. Raekallio).
- Serebrennikov, J. M.: Gerichtsmedizinische Untersuchung von Hautnarben. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **53**, 328 (1963).
- Smith, S.: Forensic Medicine. London: Churchill 1945.
- Spector, W. G., Willoughby, D. A.: The pharmacology of inflammation. London: The English Univ. Press Ltd. 1968.
- Schilling, J. A.: Wound healing. *Phys. Ther. Rev.* **48**, 374—423 (1968).
- Schollmeyer, W.: Über die Altersbestimmung von Injektionsstichen. *Beitr. gerichtl. Med.* **244**—249 (1964).
- Schwerd, W.: Der rote Blutfarbstoff und seine wichtigsten Derivate. Lübeck: Schmidt-Römhild 1962.
- Tanaka, M.: The distinction between antemortem and postmortem skin wounds by esterase activity. *Jap. J. Leg. Med.* **20**, 231—239 (1966).
- Tannenberg, J.: Die Leukozytenauswanderung und die Diapedese der roten Blutkörperchen. *Frankfurt. Z. Path.* **31**, 351—363 (1925).
- Volkmann, A., Gowans, J. L.: The origin of macrophages from bone marrow in the rat. *Brit. J. exp. Path.* **46**, 50—61 (1965).
- Wagener, T. D.: Die enzymhistochemische Altersbestimmung mechanischer Hautwunden in der forensischen Praxis. *Med. Dissertation, Göttingen* 1969.
- Walcher, K.: Über vitale Reaktionen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **15**, 16—57 (1930).
- Walcher, K.: Die vitale Reaktion bei der Beurteilung des gewaltsamen Todes. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **26**, 193—211 (1936).
- Wille, R., Ebert, M., Cornely, M.: Zeitstudien über Hämosiderin. *Arch. Kriminol.* **144**, 28—34 und 107—116 (1969).
- Williams, G.: The late phases of wound healing: Histological and ultrastructural studies of collagen and elastic-tissue formation. *J. Path. Bact.* **102**, 61—68 (1970).
- Zimmermann, H.: Einfluß der Autolysezeit auf Fermentaktivitäten in Rattenorganen. *Acta histochem. (Jena) Suppl.* **2**, 142—147 (1961).
- Zollinger, H. U.: Die Wundheilung vom Standpunkt der pathol. Anatomie. *Helv. chir. Acta* **29**, 181—207 (1962).
- Zweifach, B. W., McCluskey, R. T.: The inflammatory process. New York: Academic Press 1965.

Professor Dr. Steffen Berg
Institut für Gerichtliche Medizin
D-3400 Göttingen, Geiststraße 7
Deutschland