

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Ethik, Geschichte und Theorie der Medizin
-Direktorin: Frau Univ.- Prof. Dr. med. B. Schöne-Seifert-

Geschichte der Theorie und Praxis
der Wundheilung und Wundbehandlung
unter besonderer Berücksichtigung des 19. und 20. Jahrhunderts

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Schlathölter, Michael
aus Münster
2005

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. H.-P. Kröner
2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann

Tag der mündlichen Prüfung: 05.07.2005

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Ethik, Geschichte und Theorie der Medizin
Direktorin: Frau Univ.-Prof. Dr. med. B. Schöne-Seifert
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. H.-P. Kröner
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann

Zusammenfassung

Geschichte der Theorie und Praxis
der Wundheilung und Wundbehandlung
unter besonderer Berücksichtigung des 19. und 20. Jahrhunderts
Schlathölder, Michael

Geschildert werden in ihrem geschichtlichen Verlauf jeweils die bestehenden Theorien zur Wundheilung sowie die Praxis der Wundbehandlung. Sie werden in ihren kulturhistorischen Kontext eingeordnet und bezüglich ihrer gegenseitigen Wechselwirkungen analysiert. In der Antike wird insbesondere auf die erstmalige Unterscheidung primär und sekundär heilender Wunden durch Hippokrates und das Konzept „*pus bonum et laudabile*“ eingegangen. Im Mittelalter wird die Fortführung und Abwandlung des antiken Wundheilungsmodells verfolgt. Das Verfahren der Mikroskopie, welches in der Renaissance initiiert wurde, legte mit immer weiter verfeinerten Optiken in der Neuzeit den Grundstein für die moderne Theorie der Wundheilung. Dabei war insbesondere die Entdeckung der Entstehung von Wundkrankheiten durch Bakterien im 19. Jahrhundert bedeutsam. Daran schloss sich die Entwicklung neuer Antiseptika und der Antibiotika und die Erforschung des sogenannten Wundchocks einschließlich der Entdeckung spezieller Wundheilungsfaktoren mittels molekularbiologischer Techniken an. Der aktuelle Stand der Theorie der Wundheilung sowie der Praxis der Wundbehandlung wird aus der historischen Entwicklung hergeleitet dargestellt. Bei den akuten Wunden wird hier besonders auf die Behandlung von Verbrennungen eingegangen. Schließlich wird die moderne Behandlung chronischer Wunden bei chronisch venöser Insuffizienz, peripherer arterieller Verschlusskrankheit, beim Diabetischen-Fuß-Syndrom und bei chronischen Mangelzuständen geschildert und historisch eingeordnet.

Tag der mündlichen Prüfung: 05.07.2005

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Einführung in die Problemstellungen der Historiographie der Wundheilung | 3 |
| 2.1. Grundbegriffe..... | 3 |
| 2.2. Vergangenheit und Gegenwart – Wissensstand und Problemdarstellungen | 5 |
| 2.3. Theorie und Praxis – Wechselseitiger Einfluss | 6 |
| 3. Die Antike | 8 |
| 3.1. Die Vier-Säfte-Lehre: Universelles Heilungskonzept der Antike..... | 8 |
| 3.2. Pflanzliche Wundheilmittel – Ihre Bedeutung neben der Vier-Säfte-Lehre | 11 |
| 3.3. Variationen der Blutstillung..... | 14 |
| 3.4. Entzündungsbekämpfung – primäre und sekundäre Wundheilung..... | 16 |
| 3.5. Therapie chronischer Wunden und Verbrennungen..... | 19 |
| 3.6. Diät in der Wundbehandlung | 20 |
| 4. Mittelalter | 21 |
| 4.1. Seelenheil als Maxime – Folgeschwere Entwicklung durch Abtrennung der Chirurgie..... | 21 |
| 4.2. Nach Westroms Untergang – Oströmische Ärzte retten antiken Erfahrungsschatz | 23 |
| 4.3. Rhazes und Abulkasis – Arabische Einflüsse auf die Wundversorgung..... | 23 |
| 4.4. Salerno und Bologna – Wundtherapie neuer Medizinschulen | 24 |
| 4.5. Diät vor Heilmitteln und chirurgischer Behandlung | 27 |
| 4.6. Bader, Barbieri und Wundärzte – Eine neue Zunft formiert sich..... | 27 |
| 5. Renaissance | 29 |
| 5.1. Vesalius, Fracastoro, Paracelsus – Die Vier-Säfte-Lehre gerät ins Wanken..... | 29 |
| 5.2. Entdeckungsreisen in die Neue Welt – Wichtige Bereicherung der Erkenntnisse | 31 |
| 5.3. Kräuterbücher – Fundgrube verschiedenster Wundkräuter..... | 31 |
| 5.4. Paracelsus – „Es ist der Balsam im Leib, der heilt“ | 32 |
| 5.5. Auftreten der Schusswaffen und ihre Folgen | 33 |
| 6. 17. und 18. Jahrhundert | 36 |
| 6.1. Das Mikroskop initiiert neue Wundheilungstheorien | 36 |
| 6.2. Die Ursache der Gangrän wird entdeckt | 39 |
| 6.4. Massenherstellung von Nahtmaterial und Verbandstoffen | 41 |
| 6.5. Larrey und die preußischen Generalchirurgen – Einflüsse der Kriegschirurgie | 41 |
| 7. 19. Jahrhundert | 44 |
| 7.1. Beginn der modernen Wundheilungstheorie..... | 44 |
| 7.2. Joseph Lister und die Karbolsäure | 54 |
| 7.3. Erste medizinische Schulen – Professionalisierung der Wundbehandlung in Deutschland.... | 55 |
| 7.4. Lister – Neuber – Von der Antisepsis zur Asepsis..... | 57 |
| 7.5. Von Kiel aus um die Welt – Siegeszug der aseptischen Wundbehandlung | 59 |
| 7.6. Veränderungen auf dem Gebiet der Kriegschirurgie | 61 |
| 7.7. Neue Verbandsmaterialien durch industrielle Produktion | 64 |
| 8. 20. Jahrhundert | 65 |
| 8.1. Infizierte Wunden – Neue Behandlungsstrategien..... | 66 |
| 8.2. Antibiotika – Behandlung infizierter Wunden verändert sich..... | 67 |
| 8.3. Antibiotikaresistenzen und Hospitalismuskeime | 69 |
| 8.4. Blutung und Schock – Fortschritte in der Therapie | 71 |
| 8.5. Behandlung primär heilender Wunden | 74 |
| 8.6. Versorgung brandverletzter Patienten..... | 76 |
| 8.7. Fortschritte in der Wundheilungstheorie - Konsequenzen für die Praxis..... | 79 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 8.8. | Blutgerinnungsphase..... | 80 |
| 8.9. | Wachstumsfaktoren aus Thrombozyten fördern die Wundheilung..... | 81 |
| 8.10. | Entzündungsphase..... | 82 |
| 8.11. | Leukozyten und Makrophagen produzieren Wachstumsfaktoren..... | 82 |
| 8.12. | Reepithelialisierungsphase – Erforschung der Zellmigration und des EGF..... | 84 |
| 8.13. | Granulationsphase..... | 86 |
| 8.14. | Erforschung der Fibroblastenfunktion | 86 |
| 8.15. | Die Remodellierungsphase | 88 |
| 8.16. | Bedeutung der Wundheilungsmodelle | 89 |
| 8.17. | Feuchte Wundbehandlung – Wissenschaftliche Grundlagen..... | 90 |
| 8.18. | Kalziumalginat, Hydrogele und Hydrokolloide | 91 |
| 8.19. | Vakuumversiegelung – Eine alternative Therapieform..... | 92 |
| 8.20. | Biochirurgie: Fliegenmaden reinigen Problemwunden..... | 93 |
| 8.21. | Keratinocyten – Sheets: Transplantate gezüchtet aus körpereigenem Gewebe..... | 94 |
| 8.22. | Therapie chronischer Wunden | 94 |
| 8.23. | Arterielle Verschlusskrankheit und Gangrän | 95 |
| 8.24. | Venöse Insuffizienz und Ulcus cruris | 96 |
| 8.25. | Dekubitalulzera | 98 |
| 8.26. | Wundheilungsstörungen bei Mangelzuständen..... | 99 |
| 8.27. | Das Diabetische Fußsyndrom | 101 |
| 9. | Resümee | 105 |
| 10. | Literaturverzeichnis | 106 |
| 10.1. | Primärliteratur:..... | 106 |
| 10.2. | Sekundärliteratur zur Geschichte der Wundheilung und Wundversorgung: | 123 |
| 10.3. | Allgemeine medizinhistorische Sekundärliteratur: | 134 |
| 11. | Namensverzeichnis | 136 |
| 12. | Danksagung | 138 |
| 13. | Tabellarischer Lebenslauf..... | 139 |

1. Einleitung

In dieser Arbeit soll eine historiographische Synopse über die Theorie der Wundheilung und die Praxis der Wundbehandlung mit dem Schwerpunkt des 19. und 20. Jahrhunderts geschaffen werden. Ein im Schrifttum bisher nicht verfügbares, aktuelles historiographisches Literaturverzeichnis wird zum Überblick über das Forschungsgebiet hinzugefügt.

Im Rahmen der Literaturrecherche fällt auf, dass die Dokumente mit Bezug auf die Praxis der Wundbehandlung die mit Bezug auf die Theorie der Wundheilung an Zahl deutlich übersteigen. Außerdem gibt es bisher keine Darstellung, die beide Bereiche in ihrem historischen Werdegang bis in die Gegenwart vergleichend betrachtet und dabei ihre wechselseitigen Zusammenhänge und Beeinflussungen berücksichtigt. So wird ein Teilaspekt dieser Arbeit sein, diese Wechselwirkungen unter besonderer Berücksichtigung des 20. Jahrhunderts darzustellen. Die mannigfaltigen kulturellen Einwirkungen werden ebenfalls nachvollzogen.

Für den Zeitraum der Antike lieferte der zeitgenössische Pathologe Guido Majno (geb. 1922 in Mailand) im Jahre 1975 mit dem Titel „The Healing Hand – Man and Wound in the Ancient World“¹ bereits ein umfassendes Werk über antike Wundheilungstheorien und antike Wundbehandlungstechniken und deren Zusammenhänge. Hier wurden exemplarisch kulturelle Einflüsse auf die Theorie der Wundheilung und die Praxis der Wundbehandlung herausgearbeitet. Allen Oldfather Whipple (1881–1963) veröffentlichte unter dem Titel “The story of wound healing and wound repair”² im Jahre 1963 eine Schrift mit Erkenntnissen über den Zeitraum der Antike hinaus. Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis im Umgang mit Wunden wurden in dieser Arbeit wie auch in vielen anderen historiographischen Schriften zum Thema

¹ Majno, G.: The Healing Hand – Man and Wound in the Ancient World, Harvard University Press, Cambridge 1975, First Harvard University Press paperback edition 1991

² Whipple, A.O.: The story of wound healing and wound repair, Springfield, C.C. Thomas 1963

Wundheilung kaum untersucht. Wie in den meisten veröffentlichten Arbeiten standen auch hier die praktischen Behandlungsmethoden ganz im Vordergrund.

In der deutschsprachigen Literatur zu diesem Thema treten zwei Veröffentlichungen besonders hervor: So machte sich Felix Marchand (1846–1928) im Jahre 1901 mit dem Einleitungskapitel seines Werkes „Der Process der Wundheilung mit Einschluss der Transplantationen“³ um die Geschichte der Wundheilung verdient. Einen wichtigen Beitrag zur Geschichte der Praxis der Wundbehandlung lieferte auch Conrad Brunner (1859–1927) im Jahre 1916 mit dem Einleitungskapitel seines Werkes „Handbuch der Wundbehandlung“⁴. Entsprechend der eher theoretischen Ausrichtung des Werkes Marchands und der eher praktischen Ausrichtung des Werkes Brunners gestalten sich auch die historischen Einleitungskapitel unterschiedlich. In ihrer gegenseitigen Ergänzung bilden sie im deutschsprachigen Raum die Grundlage der Historiographie der Theorie der Wundheilung und der Praxis der Wundbehandlung bis in das 19. Jahrhundert.

Abgesehen von diesen grundlegenden Monographien sind noch weitere solche Arbeiten in medizinischen Fachzeitschriften erschienen (siehe ausführlicher Überblick im Literaturverzeichnis). Meist liefern sie nur einen kurzen Abriss über die Geschichte der Wundbehandlung – in der Regel ohne Bezug zur Theorie der Wundheilung. Es liegt in der Natur einer Arbeit wie der vorliegenden, dass nicht alle diese Schriften im Einzelnen diskutiert werden können. Besonders erwähnenswert sind allerdings die Artikel von Brown: „Wound healing research through the ages“⁵ aus dem Jahre 1992 und von Brantigan: „The history of understanding the role of growth factors in wound healing“⁶ aus dem Jahre 1995. Sie bereichern als einige wenige die Diskussion über die historische Entwicklung der Wundheilungstheorie. Die wichtigsten zur Diskussion stehenden Fragen in der Historiographie der Theorie der Wundheilung und der Praxis der Wundbehandlung werden im nächsten Kapitel unter dem Titel „Einführung in die Problemstellungen der Historiographie der Wundheilung“ vertieft.

³ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung mit Einschluss der Transplantationen, Deutsche Chirurgie 1901, Bd. 16

⁴ Brunner, C.: Handbuch der Wundbehandlung, Stuttgart 1916

⁵ Brown, H.: Wound healing research through the ages; in: Cohen, I.K., Diegelmann R.F., Lindblad, W.J.: Wound healing – biochemical and clinical aspects (S. 5 –18), Saunders Philadelphia 1992

⁶ Brantigan, C.O.: The history of understanding the role of growth factors in wound healing, Wounds 1995, Bd. 8, S. 78- 90

Im Folgenden wird dann eine eigenständige Geschichte der Theorie der Wundheilung und der Praxis der Wundbehandlung unter besonderer Berücksichtigung des 19. und 20. Jahrhunderts entwickelt. Auch wenn der Schwerpunkt auf dem 19. und 20. Jahrhundert liegt, soll aus heuristischen Gründen nicht auf einen historischen Überblick über den Zeitraum von der Antike bis zum 19. Jahrhundert verzichtet werden.

2. Einführung in die Problemstellungen der Historiographie der Wundheilung

2.1. Grundbegriffe

Die wichtigsten Grundbegriffe im Verlaufe der Geschichte der Wundheilung sind die primäre und die sekundäre Wundheilung, das Konzept vom lobenswerten Eiter („pus bonum et laudabile“) sowie die Antisepsis und die Asepsis. Die Begriffe Antisepsis und Asepsis sind in der Allgemeinheit relativ bekannt. Ihre Einführung im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts brachte einen enormen Fortschritt für die Effektivität der Wundbehandlung, was mit einer deutlichen Reduktion der Keimzahl in Wunden erreicht werden konnte. Die genaue Unterscheidung der primären und sekundären Wundheilung jedoch ist vorwiegend in medizinischen Fachkreisen bekannt und das Konzept vom lobenswerten Eiter stößt meistens auf Ablehnung oder Unverständnis. Verbreitet ist die Ansicht, dass bis zur Einführung der Antisepsis im neunzehnten Jahrhundert in Wunden jeder Art ärztlich gezielt Eiterung hervorgerufen gewesen sei. Differenziertere historische Betrachtung wird zeigen, dass bereits vor der Einführung der Antisepsis entzündungshemmend wirksame mineralische und pflanzliche Wundheilmittel angewendet wurden. Die Beförderung der Eiterung durch den Arzt – mit dem Schlagwort „pus bonum et laudabile“ die Zeit vor Einführung der Antisepsis bezeichnend – wurde nur in speziellen Fällen angewendet.

Zu Beginn dieser Einführung sollen daher die Vorgänge der primären und der sekundären Wundheilung sowie der Vorgang der Eiterung geschildert werden.

Die Unterscheidung der primären und der sekundären Wundheilung geht auf die hippokratische Medizin zurück.

Hippokrates unterschied einerseits einfache Schnittwunden ohne Gewebstrümmer und Verschmutzungen, andererseits komplizierte Verletzungen mit viel abgestorbenem Gewebe – verschmutzt und ggf. bereits entzündet. Erstere konnten vernäht werden und heilten primär, letztere mussten offen bleiben und sich sekundär schließen. Reinlichkeit war bei Hippokrates ausdrücklich von großer Wichtigkeit. So reinigte er einfache Schnittwunden mit Wein oder abgekochtem Regenwasser, um sie dann zu vernähen. Zerklüftete, verschmutzte oder entzündete Wunden mussten laut Hippokrates jedoch schnell durch den Vorgang der Eiterung gebracht werden, damit abgestorbene Gewebstrümmer und Verschmutzungen durch den Eiter zersetzt und herausgelöst werden.

Majno schrieb im Einleitungskapitel seines Werkes dazu (vom Autor ins Deutsche übertragen): „Pus ist eine wertvolle Substanz ... man bedenke auch die doppelte Bedeutung der Eiterung: Sie zeigt an, dass eine Entzündung vorliegt, aber eben auch, dass der Körper sie effektiv bekämpft. Der Ausgang des Kampfes kann in gewissem Umfang dem Erscheinungsbild des Eiters entsprechend vorhergesagt werden. Der weiße cremige Eiter, der viele polys (= polymorphzellige neutrophile Granulozyten = bestimmte weiße Blutkörperchen mit Abwehrfunktionen insbesondere gegen Bakterien) enthält, ist günstiger, weil er anzeigt, dass eine Infektion erfolgreich bekämpft wird. Daher auch der antike lateinische Name „pus bonum et laudabile“, „guter und lobenswerter Eiter.“ Düninflüssiger oder stinkender Eiter hingegen war ein Hinweis für eine schwache Abwehr oder besonders gefährliche Bakterien.”⁷

Diese Schilderungen Majnos dokumentieren, dass die Ärzte in der Ära des Hippokrates bereits eine Ahnung von der Bedeutung des Eiters hatten, obwohl sie die weißen Blutkörperchen oder die Bakterien noch nicht kannten. Hierbei differenzierten sie sehr genau, dass jede andere Form des Eiters als diejenige, die cremig weiß aussah als prognostisch ungünstig galt. Die Eiterung wurde nur dann als ein nützlicher, natürlicher und insbesondere wünschenswerter Vorgang angesehen, wenn die Wunde nicht primär verheilen konnte. Traten in primär heilbaren Wunden Entzündungszeichen auf, so wurden entzündungshemmend wirkende Mineralstoffe und Kräuter angewendet.

⁷ Majno, G.: The Healing Hand – Man and Wound in the Ancient World, Harvard University Press, Cambridge 1975, First Harvard University Press paperback edition 1991, S.4

Daran sollten sich alle nachfolgenden Ärzte, die an das antike Konzept des „pus bonum et laudabile“ anknüpften, orientieren. Eine unreinliche Wundbehandlung wie das Einbringen von Schmutz in potentiell primär heilbare Wunden – was eine im Mittelalter häufig geübte Praxis war – hatte mit dem ursprünglichen Konzept vom lobenswerten Eiter nichts gemein und kann nur als folgenschwere Fehlinterpretation bezeichnet werden. Hippokrates kochte die Schafswolle in Wein ab, bevor er sie zur Stimulierung der Wundeiterung in zerklüftete, verschmutzte Wunden einbrachte. Er hatte das Prinzip der Reinlichkeit stark kultiviert. Die Antisepsis und Asepsis begründeten die Durchsetzung des Reinlichkeitsgebots auf eine noch wesentlich effektivere Weise.

2.2. Vergangenheit und Gegenwart – Wissensstand und Problemdarstellungen

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Therapiekonzepte der jeweiligen Kulturepochen aus der Zeit ihrer Entstehung und unter Einbezug heutigen Wissens kritisch zu würdigen, ohne den aktuellen Wissensstand als Maßstab für die Leistungen der Ärzte früherer Zeiten anzulegen. Die Fähigkeiten werden in ihrem jeweiligen historischen Kontext und nicht im Vergleich mit dem heutigen Wissensstand gewertet. Die in den verschiedenen Zeiträumen etwaig bestehende Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis sowie die Wechselwirkungen der verschiedenen Schulen werden dargestellt.

Schließlich wird auf das verbreitete Festhalten an tradierten Vorstellungen entgegen neuer, zeitgenössischer Forschungsergebnisse eingegangen. Gleichfalls wird die vorliegende Arbeit den geschichtlichen Hintergrund pflanzlicher Wundheilmittel beleuchten. Dabei sind die Werke von Forrest^{8/9} und Majno wichtige Grundlagen.

Wie bereits am Beispiel der Wundeiterung erläutert, können trotz des heute hohen Wissensstandes bei einseitiger Betrachtung vergangener Medizinkonzepte unberechtigte Fehlbeurteilungen entstehen. Diese sollen historiographisch herausgearbeitet werden. Ebenso wird die Wundbehandlung mit Naturheilmitteln historiographisch zur Anschauung gebracht. Bestrebungen, die Natur der Wundheilung und die Wirksamkeit

⁸ Forrest, R.D.: Early history of wound treatment, Journal of the Royal Society of Medicine, 1982, Band 75, S. 198- 205

⁹ Forrest, R. D.: Development of wound therapy from the dark ages to the present, Journal of the Royal Society of Medicine 1982, Band 75, S. 268- 273

natürlicher Wundheilmittel zu verstehen und die gefundenen Erkenntnisse zu verbreiten, sollen in dieser Arbeit gewürdigt werden.

Als Beispiel ein kurzer Abriss der Wundheilkrauter-Forschung:

Guido Majno führte selbst Testungen mit antiken Wundheilmitteln durch und stellte für einige eine gute antibakterielle Wirksamkeit fest.¹⁰ Tatsächlich konnte eine antiseptische Wirkung für verschiedene Pflanzenwirkstoffe aus der Antike und dem Mittelalter für die Wundheilung festgestellt werden. Einige davon werden heute teilweise als „Neuheiten“ wieder entdeckt. Die Erforschung der Natur der Wundheilung sowie der natürlichen Wundheilmittel spielte bereits in der Zeit vor dem 19. Jahrhundert eine wichtige Rolle.

Anknüpfend an die Arbeit von Brantigan wird auch auf die Rolle der Wachstumsfaktoren innerhalb der Wundheilung und –behandlung eingegangen.¹¹

2.3. Theorie und Praxis – Wechselseitiger Einfluss

Die Vier-Säfte-Lehre hatte in ihrer Epoche einen überragenden Einfluss auf die Theorie der Medizin und insbesondere der Wundheilung. Danach wurde die Entzündung in Wunden als Säftestau angesehen. Dieser sollte durch Freiwerden von Eiter aufgelöst werden. Eine solche Therapie konnte aber bei fehlender genauer Kenntnis des Konzeptes vom lobenswerten Eiter mit seiner ganz speziellen Indikation zur Erzeugung einer Eiterung fatale Folgen nach sich ziehen. Ein Sichberufen auf die Vier-Säfte-Lehre zur Rechtfertigung der Erzeugung oder zur Erklärung des Entstehens von Eiter in Wunden, auch solchen, die eigentlich primär heilen konnten, reflektiert das schädliche Produkt der Wechselwirkung zwischen falsch verstandener Theorie und Praxis. Solche Folgen einer Fehlinterpretation finden sich im Mittelalter nicht selten. Selbst im 19. Jahrhundert zeigen sich trotz der Kenntnisse über die Theorie der Entstehung von Wundkrankheiten durch Bakterien die alten pus bonum - Praktiken. Nur langsam und

¹⁰ Majno, G.: The Healing Hand – Man and Wound in the Ancient World, Harvard University Press, Cambridge 1975, First Harvard University Press paperback edition 1991

¹¹ Brantigan, C.O.: The history of understanding the role of growth factors in wound healing, Wounds 1995, Bd. 8, S. 78-90

nicht selten verbunden mit Widerstand fanden die gewonnenen theoretischen Forschungsergebnisse Eingang in die Praxis.

Gleichermaßen hatte die im Mittelalter vorherrschende Meinung „Seelenheil vor körperlicher Unversehrtheit“ als bestimmende Theorie einen epochalen Einfluss auf Entwicklung und Ausübung medizinischer Kenntnisse. Über Jahrhunderte stand die medizinische Forschung still. So war die Wiederentdeckung und Fortentwicklung älterer Wundheilungsmethoden den Badern und Barbieren zu verdanken. Hier tat sich der bis in die Neuzeit fortbestehende Riss zwischen der Chirurgie und der übrigen Medizin auf, Wechselwirkungen waren unübersehbar und werden im Folgenden dargestellt. Schließlich werden therapeutische Neuentwicklungen in ihrem historischen Kontext dargestellt.

3. Die Antike

3.1. Die Vier-Säfte-Lehre: Universelles Heilungskonzept der Antike

In der für die Geschichte der Wundheilung wichtigen Periode der Antike Griechenlands galt der menschliche Körper als Mikrokosmos. Die vier (*hypothetischen*) Säfte *helle Galle, dunkle Galle, Schleim und Blut* waren von zentraler Bedeutung. Das richtige Mischungsverhältnis dieser vier Säfte (Eukrasie) galt als Grundvoraussetzung für die Gesundheit des Menschen. Diese Eukrasie, bestimmend für das Wohlbefinden des Menschen, stand in Analogie zur Eukrasie des Makrokosmos! Dessen Elemente (*hypothetisch*: Feuer, Wasser, Erde, Luft) und Qualitäten (*hypothetisch*: feucht, kalt, warm, trocken) sollten Einflüsse auf den Mikrokosmos Mensch – insbesondere auf seine Säfte – ausüben können. Die Haut als Grenze zwischen Mikro- und Makrokosmos hatte den Körper vor zu starken Einflüssen der Umwelt zu schützen. Man stellte sich in der Antike die Haut als eine Rinde vor, die von der noch nicht völlig ausgetrockneten Fleischsubstanz abgesondert wurde.¹² Das Fleisch selbst bestand nach Erasistratos von Keos (ca. 250 v.Chr.) aus 3 Anteilen: „kleinen Venen, kleinen Arterien und kleinen Nerven“, die jeweils zur eigenen Versorgung kleine Venen besaßen. Die Zwischenräume dieser Grundgewebsanteile wurden durch Nährstoffe gefüllt. Man nannte sie auch Parenchym (das „Dazwischengegossene“).¹³ Erasistratos nahm an, dass in den Arterien nur Luft und in den Venen nur Blut floss. Zugrunde lag dieser Anschauung die Beobachtung, dass bei der Leichenschau Verstorbener häufig kein Blut in den Arterien vorhanden war, während die Venen mit Blut gefüllt waren. Besondere Bedeutung wurde nach einer Verletzung der Rötung und Schwellung des Wundgebiets beigemessen. Basierend auf der pneumatischen Vermutung, in den Arterien fließe nur Luft, wurde die Vorstellung entwickelt, dass im Falle einer Verwundung das Pneuma (die Luft) der Arterien verloren gehe, Blut fließe dann aus den Venen in die Arterien

¹² Steudel, J.: Bau und Funktion der Haut in der Antike, Studium generale 1964, Bd. 17, S. 583- 588; S. 583f.

¹³ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 333- 334

wodurch letztlich die Blutfülle (Plethora) im Wundgebiet zu erklären sei, die sich in Rötung und Schwellung äußere.

Andere gingen davon aus, dass durch die Verletzung der Haut der Schutz des Fleisches vor der Kälte des Makrokosmos verloren gehe, was zu Spasmen der Venen führen sollte. Diese Spasmen hätten das Pumpen von Blut in das Wundgebiet zur Folge, welches ebenfalls die Rötung und Schwellung des Wundgebiets erklärte. Des Weiteren vermutete man, dass die Unterbrechung des Blutflusses selbst zur Blutansammlung führen müsse, glaubte man doch, dass es hin- und herfließe.¹⁴ Stauung eines Saftes, in diesem Falle des Blutes, wurde als wichtige Krankheitsursache angesehen, somit interpretierte man Schwellung und Rötung des Wundgebiets als Zeichen einer krankhaften Säftestauung. Diese musste vom Körper ebenso abgebaut werden wie abgestorbenes Gewebe im Wundspalt. Im Wundgebiet anfallende, abgestorbene Gewebstrümmer und das zum Stillstand gekommene, angefüllte Blut befanden sich nach antikem Krankheitskonzept im so genannten Zustand der Rohheit (Apepsie). Bei einfachen Schnittwunden waren Gewebstrümmer und starke Rötung und Schwellung des Wundgebiets wenig ausgeprägt oder fehlten. Diese Wunden galten als wenig gefährlich. Sie wurden gereinigt, genäht und mit einem in Wein getränkten Verband bedeckt, bis die Wunde verheilt war. Bei stark zerklüfteten Wunden, die zudem verschmutzt, angefüllt mit geronnenem Blut und durch Rötung des Wundgebiets gekennzeichnet waren, lag der gefährliche Zustand der Rohheit des angestauten Blutes und abgestorbenen Gewebes vor. Hier herrschte die Anschauung, der Körper könne selbst durch Kochung (Pepsis, bzw. Coctio) überflüssige Säfte und Gewebstrümmer abbauen. Als wünschenswertes Produkt dieses körpereigenen Kochungsvorganges wurde reiner weißer Eiter (pus bonum et laudabile: guter, gesunder Eiter) angesehen. Dieser Eiter war das Zeichen einer akuten, für den weiteren Krankheitsverlauf besonders wichtigen Phase, der so genannten Krisis. Es handelte sich hierbei um eine durch Fieber und lokale Entzündung gekennzeichnete Zeitspanne. Man kannte drei verschiedene Ausgänge dieser äußerst kritischen Phase: Heilung, Tod oder Rückfall. Zur Heilung zerklüfteter Wunden galt die Eiterung als unumgänglich. Sie wurde durch den mit der Vier-Säfte-Lehre vertrauten Arzt der Antike in diesem Falle auch angeregt, da ein zu geringes Freiwerden von Eiter als negatives Zeichen angesehen wurde. Man

¹⁴ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 183

schloss daraus, dass die stillstehenden und verderbenden Säfte und Gewebe nicht abgebaut werden konnten. Sollte die Eiterbildung nicht in Gang kommen zeichnete sich also Gefahr für Rückfall oder gar Tod ab. Erschien aber reiner weißer Eiter im Wundgebiet und hatte der Arzt den Eindruck, die angestauten Säfte und abgestorbenen Gewebe seien durch die Kochung beseitigt, verzichtete er auf Eiteranregung. Er ließ die Wunde unvernäht und bedeckte sie wie die genähten einfachen Schnittwunden mit Weinverbänden.¹⁵ Es kam zum „Nachwachsen des Fleisches“, schließlich schloss sich die Wunde. Der Schutz des Mikrokosmos vor den schädlichen Einflüssen des Makrokosmos war wieder hergestellt. Erschien aber zu irgendeinem Zeitpunkt der Wundheilung trüber, grünlicher oder stinkender Eiter im Wundgebiet, so wurde diesem soweit möglich entgegengewirkt. Diese Form des Eiters wurde im Gegensatz zum Produkt der Coctio als faulender Saft und damit als Gefahr für den gesamten Organismus angesehen. Erschien bei zerklüfteten Wunden überhaupt kein Eiter, so war dies für sie ein prognostisch sehr ungünstiges Zeichen. Es ist denkbar, dass diese Anschauung mit einem häufig tödlich verlaufenden Streptokokken-Erysipel, das ohne Eiterung ablaufen kann, in Verbindung zu bringen ist.¹⁶

Bei durch Verletzungen entstandenen Wunden war eine äußere Ursache für eine Entzündung relativ nahe liegend. Eine weit verbreitete antike Anschauung ging davon aus, dass so genannte Miasmen – Ausdünstungen von stillstehenden Gewässern und aus kranken Menschen – durch Luftübertragung in die Wunde gelangen und dort einen Zustand der Rohheit hervorrufen konnten.¹⁷

Ohne adäquates Trauma entstandene Wunden wie chronische Unterschenkelgeschwüre wurden in der Antike auf ein Ungleichgewicht der Säfte (Dyskrasie) zurückgeführt. Es wurde eine Anstauung überflüssiger Säfte im Unterschenkel vermutet, diese würden schließlich durch das entstehende Geschwür nach außen abgeleitet. Somit sollten diese Wunden also möglichst nicht zur Heilung gebracht werden. Man vermutete, dass der Verschluss dieser Wunden zu einem Zurückschlagen überflüssiger Säfte auf innere

¹⁵ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 183

¹⁶ Alexander, J.W.: The contributions of infection control to a century of surgical progress, Annals of Surgery 1985, Bd. 201, S. 423- 428; S.425

¹⁷ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 310

Organe führen könnte – eine noch bis in unsere Zeit gelegentlich verbreitete Meinung bei ulcus-cruris-Trägern.

Ebenso galten Hautkrankheiten als Zeichen einer nach außen dringenden Störung des Säftegleichgewichts. Oftmals galten sie als nicht behandlungswürdig. Man deutete sie vielmehr als Zeichen einer sinnvollen körperlichen Reaktion auf das Übermaß eines Saftes.¹⁸

3.2. Pflanzliche Wundheilmittel – Ihre Bedeutung neben der Vier-Säfte-Lehre

Häufig waren die in diesem Zeitabschnitt in der Wundheilung tätigen Personen keine ausgebildeten Ärzte. Sie hatten die Medizinschulen der Griechen nicht besucht und waren mit der Vier-Säfte-Lehre nicht vertraut. In ihrer täglichen Praxis spielten Pflanzenextrakte und Heilkräuter eine hervorragende Rolle. Anregung zur Erprobung von Pflanzenstoffen in der Wundbehandlung war die analoge Vorstellung über die Vorgänge bei einer Verletzung eines Menschen und einer Pflanze bzw. eines Baumes. Wohl schon seit Beginn der Menschheit wurde beobachtet, dass Pflanzen nach Verletzungen Säfte absonderten und dass Verletzungen von Bäumen durch Harze verschlossen wurden. Diese Pflanzensäfte verklebten den Defekt und förderten deren Verschluss. Der Schluss lag nahe, die Absonderungen der Pflanzen, die so offensichtlich eine Verheilung der „Wunden“ einleiteten, auf menschliche Wunden aufzutragen. Letztlich zeigten sich zahlreiche dieser Pflanzenausscheidungen oder Extrakte aus Blättern, Rinden, Früchten oder Harzen auch als sehr hilfreich. Häufig wurden sie zu einem Pflanzenbrei zermahlen und aufgetragen.

So sammelte unter anderen Dioscurides (40–90 n.Chr.), einer der bekanntesten Naturforscher und Heilmittelkenner der Antike, auf zahlreichen Reisen Wissen über empirisch gefundene Heilwirkungen von Pflanzen. Er beschrieb bereits eine beachtliche Zahl an Wirkstoffen für die Wundbehandlung. Die Wirkung eines Großteils dieser Heilkräuter wird bis heute in der volkstümlichen Wundbehandlung hoch geschätzt.¹⁹

¹⁸ Richter, P.: Geschichte der Dermatologie, Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten Bd. 14, Berlin 1928, S. 38

¹⁹ Madaus, G. : Lehrbuch der biologischen Heilmittel, Georg Ohms Verlag, Hildesheim 1976, Nachdruck der ersten Auflage: Leipzig 1938

Es existieren weltweit unter Einbezug verschiedener Auflistungen unterschiedlicher Autoren etwa 200 – 300 wirksame Wundheilmittel aus Pflanzen.

Diese haben zum großen Teil noch bis in die Gegenwart tiefe Verankerung in der Geschichte des jeweiligen Verbreitungsraums. An dieser Stelle können jedoch nur einige wenige der bekanntesten im Kontext zu ihrer Heilkraft kurz beschrieben werden. Die Aloe vera steht hier mit an vorderer Stelle. Ihre Wirkung ist im 20. Jahrhundert in zahlreichen wissenschaftlichen Studien bestätigt worden. Bereits vor etwa 3.500 Jahren wurde sie in Hieroglyphenschriften erwähnt und kommt auch heute noch vom Roten Meer bis Südafrika und in Indien natürlich vor. Aristoteles (384–322 v.Chr.), Lehrer Alexander des Großen, sprach seinem Schüler die Empfehlung aus, bei seinem großen Feldzug auch die Insel Sokotra zu erobern, die zu dieser Zeit als Heimatort der Aloe galt. Er könne dann genügend Wundheilmittel für die Schlachten herstellen lassen. (Madaus (M.): S. 484). Ebenfalls eine sehr bekannte Heilpflanze ist bis in die heutige Zeit *Achillea millefolium*, die Schafgarbe (oder auch Soldatenkraut), in englischer Sprache Yarrow. Ihre Wirkungsweise war in der Antike sagenumwoben. Den Namen *Achillea* erhielt sie von Achilles, der diese Pflanze im trojanischen Krieg für die Wundbehandlung entdeckt haben soll (M.: S.1911). Dioscurides empfahl sowohl Aloe als auch die Schafgarbe zur Wundbehandlung. Weiterhin zu den klassischen Naturheilmitteln gehört *Erythraea centaurium*, (deutsch Tausendguldenkraut, englisch Broad-leaved Century). Es wächst noch heute in ganz Europa, in Mittelasien, in Nordamerika und in Nordafrika. Nach Plinius (25–79 n. Chr.) hat das Centaurium den Namen von Chiron dem Centauren erhalten, dieser solle damit eine Pfeilverletzung an seinem Fuß geheilt haben. (M.: S. 873). Als eines der wichtigsten Naturheilmittel gilt das Johanniskraut (*Hypericum perforatum*, St. John's wort). Sein blutroter Saft, der bei Verletzung der Pflanze frei wird, begründete die Assoziation mit Johannes dem Täufer und mit blutenden Wunden. Seine antidepressive Potenz sowie seine ausgezeichnete Wirkung in der Wundbehandlung sind seit langem bekannt (M.: S.1587). Als wichtigste Pflanze im Norden Europas war mit ähnlichem Wirkungsspektrum das so genannte Beinwell bekannt. (*Symphytum officinale*, Comfrey) (M.: S. 2648). Schon mehrere tausend Jahre vor Christus verwendeten die Germanen es als Mittel zur Wund- und Frakturheilung. Bis heute besitzt es große Popularität in der naturheilkundlichen Wundtherapie. In Nordamerika schließlich nutzten die Indianer als wichtigste

Heilpflanze für diese Zwecke den roten Sonnenhut (*Echinacea purpurea*, purple coneflower) (M.: S.1148).

Nahezu weltweit verbreitet und in seiner Wirksamkeit bekannt war auch der echte Beifuß (*Artemisia vulgaris*), eines der wichtigsten universalen pflanzlichen Wundheilmittel überhaupt (M.: S.597). Er wurde in ganz Europa und Russland zur Wundbehandlung angewendet. In China hingegen spielt er bis heute eine große Rolle als Wirkstoff bei der so genannten Moxibustion, bei der über der verletzten Stelle ein aus Pflanzen hergestellter Kegel angezündet wird. Schließlich gehören zu den an Wirksamkeit hervorragenden pflanzlichen Wundtherapeutika aus Baumrinden gewonnene Harze. Insbesondere spielen hier Weihrauch (aus *Boswellia serrata*) (M.: S.2016) und Terpentin (aus *pistacia terebinthi*) in Südeuropa und Asien eine überragende Rolle. In Nordeuropa waren dagegen die Esche, die früher auch Wundholz genannt wurde (*Fraxinus excelsior*) (M.: S.1381), Eiche (*Quercus robur*) (M.: S.2269), Ulme (*Ulmus rubra*) (M.: S. 2741) und Pappel (*Populus nigra*) (M.: S.2209) die wichtigsten Bäume, deren Säfte und Harze und im Falle der Pappel auch die Knospen in der Wundbehandlung Anwendung fanden. Gleich große Bedeutung hatte in Südamerika das Harz des *Myroxylon balsamum* (M.: S.661), der so genannte Perubalsam. In Südostasien wurden Lebensbaum- (*Thuja orientalis*) sowie Teebaumextrakte genutzt.

Das Wissen über die Wirkung verschiedener Pflanzenteile und Heilkräuter wurde über viele Jahrhunderte hinweg tradiert. So ist aus den alten Aufzeichnungen der hervorragende Erfahrungsschatz der Ärzte der Antike und des Mittelalters abzulesen. Extrakte aus den genannten Heilkräutern finden bis heute durchgehend Anwendung in der Naturheilkunde. Häufig werden sie in Salbenform oder als alkoholische Lösungen verabreicht. Studien über die Wirkung von *Aloe vera*, *Achillea millefolium*, *Erythrea centaurium*, *Symphytum officinale*, *Hypericum perforatum* und *Artemisia vulgaris*, von naturheilkundlich interessierten Pharmakologen und Ärzten in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durchgeführt, zeigten die eindeutig wirksamen antiseptischen Eigenschaften dieser Pflanzen auf. Gleichwohl reichte die Stärke der antiinfektiösen und antiphlogistischen Wirkung nicht an die moderner Antibiotika heran. Ebenso ist das erregerspezifische Wirkspektrum wesentlich geringer als das moderner Antibiotika. Dennoch waren sie in der Antike wichtige, oft lebensrettende Alternativen zu Aderlass, Abführ- und Brechmitteln nach Art der Vier-Säfte-Lehre. Deren Einsatz in der Wund-

und Heilbehandlung ist gegenüber der Naturheilkunde heutzutage völlig obsolet und somit generell in Vergessenheit geraten.

3.3. Variationen der Blutstillung

In der Wundbehandlung waren – wie heutzutage – an erster Stelle zwei Komplikationen gefürchtet: das Verbluten und die Entzündung von Wunden forderten einen großen Tribut unter den Verletzten und dies insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Zahl der Kriegsverletzungen. Dem Verbluten stand man nahezu hilflos gegenüber, eine schwere Blutung war kaum beeinflussbar. Wohl eher als ein Akt der Verzweiflung oder der psychologischen Betreuung eines sterbenden Verblutenden sind daher die Zaubersprüche mit dem Ziel der Blutstillung (epadidä) anzusehen, die beispielsweise von Homer in seinen Epen besungen wurden. Als erste Mittel zum Stoppen schwerer Blutungen kamen feste Wickeln und das Brenneisen zur Anwendung. Das so genannte „Kautern“ mit dem Brenneisen kann bereits im alten Ägypten für die Zeit um 3000 v.Chr. registriert werden.

Im Corpus hippocraticum sind die Blutstillungsverfahren benannt, die schon Hippokrates (460–370 v. Chr.) und seine Nachfolger kannten. Als erste Maßnahme galt Hochlagerung des blutenden Gliedes (z.B. ein Bein). Nicht über der blutenden Wunde, jedoch in der Nähe derselben wurde daraufhin ein aus kaltem Wasser gezogenes Tuch um das Glied gewickelt (z.B. um den Fußknöchel), zusätzlich um den Kopf des Verletzten ein aus heißem Wasser gezogenes Tuch gelegt. Hierdurch erhoffte man sich eine Minderdurchblutung des verletzten Gliedes und Ableitung des Blutflusses in andere Gebiete. Daraufhin wurde die Wunde mit einem in Feigensaft getränkten Wattebausch komprimiert.²⁰ Stillte der Feigensaft die Blutung nicht, so blieb die Möglichkeit, eine Wickel um das Bein zu legen. Zog man sie nicht ganz zusammen, verstärkte sich der Blutfluss, bei maximalem Zusammenziehen stoppte die Blutung, konnte jedoch nach längerer Kompression zur Gangrän führen. Aus diesen Gründen war das Anlegen von festgezogenen Wickelverbänden umstritten. Folgerichtig lehnten viele Ärzte die straffe Wickelung des Gliedes ab, fürchteten sie doch den verstärkten

²⁰ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 150- 152

Blutfluss oder gar das Absterben des Gliedes. War die Blutung allerdings gestoppt, wurde in der Regel nochmals durch das Anschneiden einer Vene eine neue Blutung gesetzt (beispielsweise an einer durch eine Wickel gestauten Vene am Fußknöchel), fürchtete man doch durch zu große Blutfülle die Entwicklung einer Entzündung im Wundgebiet. Durch Erzeugung weiterer Blutungen in der Nähe der Wunde sollte diese bedrohliche Blutstauung (Plethora) verhindert werden.²¹

Etwa 500 Jahre später fand man in Rom ähnliche Praktiken vor. Nach Cornelius Celsus, der um 40 v. Chr. lebte, sollte man eine Wunde lange genug bluten lassen, um einer Entzündung vorzubeugen. Hielt man das geflossene Blut für ausreichend, füllte man die blutende Wunde mit trockener Scharpie (Verband aus gezupftem Leinen) und presste darüber einen mit kaltem Wasser gekühlten Schwamm (Scharpie als Verbandsmaterial ging auf die Webkunst der Ägypter zurück – sie stellten seit ca. 5000 v. Chr. gewebtes Leinen her). Führte diese Praxis nicht zum Erfolg, tränkte man trockene Scharpie in Essig und presste sie auf die Wunde. Essig wirkte besonders gut blutstillend. Man fürchtete jedoch bei zu schnellem Stillen der Blutung eine Ansammlung von Säften im Wundgebiet und damit die Förderung der Entzündung von Säften. Somit musste unbedingt eine angemessene Menge Blut durch Blutfluss verloren gehen.²² Konnte mit der beschriebenen Methode die Blutung nicht gestillt werden, empfahl Celsus, das blutende Gefäß, seiner Ansicht nach immer eine Vene, (denn wie Erasistratos glaubte er, dass in Arterien Luft [Pneuma] floss) mit einer Venenklammer zu erfassen, proximal und distal der Verletzung zwei Ligaturen anzulegen und dann das Gefäß zu durchtrennen. Die so ligierten und damit verschlossenen Gefäßenden konnten sich so in das Gewebe zurückziehen.²³ Entsprechend trotz allem die Menge des verlorenen Blutes nicht der Größe der Wunde, fürchtete Celsus Blutstau und Säfteverderbnis und empfahl, an der verwundeten Extremität Aderlass anzuwenden, um überflüssiges Blut abzuleiten. Die Techniken, die Galen (129–199 n.Chr.), einer der einflussreichsten Mediziner der Antike, zur Blutstillung anwendete, basierten ebenfalls auf hippokratischen Anweisungen. Galen legte zuerst die blutende Extremität hoch, suchte dann mit den bloßen Fingern in der Wunde nach offenen Gefäßstümpfen und komprimierte diese

²¹ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 333- 337

²² Ebenda S. 333- 337

²³ Ebenda S. 362- 365

behutsam mit seinen Fingern, um keine Schmerzen zu verursachen. Reichte dies nicht aus, griff er zu einem Haken, mit dem er den Gefäßstumpf ergriff, um dann den Haken zu drehen. Durch die Torsion wurde so das Gefäß verschlossen. Schließlich blieb ihm noch das Mittel der Ligatur.²⁴ Zur Ligatur vermied er wie schon Celsus den Zwirn, denn die „leicht faulenden Zwirnsfäden fielen schnell von den ligierten Gefäßen ab“. Er bevorzugte Fäden aus gallischem Leinen (*filum Gaietanorum*); in Ermangelung dessen auch „Seide, wie sie reiche Frauen zu besitzen pflegen“ und dünne Darmsaiten.²⁵ Neben den genannten Techniken waren für Galen aber auch so genannte Styptika (blutstillende Substanzen) von Bedeutung. In erster Linie benutzte er dazu Spinnweben und eine Mischung aus gleichen Teilen Weihrauch und Aloe vera, dazu fügte er Eiweiß und gab noch eine Prise gezupften Hasenhaares hinzu.²⁶

3.4. Entzündungsbekämpfung – primäre und sekundäre Wundheilung

War die Blutstillung erreicht so hatte der Arzt bereits *eine* der gefürchteten Komplikationen verhindert, der Patient war nicht durch Verbluten gestorben.

An zweiter Stelle der schweren Komplikationen stand die Entzündung. Zeichen der Entzündung waren Erhitzung und Rötung, Schwellung sowie Schmerzhaftigkeit des Wundgebietes. Als Namensgeber der vier Entzündungszeichen: calor, rubor, tumor, dolor gilt Celsus. Er führte sie auf eine pathologische Blutfülle (Plethora) zurück. Wie schon bei der Blutstillung nutzte man somit auch bei der weiteren Wundversorgung den Aderlass, um angehäuften Säfte abzuleiten. Von gleicher Wichtigkeit war die Anwendung qualitativ effektiver Verbandsmaterialien. So sollten sie vorrangig korrumpierte Säfte aus der Wunde ziehen, es kam also auf besondere Saugkraft an. Zudem musste die Miasmen-Theorie beachtet werden, um „schlechte Luft“ von der Wunde fernzuhalten. Auch hierzu waren Verbände unabdingbar. Um die Schwellung des Wundgebietes zu reduzieren, wurden die Verbände sehr straff gewickelt.²⁷

²⁴ Wolzendorf: Zur Geschichte der Blutstillung im Alterthum und Mittelalter, Berliner klinische Wochenschrift 1867, Bd. 13, S. 428, 456, 470, 570

²⁵ Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950; S. 947

²⁶ Wolzendorf: Zur Geschichte der Blutstillung...: S. 428, 456, 470, 570

²⁷ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 154, 182

Das große Verdienst, erstmals die primäre und sekundäre Wundheilung unterschieden zu haben, kommt Hippokrates zu.²⁸ Charakteristikum primär heilender Wunden war: Sie wiesen keine Gewebstrümmer oder Knochensplitter auf und ihre Wundränder waren adaptierbar. Außerdem durften sie nicht verschmutzt sein. Hippokrates legte großen Wert auf Sauberkeit bei der Wundbehandlung (s.o.). Zur Reinigung von Wunden gebrauchte er abgekochtes Regenwasser oder Wein. Primär heilende Wunden nähte er direkt, sekundär abheilende waren durch das Vorliegen von Gewebstrümmern und Knochensplittern sowie durch Eiterung gekennzeichnet. Diese ließ er offen und er drainierte den Eiter.²⁹ In beiden Fällen wurden unterschiedliche Verbandsmaterialien angewendet. Zusätzlich zu dem Verbandsmaterial, das sauber und trocken oder getränkt in Rotwein aufgelegt wurde, spielten Metalle und Metallverbindungen wie Kupfer, Kupferoxid, Kupferacetat, Kupfersulfat, Zink, Zinkoxid, Blei und Bleioxide, eine bestimmte Rolle. Sie traten unter verschiedenen Namen auf (z.B. Zinkoxid = Asche von Zypern, Kupferoxid = Blüte des Kupfers). In genau festgelegten Mengen und Zusammensetzungen, oft gemischt mit Honig, Galläpfeln und weiteren Substanzen, waren sie Bestandteile von Wundpulvern oder Wundsalben und dienten somit der Behandlung frischer Wunden. Diese Enaima³⁰ genannten Präparate dienten der Bekämpfung von Entzündung und Eiterung in Wunden, die man als primär heilbar ansah. Auf keinen Fall durften sie auf sekundär heilende Wunden aufgetragen werden. Da man bei diesen Wunden Eiterung als erwünschtes Produkt des Zerfalls toten Fleisches und korrumpierter Säfte ansah, wäre nach damaliger Erkenntnislage die Anwendung hier sogar kontraproduktiv gewesen.

Auf sekundär heilende Wunden wurde eine Mischung aus „möglichst fettiger Wolle“ und 1/3 des Volumens der Wolle an Wein – zusammengemacht – aufgetragen. Hiermit sollte die Eiterung gefördert werden.³¹ Verschlechterte sich trotz all dieser Bemühungen der Zustand des Patienten, wurde nach folgendem Zitat des Hippokrates gehandelt: „Krankheiten, die die Medizin nicht heilen kann, heilt das Eisen; die, die das Eisen nicht

²⁸ Kuijjer, P.J.: Geschiedenis van het genezen; de wondhechting, Ned. Tijdschr. Geneeskde, 1998, Bd. 142, S. 473 – 479; S. 473

²⁹ Ebenda

³⁰ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 196-197

³¹ Ebenda S. 184

heilen kann, heilt das Feuer. Die, die das Feuer nicht heilen kann, sind als unheilbar zu bezeichnen.“³²

In der Therapie der überaus gefürchteten offenen Frakturen hielt sich Hippokrates weitgehend zurück: „Welche Behandlung man auch anwendet, diese Fälle sind sehr ernst und der weise Arzt tut gut daran, sich aus diesen Fällen herauszuhalten, wenn er es ehrenvoll kann.“ Übernahm er aber die Behandlung und Betreuung einer offenen Fraktur, so sägte er die herausragenden Teile ab um die Frakturenden einzurichten.³³ Die Wunde behandelte er dann als sekundär heilende Wunde.

Hippokrates beschrieb den fatalen Verlauf einer Mischinfektion mit Gasbrand und Tetanus in folgendem Zitat:

„In Larissa bekam Skamandros den Brand an der Hüfte und der Knochen löste sich innerhalb eines langen Zeitraums los. Es wurde bei dem Patienten ein großer Einschnitt bis auf den Knochen gemacht und dann mit dem Glüheisen gebrannt. Am zwölften Tage nach der Inzision traten Krämpfe auf und zwar am Schenkel dieser Seite ... Das Bein zog sich zusammen ... und die Kiefer wurden starr. Der Patient starb am achten Tage nach dem Krampfanfalle infolge der Krämpfe. (Epidemien, V 15).“³⁴

Aus solch dramatischen Verläufen bei komplizierten Frakturen und Mischinfektionen resultierte zwangsläufig die Skepsis der Ärzte hinsichtlich ihrer therapeutischen Möglichkeiten.

Gelegentlich konnte bei Wunden, die hinsichtlich ihrer primären oder sekundären Wundheilungstendenz schwer einzuordnen waren, auch eine potenziell primär verheilende Wunde in eine chronische Wunde übergehen, wenn darin gemäß den damaligen Behandlungsrichtlinien für sekundär heilende Wunden lange Eiterung erzeugt wurde. Auch konnte eine Wunde, die den Behandlungsrichtlinien entsprechend als sekundär heilbar einzustufen war bei primärem Wundverschluss durch Vernähen schwere Komplikationen hervorrufen, die bei offener Wundbehandlung und Anregung der körperlichen Abwehr in Form der Wundeiterung vermeidbar gewesen wären. Die Fähigkeit zur exakten Beurteilung der Heilungstendenz einer Wunde war daher in der

³² Wangenstein, O. H.: Some highlights in the history of amputation reflecting lessons in wound healing, *Bulletin of the History of Medicine* Bd. 41, 1967, S. 97- 129; S. 98

³³ Ebenda S. 110

³⁴ Winkle, Stephan: *Kulturgeschichte der Seuchen* Düsseldorf / Zürich 1997, Kapitel Wundinfektionen, S. 289- 338; S. 293

Antike von entscheidender Bedeutung für den Heilungserfolg. Auch heute ist die Prognostik der Wundheilung Grundlage einer differenzierten Wundversorgung. Sie ist historisch gewachsen aus der griechischen Antike.

3.5. Therapie chronischer Wunden und Verbrennungen

Den Hippokratikern waren bereits unterschiedliche Ätiologien für chronische Wunden bekannt. So wussten sie schon um die Zusammenhänge einiger chronischer Wunden mit Krampfadern, so genannten varikösen Venen. Diese Art von Wunden reinigte Hippokrates mit Rotwein, weichte sie in Öl auf und bedeckte sie mit Feigenblättern. Außerdem wies er die Patienten an, stehende Haltungen zu meiden.³⁵ Galen, der nahezu identische Wundbehandlungsmittel und -techniken anwendete, benutzte Lehm gemischt mit Essig. Aetius von Amida (527–565 n. Chr.) und Paulus von Aegina (erste Hälfte des 7. Jahrhunderts n. Chr.) ligierten bereits variköse Venen, um dadurch die Stauung im venösen System und das Entstehen chronischer Wunden zu bekämpfen.

Auch der Begriff Gangrän findet sich bereits in der griechischen Antike. Als Ursache vermutete man das zu lange und zu feste Wickeln einer Extremität. Weitere Theorien waren unbekannt – die Arteriosklerose wurde erst während der Renaissance und der Neuzeit erforscht. Die Gangrän stellte für Hippokrates anders als bei einer zugrunde liegenden Erkrankung der varikösen Venen eine absolute Indikation zur Amputation dar. Er nahm sie im geschädigten oder abgestorbenen Gewebe vor, denn ihn ängstigte das größere Risiko einer starken Blutung bei einer Amputation im Gesunden.³⁶ Die Amputationswunde ließ er offen und behandelte sie wie eine sekundär heilende Wunde. Als Komplikation kontrahierten sich die Weichteile und das Ende des Knochens ragte heraus. Dieser musste dann nach und nach weiter abgesägt werden.

Die Wundbehandlung des Celsus unterschied sich – wie die Galens – kaum von der des Hippokrates. Lediglich die schlechten Amputationsergebnisse hatten wohl zu einer veränderten Vorgehensweise geführt. Celsus nahm die Durchtrennung des Knochens im

³⁵ Angelotti, N. ; Martini, P.: La terapia delle ulcere e delle ferite cutanee attraverso i secoli, Minerva Medica 1997, Bd. 88, S. 49- 55; S.50

³⁶ Wangenstein, O. H.: Some highlights in the history of amputation reflecting lessons in wound healing, Bulletin of the History of Medicine Bd. 41, 1967, S. 97- 129; S. 110

Gesunden proximal von der Durchtrennung der Weichteile vor, diese bedeckten dann den Knochen und es kam darüber zu einem heilenden Wundverschluss.³⁷ Dies war ein signifikanter Fortschritt im Hinblick auf Heilungsverlauf und Verhinderung von Wundinfektionen. Die mit Diabetes mellitus in Verbindung gebrachten chronischen Wunden an den unteren Extremitäten gehören noch heute unverändert zu wohlbekannten und gefürchteten Komplikationen. Aretaeus von Kappadokien beschrieb etwa 100 n.Chr. bereits die Symptome dieser Erkrankung. Die diabetische Gangrän war während der Antike jedoch nicht von der Gangrän aufgrund eines Gefäßverschlusses zu unterscheiden. Die Therapie bestand ebenso in der Amputation.

Nicht zuletzt gehören in diese Kategorie auch die chronisch abheilenden Verbrennungswunden. Hippokrates therapierte folgendermaßen: Er trug eine Salbe aus gekochter Eichenrinde, Wein, Wasser, Schmalz, Zwiebelstückchen, Harz und Asphalt warm auf.³⁸ (Gekochte Eichenrinde enthält das adstringierende und antiseptisch wirkende Tannin, das Anwenden von Zwiebeln bei kleinen Verbrennungen gilt noch heute als wirksames Mittel.)

3.6. Diät in der Wundbehandlung

Wurde ein Säfteüberfluss diagnostiziert, griff man zur Diät als begleitende therapeutische Maßnahme innerhalb der Wundbehandlung. Jedes Nahrungsmittel wurde entsprechend den vier hypothetischen Qualitäten warm, kalt, trocken und feucht eingeteilt. Die Mahlzeiten mussten auf die Jahreszeit abgestimmt sein. Im Winter beispielsweise sollte man „warme und trockene“ Nahrung zu sich nehmen, im Sommer dagegen „kühle und feuchte“ Speisen. Kalte Getränke galten jedoch prinzipiell als schädlich. Stellte man bei einem verletzten Patienten Säfteüberfluss fest, verabreichte man ihm Christrosenwurzeln, die sehr schnell Erbrechen und Durchfall erzeugten (bei starker Wirkung allerdings nicht selten Muskelkrämpfe, Atemnot oder den Tod durch Herzstillstand). Gewünschte Wirkungen waren Erbrechen und Diarrhoe um Säfte

³⁷ Wangenstein, O. H.: Some highlights...: S. 111

³⁸ Thomsen, M.: Historical Landmarks in the Treatment of Burns, British Journal of Plastic Surgery 1977, Bd. 30, S. 212- 217; S. 212

abzuleiten.³⁹ Des Weiteren kannte man die Nulldiät. Indem man den Patienten hungern ließ, reduzierte man die Bildung neuer Säfte, oder man versuchte durch Verabreichung der Phtisane (Gerstenschleim), in akuten Krankheitsstadien auch durch Hydromel (Honig mit Wasser) oder Oxymel (Honig mit Essig) Säfteneubildung zu minimieren.⁴⁰

4. Mittelalter

4.1. Seelenheil als Maxime – Folgeschwere Entwicklung durch Abtrennung der Chirurgie

Die Wundversorgung spielte in der wichtigsten griechischen medizinischen Schriftensammlung, dem Corpus Hippokratikum eine große Rolle und wurde von Hippokrates und seinen Anhängern auch selbst praktiziert. War also in der griechischen Antike die Wundversorgung noch originärer Bestandteil der Tätigkeit eines gelehrten Arztes, so vollzog sich im Mittelalter ein Wandel. Durch den Zerfall des römischen Reiches zur Zeit der Völkerwanderungen schwand der Einfluss der griechischen und römischen Kultur auf weite Teile Europas. Der Kontinent erhielt nun neue Prägungen durch die christlichen und arabischen Religionen. Für die Wundversorgung im Mittelalter war insbesondere für die Anhänger der christlichen und der arabischen Religion die Scheu vor dem Körperlichen charakteristisch. Aus religiösen Motiven wurde das Berühren erkrankter Körper vermieden. Das Seelenheil stand in der christlichen Religion über der körperlichen Gesundheit. Unter gläubigen Christen verstand man Krankheit als selbstverschuldete Folge sündhaften Lebens. Im Mittelpunkt der Pflege kranker Menschen stand daher die Seelsorge. Hierin offenbarte sich die Barmherzigkeit der Mönche, eine der wichtigsten christlichen Tugenden.⁴¹ Vom 5. bis zum 11. Jahrhundert spielten die christlichen Mönche eine zentrale Rolle in

³⁹ Majno, G.: The Healing Hand...: S. 188- 191

⁴⁰ Ebenda

⁴¹ Schadewaldt, H.: Hospitalinfektionen im Wandel, Zbl. Bakt. Hyg. B 1986, Bd. 183, S. 91- 102; S. 92

der medizinischen Versorgung der Bevölkerung – man spricht auch von der Phase der monastischen Medizin. Damit ging eine stark zunehmende Entfremdung der Kirche gegenüber der Versorgung körperlicher Gebrechen Erkrankter einher. Die Wundversorgung wurde in der Regel von so genannten Scherern vorgenommen (sie schnitten die Tonsur der Mönche und kamen so auch konsiliarisch in die Klöster und Hospitäler).⁴² Die theoretische medizinische Ausbildung der Scherer war gering oder gar nicht vorhanden. Auch die Mönche besaßen wenig medizinische Literatur – die Bibliothek des Klosters St. Gallen umfasste beispielsweise etwa 1000 theologische aber nur 6 medizinische Schriften.⁴³

Das Ende der monastischen oder klerikalen Medizin wurde schließlich durch das Konzil von Clermont im Jahre 1130 besiegelt. Auf dem vierten Laterankonzil im Jahre 1215 verlor dann die gesamte Weltgeistlichkeit das Recht auf ärztliche Ausbildung und chirurgische Betätigung mit der Begründung: „Ecclesia abhorret a sanguine“. Die Kirche wendete sich ab vom Blut. Auch arabische Ärzte scheuten zum Teil Kontakt zu Körpern erkrankter Menschen. Einige stellten alleine anhand der Harnschau Diagnosen, ohne den Patienten gesehen und berührt zu haben.⁴⁴ Insofern hatte das Brenneisen für die Distanz des Arztes gegenüber der Wunde des Kranken besondere Symbolkraft: vielmals zogen es arabische Ärzte vor, Wunden mit der glühenden Spitze des Brenneisens auszubrennen. Die Distanzierung vom Körperlichen, die Furcht vor dem Blut sowie der Aberglaube spielten offensichtlich in beiden Religionen eine hervorstechende Rolle. Sowohl in der arabischen als auch in der christlichen Religion wurden kosmische Sternkonstellationen für Krankheiten verantwortlich gemacht. Ebenso wurde die Vier-Säfte-Lehre vielfach durch religiöse Motive ergänzt und ausgeweitet.

⁴² Ackerknecht, E.H.: Geschichte der Medizin, 5. Auflage, Stuttgart 1986; S. 75

⁴³ Ebenda

⁴⁴ Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen Düsseldorf / Zürich 1997, Einleitung, S. XVII

4.2. Nach Westroms Untergang – Oströmische Ärzte retten antiken Erfahrungsschatz

In erster Linie ist es das Verdienst oströmischer Ärzte und Enzyklopädisten, dass die medizinischen Erkenntnisse und die Kunst der Wundversorgung der Hippokratiker nicht verloren gingen. Zu diesen gehörte auch Oreibasius von Pergamon (325–400 n.Chr.). Zur Wundbehandlung schrieb er: „Bei einer einfachen Wunde muss man nur die getrennten Wundränder annähern, mit einer Bandage umwickeln, damit das getrennte Fleisch sich wieder vereinen kann und weiter nichts tun. Handelt es sich allerdings um eine große Wunde, deren Ränder aufgrund angesammelten Serums oder der Schmerzen nicht mehr vollständig angenähert werden können, benötigt man eine austrocknende Substanz, die das Serum aufnimmt und eine erneute Ansammlung von Serum verhindert. Die besten Mittel zur Wundbehandlung sind Wein, Essig und Wasser – Honig und Wasser sind auch gut.“⁴⁵ Oreibasius richtete sich also nach den Anweisungen, die schon Hippokrates zur primären und sekundären Wundbehandlung gegeben hatte.

Gleiches galt für Paulus von Aegina, der in der ersten Hälfte des 7. Jahrhunderts in Alexandria als Arzt und Enzyklopädist lebte. Er schrieb zur Wundbehandlung: „Nach dem chirurgischen Eingriff nehmen wir die Feuchtigkeit heraus, legen Scharpie ein, machen einen geeigneten Verband und besprengen ihn bis zum dritten Tage mit einer Mischung aus Öl und Wein, dann lösen wir ihn und legen eine heilende Wundsalbe auf Scharpie gestrichen auf.“⁴⁶

4.3. Rhazes und Abulkasis – Arabische Einflüsse auf die Wundversorgung

Wichtige Vertreter der arabischen Medizin, die sich auch mit der chirurgischen Wundbehandlung befassten, waren Rhazes (850–932) und Abulkasis (?–1013). Rhazes lebte im östlichen Kalifat mit der Hauptstadt Bagdad, Abulkasis war im westlichen Kalifat mit der Hauptstadt Cordoba (in Südspanien) ansässig.

⁴⁵ Oribasius: Oeuvres, Bussemaker and Daremberg, Paris 1873; Bd. 5, S. 325

⁴⁶ Paulus von Aegina: Des besten Arztes sieben Bücher. Übersetzt von J. Berendes, Leiden 1914; 6. Buch, S. 472

Potentiell primär heilende Wunden nähte Rhazes – er war bis zu seiner medizinischen Ausbildung als Lautenspieler tätig – mit Wundfäden, die er aus Lautensaiten gewann.⁴⁷ Er benutzte auch als erster (destillierten) Alkohol zur Wundbehandlung. Nachahmung fand im gesamten Mittelalter seine „Weiße Salbe“ aus weißem Blei, Rosenöl und Wachs.⁴⁸ Abulkasis hingegen behandelte frische Wunden mit einer Mischung aus Weihrauch, rotem Harz (genannt Drachenblut) und Leim.⁴⁹ Er desinfizierte andererseits auch allein mit reinem Rosenöl oder er mischte dieses mit Wein.⁵⁰ Diese Art der Wundbehandlung war für das Mittelalter relativ fortschrittlich, gab es doch noch viele Ärzte, die die Initiierung einer Eiterung zur Wundheilung unterstützten. Rosenöl und Wein wirkten tatsächlich eher antiseptisch. Verbrennungswunden behandelte Rhazes sofort mit eiskaltem Wasser; als ersten Verband gebrauchte er mit Rosenwasser angefeuchtete Tücher, später die weiße Salbe.⁵¹ Besonders die Einführung des Alkohols in Reinform in die Wundbehandlung sowie die Anwendung des Eiswassers bei Verbrennungen waren auf Einflüsse arabischer Medizin zurückzuführen.

4.4. Salerno und Bologna – Wundtherapie neuer Medizinschulen

Mit dem Zusammenbruch der medizinischen Versorgung der Bevölkerung durch das Auftreten christlicher Klöster und Hospitäler – hier handelte es sich eher um Herbergen für Pilger als um Krankenhäuser – entstand die Notwendigkeit einer neuen medizinischen Ausbildung. Erstmals wurden weltliche Medizinschulen gegründet. Die erste ging in ihren Ursprüngen auf das 10. Jahrhundert zurück, es war die Schule von Salerno in Süditalien. Der berühmteste Lehrer und Übersetzer Salernos war Constantinus Africanus (1018–1087).⁵² Als Begründer der abendländischen Chirurgie

⁴⁷ Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950; S. 947

⁴⁸ Thomsen, M.: Historical Landmarks in the Treatment of Burns, British Journal of Plastic Surgery 1977, Bd. 30, S. 212- 217; S. 212

⁴⁹ Albucasis: La chirurgie d' Albucase, Traduction française du Dr. L. Leclerc, Paris 1861 ; S. 197 ff.

⁵⁰ Ebenda

⁵¹ Kiene, S.: Zur Geschichte der Behandlung von Verbrennungswunden, in: Qualitätssicherung und Standardisierung der Wundbehandlung: Symposiumsbericht, Heidelberg, Leipzig: Barth 1995, S. 5- 13; S.7

⁵² Eckart, W.U.: Geschichte der Medizin, dritte überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998; S. 107

kann man Roger von Salerno bezeichnen, der in der 2. Hälfte des zwölften Jahrhunderts lebte. In der Schule der so genannten Salernitaner wurden alle Wunden wie folgt behandelt: zunächst wurde die Wunde mit Tampons vollständig ausgestopft, dann wurden eiteranregende Substanzen appliziert. So stand auch die Wundbehandlung Roger's gänzlich in der Tradition des Konzepts vom lobenswerten Eiter. Die Mischung, die er auf Wunden auftrug, bestand aus Pech, Mastix, zerstoßenen Mumienteilen und kleingeschnittenen Hasenhaaren, was der Anregung der Eiterung diente.⁵³ Die Vertreter der Schule von Salerno wendeten bei Verwundeten eine Diät an, die jener für gleiche Zwecke in der Antike angewendeten Diät (Phtisane, Hydroxymel und Oxymel) sehr ähnelte. Kräuter und Früchte waren erlaubt, Fleisch war wie reiner Wein in jedem Falle nicht gestattet. Als Getränke kamen nur Phtisane, gekochtes Wasser und eventuell verdünnter Wein in Frage.⁵⁴

Weitaus fortschrittlicher waren einige Vertreter der Universität von Bologna, deren Gründung auf das Jahr 1113 festgeschrieben ist. Theoderich von Lucca (1205–1298) lehrte basierend auf den Erfahrungen seines Vaters Hugo von Lucca und seinen eigenen Erfahrungen zur Behandlung frischer Wunden (primär heilbar): „Bei frischen Wunden, die mit Blut gefüllt und durch das Einwirken der Luft noch nicht verändert sind und in denen weder ein Verlust von Fleisch noch von Haut zu verzeichnen ist, ist nichts zu tun, außer die Wundränder gemäß ihrer ursprünglichen Position anzunähern, eine in heißem Wein getränkte Kompresse anzulegen und die Wunde mit einer Bandage zu umwickeln, wenn das Fleisch herausragt.“⁵⁵ Verbände legte er im Gegensatz zu den Salernitanern immer nur über die Wunde, nie aber in die Wunde.

Henri de Mondeville (1260–1320) schrieb zur Wundbehandlung, man müsse den Verband mit Wein tränken, ausdrücken und auf die Wunde legen, damit er die schädlichen Flüssigkeiten aufsaugen könne. Diese Prozedur müsse mehrfach wiederholt werden.⁵⁶ Verbrennungswunden behandelte Mondeville differenziert. Leichtgradige bedeckte er mit fein verteilter Lehmerde von roter Farbe (eisenhaltig) und mit Essig,

⁵³ Rüster, D.: Alte Chirurgie, 3. Aufl. Berlin 1991; S. 95

⁵⁴ Bock, A.W.: Diätetische Wundbehandlung im Mittelalter, Diss. med. Leipzig 1929, Georg Thieme, Leipzig 1929, Sonderdruck aus *Kyklos*, Jahrbuch des Instituts für Geschichte der Medizin der Universität Leipzig 1929, Bd. II, S. 258- 271; S. 267

⁵⁵ Theoderic: *The surgery of Theoderic*, Translated by Eldridge Campbell and James Colton, New York 1955; S. 1, 12

⁵⁶ Mondeville, H. de: *Die Chirurgie des H. v. Mondeville*, Hrsg. Pagel, J.L., *Langenbecks Archiv f. klin. Chir.* 1890- 1892, Bd. 40 bis 42; Bd. 40, S. 686f.

schwergradigere mit Pflanzen und deren Säften, z.B. mit Hauslauch, Burzelkraut (Portulak) und Wegerich.⁵⁷

Bruno von Longoburgo studierte ebenfalls in Bologna, von ihm stammen die Begriffe Wundheilung *per primam et secundam intentionem*.⁵⁸ Bruno favorisierte die Wundheilung *per primam intentionem*, das Konzept vom lobenswerten Eiter lehnte er strikt ab. Gleichmaßen vermied Saliceto von Bologna (1210–1275) das im arabischen Kulturkreis so verbreitete Ausbrennen von Wunden.⁵⁹

Die Schule von Bologna mit ihren bekannten Vertretern plädierte also für eine primäre Wundversorgung mit einfachen Mitteln wie Weinverbänden und stand damit der Wundbehandlung des Hippokrates nahe, basierte allerdings auch auf eigenen Erfahrungen und war seltener mit Komplikationen wie dem „hitzen Eitergeschwür“ (*apostema calidum*) konfrontiert als die eiteranregende Praxis der Vertreter der salernischen Schule. Hugo von Lucca und sein Sohn Theoderich unterschieden sich von den Salernitanern allerdings nicht nur in der praktischen Wundbehandlung. Teilweise bedingt durch die unterschiedlichen Praktiken war auch die verordnete Diät deutlich von der der Salernitaner abgrenzbar. Verwundete mit *apostema calidum* und dem daraus resultierenden Wundfieber wurden im Mittelalter nach dem Grundsatz behandelt: Fiebernden ist nur die leichteste Nahrung zu gestatten. Hugo und Theoderich waren seltener mit diesen Komplikationen konfrontiert. Sie bevorzugten in der Regel eine andere, stärkende Diät: Sie gaben den Patienten guten reinen Wein. In geringen Mengen wurden gutes, leicht verdauliches Fleisch von jungen Hühnern, Fasanen oder kleinen Vögeln, dazu gekochte Hühnereier und Brot gereicht.⁶⁰ Guy de Chauliac (1300–1368), der größte Vertreter der scholastischen Medizin, belächelte die Lehren von Theoderich und Henri de Mondeville. Wunden, die primär heilen konnten, stopfte er mit Tampons

⁵⁷ Kiene, S.: Zur Geschichte der Behandlung von Verbrennungswunden, in: Qualitätssicherung und Standardisierung der Wundbehandlung: Symposiumsbericht, Heidelberg, Leipzig: Barth 1995, S. 5- 13; S. 7

⁵⁸ Eckart, W.U.: Geschichte der Medizin, dritte überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998; S. 114

⁵⁹ Ackerknecht, E.H.: Geschichte der Medizin, 5. Auflage, Stuttgart 1986; S. 81

⁶⁰ Bock, A.W.: Diätetische Wundbehandlung im Mittelalter, Diss. med. Leipzig 1929, Georg Thieme, Leipzig 1929, Sonderdruck aus: *Kyklos*, Jahrbuch des Instituts für Geschichte der Medizin der Universität Leipzig 1929, Bd. II, S. 258-271; S.268

aus und behandelte sie mit Eiweiß und ähnlichen Substanzen.⁶¹ Infizierte Wunden behandelte er mit Pulvern oder Salbengemischen.⁶²

4.5. Diät vor Heilmitteln und chirurgischer Behandlung

Auch im Mittelalter wurde eine entsprechende Diät zeitweise als wichtigste therapeutische Maßnahme angesehen, erst danach folgten Heilmittel und die Wundversorgung mit chirurgischen Instrumenten.⁶³ So schrieb auch Rhazes: „Wo du durch Nahrungsmittel heilen kannst, nimm keine Arzneien“ und Abulkasis merkte an: „Die Einschränkung der Nahrung kann den Aderlass geradezu ersetzen.“⁶⁴

4.6. Bader, Barbieri und Wundärzte – Eine neue Zunft formiert sich

Eine besondere Rolle für die Wundversorgung im 12. bis zum 16. Jahrhundert spielten – durch den weitgehenden Wegfall der ärztlichen Wundversorgung – die Bader. Badestuben, für deren Betrieb der Bader eine so genannte Badestubengerechtigkeit erwerben musste, waren kulturelle Einrichtungen im damaligen öffentlichen Leben. Körperpflege, regelmäßiger Aderlass und Schröpfen waren Grundlage eines gesunden Lebens im Mittelalter. Dies nahm einen positiven Einfluss auf die Hygiene. Da die Bader selbst auch Wundbehandlungen vornahmten, ist davon auszugehen, dass hierbei ebenfalls auf Sauberkeit Wert gelegt wurde, und man kann annehmen, dass dies eine positive Wirkung auf den Heilerfolg hatte. Neben den Badern beteiligten sich an diesen Tätigkeiten auch Barbieri, die zunächst zum Rasieren und zum Schneiden der Haare in die Badestuben kamen.⁶⁵ Sie verließen die Badestuben jedoch wieder, um Patienten ambulant am Unfall- oder Wohnort behandeln zu können und weil den Badestuben

⁶¹ Chauliac, G. de: La grande chirurgie, E. Nicaise, Paris 1890 ; S. 206 ff.

⁶² Brunner, C.: Handbuch der Wundbehandlung, Stuttgart 1916; S. 14

⁶³ Bock, A.W.: Diätetische Wundbehandlung im Mittelalter, Diss. med. Leipzig 1929, Georg Thieme, Leipzig 1929, Sonderdruck aus Kyklos, Jahrbuch des Instituts für Geschichte der Medizin der Universität Leipzig 1929, Bd. II, S. 258- 271; S. 258

⁶⁴ Ackerknecht, E.H.: Therapie von den Primitiven bis zum 20. Jahrhundert, Stuttgart 1970; S. 45

⁶⁵ Widmann, M., Mörgeli, Ch.: Bader und Wundarzt – Medizinisches Handwerk in vergangenen Tagen, Zürich 1998; S. 86

durch das Aufkommen der Syphilis die Existenzgrundlage entzogen wurde. Gemeinsam mit den Wundärzten gründeten sie Zünfte, die die sachgemäße Ausübung des Wundarzthandwerks kontrollierten. Jeder Wundarzt besaß ein spezielles Instrumentarium. Es beinhaltete neben der Fliete, durch die eine Vene eröffnet werden konnte, den Zungenschaber, Schröpfköpfe und durch den kulturellen Einfluss der Araber auch das Brenneisen. Die Wundärzte erlangten Selbstvertrauen durch ihre Zunft und verteidigten ihre Pfründe gegenüber den gelehrten Medizinern. Unter dieser Organisation brachten sie eine eigenständige Lehrmeinung hervor, was besonders in der Tradition der Abbildung so genannter „Wundenmänner“ zum Ausdruck kam. Hierbei handelte es sich um detailgenaue Abbildungen von Menschen, die durch vielerlei zeitgemäße Waffen an verschiedensten Teilen des Körpers verletzt, gezeigt wurden. Sowohl die Waffe als auch die Wunde kam zur Darstellung. Während im Rahmen der akademischen Medizin Abbildungen innerer Organe des Menschen unüblich waren, wurden sie bei Abbildungen der Wundenmänner durchaus ins Bild gebracht. Die Prognose jeder Verletzung an dem Wundenmann wurde beschrieben, die Wunden selbst erhielten entweder die Bezeichnung „curabilis“ oder „incurabilis“.⁶⁶ Ein Wundarzt musste eine Wunde heilen können, die auf einer Abbildung eines Wundenmannes als „curabilis“ bezeichnet wurde. Hierbei war die Lokalität und Ausdehnung der Wunde sowie die Art des Verletzungsmodus ausschlaggebend für die Prognose. Die Wundenmannabbildungen spielten auch in gerichtlichen Wundbegutachtungen eine wichtige Rolle. Teilweise wurde anhand dieser Bilder der Schweregrad einer Verletzung klassifiziert, der wiederum war für das Strafausmaß ausschlaggebend. Der heute üblichen Bezeichnung „schwere Körperverletzung“ entsprach die im deutschen Mittelalter als „kampfbar Wunde“ dargestellte Verletzung. Die Unterscheidung zwischen einer „kampfbar Wunde“ und einer harmloseren leichten Verletzung, „Blutrunst“ genannt, war für die Bestrafung des Täters von großer Bedeutung! Auf die Beibringung einer kampfbar Wunde stand als Strafe das Handabschlagen.^{67/ 68}

⁶⁶ Fischer – Homberger, E.: Die gerichtsmedizinische Wundbegutachtung vom 16. bis zum 18. Jahrhundert, Gesnerus 1983, Bd. 40, S. 75- 80; S.75

⁶⁷ Neureiter, F. v.: Anfänge gerichtlicher Medizin nach den Stadtrechten des deutschen Mittelalters, Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin 1935, Bd. 24, S. 1- 7; S.5- 6

⁶⁸ Schmitt, O.: Gerichtliche Medizin in den ersten geschriebenen Rechten germanischer Stämme, Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin 1953 / 1954, Bd. 42, S. 121- 132; S. 127- 129

Kampfbare Wunden mussten mindestens die Tiefe des Nagelgliedes samt Mittelglied des Mittelfingers aufweisen. Auch ohne die erforderliche Tiefe konnte eine Wunde als kampfbare eingestuft werden, wenn „entweder die Hauptglieder, zu denen Arme, Beine, Hände und Füße gehörten, oder andere Körperteile, wie Nase, Ohr, Mund, Zunge oder des Mannes Gemechte abgeschlagen oder gelähmt waren, oder wenn ein Auge ausgestoßen oder sonst unbrauchbar gemacht wurde.“^{69/70} Der sich nun ergebende Austausch zwischen Gerichtsbarkeit und Chirurgie auf dem Gebiet der Wundbegutachtung erwies sich als förderlich für die Chirurgie und letztlich für die gesamte Medizin. Durch die Beurteilung der Verletzungen im Hinblick auf ihre Ursache und Auswirkung und juristische Gewichtigkeit wurden heute eindeutig nachvollziehbare kausale Zusammenhänge hergestellt, wie sie im Rahmen der Vier-Säfte-Lehre aus heutiger Sicht nicht nachvollzogen werden können.⁷¹

5. Renaissance

5.1. Vesalius, Fracastoro, Paracelsus – Die Vier-Säfte-Lehre gerät ins Wanken

Während im Mittelalter anatomische Studien aus religiösen Gründen undenkbar waren, beschäftigte sich der flämische Arzt Andreas Vesalius (1514–1564) unter anderem mit der Sektion menschlicher Leichen. Seine sorgfältigen Beschreibungen des menschlichen Körperbaus trugen zur Gründung der Anatomie als moderner Wissenschaft bei.

Im Jahre 1543, dem gleichen Jahre, in dem Kopernikus „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ (Über die Umläufe der Himmelsphären) veröffentlichte, schrieb Vesalius das Werk „De Humani Corporis Fabrica“ (Über den Bau des menschlichen Körpers). Die Hinwendung zum Studium des Körpers war für die Wundbehandlung eine wichtige Neuerung gegenüber dem Mittelalter, in dem das Seelenheil im Mittelpunkt des

⁶⁹ Neureiter, F. v.: Anfänge gerichtlicher Medizin..., S. 5- 7

⁷⁰ Schmitt, O.: Gerichtliche Medizin..., S. 127- 131

⁷¹ Fischer – Homberger, E.: Zur Medizingeschichte des Traumas, Gesnerus 1999, Bd. 56, S. 260- 294; S. 263

Interesses stand. Falsche anatomische Vorstellungen, die teils auf die anatomischen Tiersektionen Galens in der Antike zurückgingen, wurden von Vesal widerlegt und erschütterten Teile der medizinischen Wissenschaft. Ebenso erbrachte die Anatomie auch in der Erforschung krankhafter Veränderungen wichtige neue Erkenntnisse. Im Jahre 1575 beschrieb Fallopio die so genannte Ossifikation der Aorta; Leonardo da Vinci entdeckte die Schlingelung der Arterien als krankhafte Veränderung. Diese Entdeckungen stellten die Grundlage für die spätere Erkenntnis des Zusammenhanges der Gangrän mit Verkalkungen der Arterien.⁷²

In der Renaissance fand neben der Anatomie auch die Frage nach Entstehung und Übertragung von Krankheiten Interesse. Girolamo Fracastoro (1478–1553) – Namensgeber der Syphilis (er benannte diese Krankheit nach Syphilos, dem Sohn der Niobe) – sah die Ursache von Seuchen in spezifischen Keimen (*seminaria morbi* oder *seminaria contagium*), die sich über die Kleidung von Person zu Person, durch verseuchte Materialien oder über größere Entfernungen durch die Luft verbreiteten. Sie verursachten dann den gleichen Krankheitsprozess, dem sie entstammten. Mit seiner neuartigen Kontagienlehre griff Fracastoro die bis dahin anerkannte Miasmentheorie an. Auch auf diesem Gebiet wurde also die medizinische Wissenschaft herausgefordert.

Von Paracelsus (1493–1541) schließlich wurden die auf der Vier-Säfte-Lehre basierenden Praktiken im speziellen und die scholastische Methode im allgemeinen angegriffen. Von Paracelsus stammt folgendes Zitat: „Wer weiß es denn nicht, dass die meisten Ärzte heutiger Zeit zum größten Schaden der Kranken in übelster Weise daneben gegriffen haben, da sie allzu sklavisch am Worte des Hippokrates, Galenos und Avicenna und anderer geklebt haben ... Nicht Titel und Beredsamkeit, nicht Sprachkenntnisse, nicht die Lektüre zahlreicher Bücher ... sind Erfordernisse eines Arztes, sondern die tiefste Kenntnis der Naturdinge und Naturgeheimnisse.“⁷³

⁷² Ackerknecht, E.H.: Zur Geschichte der Arteriosklerose, Gesnerus 1975, Bd. 32, S. 229-234

⁷³ Eckart, W.U.: Geschichte der Medizin, dritte überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998; S. 156

5.2. Entdeckungsreisen in die Neue Welt – Wichtige Bereicherung der Erkenntnisse

Weitere wichtige Impulse erhielt die Medizin durch die Seefahrten der Kolonialmächte Europas. Die Entdeckung „Westindiens“ durch Kolumbus im Frühjahr 1493 war von großer Bedeutung für das 16. und 17. Jahrhundert. Auf dem Gebiet der Wundbehandlung war die Entdeckung der Ananas von Interesse. In der indianischen Volksmedizin fand sie in der Behandlung von Entzündungen und zur Anregung der Wundheilung Verwendung. Zahlreiche neu entdeckte Pflanzen gelangten nach der langen Schiffsreise in die Hafenstadt Sevilla. Hier hatte der spanische Arzt Nicolas Monardes (1493–1588) einen botanischen Garten angelegt um die neu entdeckten Pflanzen zu erforschen.⁷⁴ Von herausragender Bedeutung für die Wundbehandlung war hierbei Myroxylon balsamum (Perubalsam sowie Tolubalsam). Er wurde Perubalsam genannt, weil er anfangs vom peruanischen Hafen Callao aus nach Sevilla verschifft wurde. Nicolas Monardes beschrieb 1574 die gute Wirkung des Perubalsams und Tolubalsams zur Förderung der Wundheilung und Bekämpfung von Entzündungen.⁷⁵ Die gute Wirkung auf die Wundheilung führte zur Verbreitung des Perubalsams als Wundbehandlungsmittel in weiten Teilen Europas. In deutschen Apotheken wurde er erstmals 1582 verkauft.

5.3. Kräuterbücher – Fundgrube verschiedenster Wundkräuter

Auch die einheimischen Heilkräuter wurden nun vermehrt in Europa wieder- und neuentdeckt. In den so genannten Kräuterbüchern des Mittelalters und der Renaissance fand sich eine Vielzahl traditioneller Wundkräuter wieder, die bereits Dioscurides genannt hatte, zum anderen wurden aber auch neu für die Wundbehandlung entdeckte Kräuter aufgeführt. Bocks „Kreutterbuch“ (1565) und Lonicerus „Kreuterbuch“ (1564) spiegeln den Stellenwert der Wundkräuter während der Renaissance wider. Ebenso war

⁷⁴ Wolters, B.: Amerikanische Arzneipflanzen in der spanischen Kolonialzeit 1492 – 1825, Vortrag gehalten am 10. 6. 1999
anlässlich des 50-jährigen Bestehens des DFG-Sondersammelgebietes Pharmazie an der Universitätsbibliothek der TU
Braunschweig ([http:// www.biblio.tu-bs.de/publikation/wolters/vortrag19990610.html](http://www.biblio.tu-bs.de/publikation/wolters/vortrag19990610.html))

⁷⁵ Ebenda

Paracelsus ein ausgesprochener Anhänger der Kräutertherapie in der Wundbehandlung. Er plädierte für eine natürliche Wundheilung. Pflanzen als Geschöpfe der Natur lagen ihm zur natürlichen Unterstützung des Heilprozesses nahe.

Hieronymus Bock (1498–1554) nannte *Achillea millefolium* (Schafgarbe) (Madaus (M.): S.1911), *Capsella bursa pastoris* (Hirtentäschlkraut) (M.:S. 745), *Erythraea centaurium* (Tausendguldenkraut) (M.:S. 873), *Glechoma hederacea* (Erdefeu) (M.: S. 1463), *Hypericum perforatum* (Johanniskraut) (M.:S. 1587), *Lysimachia nummularia* (Münzkraut) (M.: S. 1810), *Plantago major* (Breitwegerich) (M.: S. 2159), *Sanicula europaea* (Wundsanikel) (M.: S. 2434), *Solidago virgaurea* (Wilde Goldrute, Heydnisch Wundkraut) (M.: S. 2571) und *Stellaria media* (Vogelmiere) (M.: S. 2609) als Wundkräuter. Lonicerus (1460–1525) schrieb folgenden Pflanzen gute Wirkung in der Wundbehandlung zu: *Alchemilla vulgaris* (Gemeiner Frauenmantel) (M.: S. 455), *Althaea officinalis* (Eibisch) (M.: S. 492), *Anagallis arvensis* (Ackergauchheil) (M.: S. 510), *Bellis perennis* (Gänseblümchen) (M.:S. 691), *Lysimachia nummularia* (Münzkraut) (M.: S. 1810), *Sanicula europaea* (Wundsanikel) (M.: S. 2434), *Solidago virgaurea* (Wilde Goldrute, Heydnisch Wundkraut) (M.: S. 2571), *Ulmus rubra* (Ulme) (M.: S. 2741).⁷⁶

5.4. Paracelsus – „Es ist der Balsam im Leib, der heilt“

Paracelsus verwendete *Alchemilla vulgaris* (Gemeiner Frauenmantel) (M.: S. 455) sowohl zur äußerlichen (Salbenverband) als auch zur innerlichen Wundbehandlung (Wundtrank). Zur Abszessbehandlung und Reinigung von Wunden nutzte er *Althaea officinalis* (Eibisch) (M.: S. 492). Bestandteile der *Artemisia vulgaris* (Echter Beifuß) (M.: S. 597) verarbeitete er zu Pflastern. Diese trug er auf chronische Wunden auf. Auch *Boswellia serrata* (Weihrauch) (M.: S. 2016) und *Erythraea centaurium* (Tausendguldenkraut) (M.: S. 873) als antike Wundheilmittel spielten bei Paracelsus zur Zeit der Renaissance eine gewichtige Rolle in der Wundbehandlung. Als Favorit galt

⁷⁶ Madaus, G. : Lehrbuch der biologischen Heilmittel, Georg Ohms Verlag, Hildesheim 1976, Nachdruck der ersten Auflage: Leipzig 1938

Hypericum perforatum (Johanniskraut) (M.: S. 1587). Paracelsus wendete es äußerlich als schmerzlinderndes Mittel bei Kontrakturen, Quetschungen, sowie bei allen Wunden an und lobte es überschwänglich: „Seine Tugend kann gar nicht beschrieben werden, wie groß sie eigentlich ist und gemacht werden kann... Es ist nicht möglich, dass eine bessere Arznei für Wunden in allen Ländern gefunden wird.“ Matricaria perforata (Kamille) (M.: S. 894 ff.), Plantago major (Breitwegerich) (M.: S. 2159) und Rosa centifolia (Rose als Rosenöl) (M.: S. 2341) fanden ebenfalls Verwendung in der Therapie der Verletzungen. Das in der Wundbehandlung ebenfalls sehr bedeutsame Symphytum officinale (Beinwell) (M.: S. 2648) nannte Paracelsus Consolida, es eignete sich zur Behandlung von Wunden und Knochenbrüchen.

Am Beispiel des Paracelsus werden auch einige Neuerungen auf dem Gebiet der Wundbehandlung in der Renaissance deutlich. Im Hinblick auf die Wundversorgung nahm er eine relativ passive, beobachtende Rolle ein. Dies zeigt sich beispielsweise an folgendem Zitat: „Das soll ein jeglicher Wundarzt wissen, dass nicht er der ist, der da heilt, sondern der Balsam im Leib ist, der da heilt.“⁷⁷ Dem entsprechend war er der chirurgischen Naht gegenüber kritisch eingestellt. Er sah darin eine Störung der Natur bei der Heilung der Wunden und lehnte sie als zu Entzündungen führenden Störfaktor ab.⁷⁸ Er favorisierte die möglichst ungestörte Wundheilung, vermied allerdings Luftkontakt: „Wenn die Wunde offen und nicht bewahrt oder beschirmt ist, dass sie dann in keinerlei Weg ihre Wirkung vollbringen kann.“⁷⁹

5.5. Auftreten der Schusswaffen und ihre Folgen

In das Zeitalter der Renaissance fällt auch die Verbreitung der Schusswaffen. Mit der Problematik der Schusswunden setzte sich eingehend Giovanni da Vigo (1460–1520) auseinander. Da die antiken Autoritäten keine Hinweise auf die Behandlung von Schusswunden lieferten, war das Vertrauen in sie einer Belastungsprobe ausgesetzt. Da Vigo versuchte, eine Erklärung für den fatalen Verlauf der meisten Schusswunden zu

⁷⁷ Paracelsus: Die große Wundarzney, Augsburg 1537; S. 394

⁷⁸ Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950; S. 948

⁷⁹ Paracelsus: Die große Wundarzney...: S. 394

finden. In seinem Werk „Practica copiosa in chirurgia“, erschienen im Jahre 1513, entwickelte er die Theorie, Schusswunden seien durch Schießpulver vergiftet, somit sei eine Entgiftung angezeigt. Dazu verwendete er das Brenneisen und siedendes Öl.⁸⁰ Auch der innerhalb der Medizingeschichte häufig als bedeutendster Chirurg der Renaissance bezeichnete Barbierchirurg und spätere Leibarzt dreier französischer Könige Ambroise Paré (1510–1590) wurde stark durch Kriegserlebnisse geprägt. Er verwendete nach Maßgabe Giovanni da Vigos zuerst siedendes Öl für die Behandlung von Schusswunden. Im Jahre 1536 verwarf er jedoch diese Methode. Eines Tages ging ihm auf dem Felde das heiße Öl aus. Da entwickelte er notgedrungen eine neue Komposition aus Eigelb, Rosenöl und venezianischem Terpentin. Damit erzielte er erstaunlich gute Ergebnisse.⁸¹ Nicht wenige Chirurgen folgten ihm in der Anwendung dieser schonenderen Therapieformen. Den Patienten wurde durch die damit verbundene Unterlassung therapeutischer Verbrennungen viel Leid erspart. Die seit der Antike in Vergessenheit geratene Gefäßligatur wurde durch Ambroise Paré wiederentdeckt und leistete wichtige Dienste in der Blutstillung. Diesem Vorbild folgte Hieronymus Brunschwyg (1450–1512), indem er zur Blutstillung die mittelbare Umstechungsligatur anwendete.⁸² Heinrich von Pfolspendt (ca. 1460–?) suchte die Blutstillung durch in Essig gekochtem Schweinemist, über den er ein aus Flachs hergestelltes Pflaster legte, zu erreichen.⁸³ Hans von Gersdorff (1460– ca. 1520) bevorzugte wiederum das Brenneisen sowie ätzende Medikamente.⁸⁴ Da Vigo, der sich, wie anfangs erwähnt, ausführlich mit der Theorie der Schusswunden auseinandersetzte, verwendete zur Blutstillung kleingeschnittene Hasenhaare mit Eiweiß.⁸⁵ Seine Vergiftungstheorie der Schussverletzungen durch das Schießpulver hatte einen weit reichenden Einfluss auf zeitgenössische Wundärzte. Brunschwyg versuchte, durch ein Hin- und Herziehen von

⁸⁰ Frölich, H.: Einige der ältesten Abhandlungen über Schußwunden, Archiv für klinische Chirurgie 1882, Bd. 27, S. 593- 613; S. 605- 613

⁸¹ Forrest, R. D.: Development of wound therapy from the dark ages to the present, Journal of the Royal Society of Medicine 1982, Bd. 75, S. 268- 273; S. 270

⁸² Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur...: S. 948

⁸³ Steudel, J.: Der Verbandstoff in der Geschichte der Medizin, Jubiläumsschrift der Firma Dr. Degen und Kuth, Düren 1964, S. 25

⁸⁴ Haeser, H.: Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten, Jena 1881; S. 163 ff

⁸⁵ Frölich, H.: Einige der ältesten Abhandlungen über Schußwunden...: S. 607

Haarseilen in der Wunde das Schießpulver herauszubefördern. Pfeilwunden hielt er wie Schusswunden für vergiftet und reinigte sie mit warmem Öl.⁸⁶ Bei Schusswunden durch Kugeln entfernte Paré zuerst die Kugel mit einer Sonde und spülte dann das Schießpulver mit Frauen- oder Ziegenmilch oder Wundtränken aus.⁸⁷ Gersdorff wendete zur Behandlung von Schusswunden Hanfsamenöl an. Er goss dieses in den Schusskanal, steckte Verbandsmaterial in den Wundkanal und bedeckte ihn mit Netzen aus Baumwolle.⁸⁸ Auch wenn die Behandlung der Schusswunden unter den verschiedenen Wundchirurgen variierte, es dominierte doch bei den meisten die Ansicht, Schusswunden seien durch Bestandteile des Schießpulvers vergiftet.

Besonders schwere Probleme stellten für den Wundarzt durch Schüsse entstandene offene Extremitätenfrakturen dar. Paré schiente diese mit einer Blechhülse, die am Bein durch Längsstreben unter Ausklammerung des Wundbereichs angebracht wurde. Dies gewährleistete ungehinderten Verbandwechsel ohne Gefährdung der Ruhigstellung.⁸⁹ Gersdorff entfernte bei offenen Extremitätenfrakturen alle losen Knochensplitter und benutzte während des Verbandanlegens einen Extensionsapparat.⁹⁰ Schienung und Extension waren entscheidende Fortschritte im Hinblick auf effektivere und schmerzfreiere Versorgung offener Frakturen.

Neu waren auch die durch Schießpulverexplosionen aufgekommenen Verbrennungswunden der Schützen. Ambroise Paré behandelte sie mit einem Gittertüllverband (*toile de crepe*) getränkt mit einem Gemisch aus Bilsenkraut, Schierlingssaft, frischer Butter oder Rosenöl.⁹¹ Dieser Verband ermöglichte es, Eiter abzuwischen, ohne die Brandwunde direkt zu berühren.

⁸⁶ Brunschwyg, H.: *Chirurgia*. 1497. Reprint herausgegeben von Konrad Kölbl, München 1968; S. 38- 40

⁸⁷ Gurlt, E.: *Biographisches Lexikon der hervorragenden Ärzte aller Zeiten und Völker* (5 Bände), Berlin 1929, Bd. 4, S. 582- 583

⁸⁸ Gersdorff, Hans v.: *Feldbuch der Wundartzney*, Strassburg 1517 ; Kapitel 8

⁸⁹ Rohde, H.: *Einst und jetzt: Therapie offener Extremitätenfrakturen*, Münchener Medizinische Wochenschr. 1972, Bd. 114, S. 600- 608; S. 601

⁹⁰ Ebenda

⁹¹ Kiene, S.: *Zur Geschichte der Behandlung von Verbrennungswunden*, in: *Qualitätssicherung und Standardisierung der Wundbehandlung: Symposiumsbericht*, Heidelberg, Leipzig: Barth 1995, S. 5- 13; S. 8

6. 17. und 18. Jahrhundert

6.1. Das Mikroskop initiiert neue Wundheilungstheorien

Im 17. und 18. Jahrhundert wurde die Medizin von der Dynamik der Aufklärung erfasst. Sie war durch das Bestreben gekennzeichnet, die Unabhängigkeit der menschlichen Vernunft von den Zwängen der Kirche und der dogmatischen Wissenschaftslehre zu erreichen. Von herausragender Bedeutung für die gesamte wissenschaftliche Welt war die Entdeckung des Mikroskops. Antoni v. Leeuwenhoek (1632–1723) machte mit der von ihm verbesserten Optik zahlreiche historische und revolutionäre Entdeckungen. Im Jahre 1683 beobachtete er im Speichel des Menschen verschiedene, sich lebhaft bewegende kleine „Tierchen“, die im Nachhinein von einigen Autoren als die ersten gesehenen Bakterien interpretiert wurden.⁹² Die Vergrößerungsstärke der ersten Mikroskope war allerdings noch gering. So ist es zu erklären, dass Leeuwenhoek zwar überall auf der Haut sowie an der Mundschleimhaut diese „kleinen Tierchen“ sah, er diese, heutzutage Bakterien genannten Mikroben jedoch nicht mit Krankheiten in Verbindung brachte. Man hielt diese kleinen Lebewesen für pleomorph, (ständiger Formenwechsel) und ubiquitär, (allgegenwärtig). Schließlich erklärte man ihre Entstehung durch die so genannte generatio spontanea, die Urzeugung. Lazzaro Spallanzani (1729–1799) zweifelte die Urzeugungstheorie an und experimentierte im Jahre 1765 mit Nährlösungen für Kleinlebewesen. Schließlich schmolz er eine abgekochte Fleischbrühe in einem Glasgefäß ein, eine Vermehrung der Kleinlebewesen war nicht mehr nachweisbar, die Theorie der generatio spontanea somit widerlegt.⁹³

Weitere wissenschaftliche Meilensteine mit großer Bedeutung für die Wundforschung waren William Harveys (1578–1657) Beschreibung des Blutkreislaufs (1628) sowie die Entdeckung des Kapillarkreislaufs (1661), der roten Blutkörperchen (1665) und des Fibrins (vorerst „kleine weiße Stränge“ genannt) (1666) durch Marcello Malpighi (1628–1694).

⁹² Darmstaedter, Ludwig: Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Berlin 1908; S. 147

⁹³ Ebenda S. 148

Hewson entdeckte, dass ein Anteil des Blutes, er nannte ihn koaguable Lymphe, an der Luft spontan gerinnen konnte, der andere Anteil, Serum genannt, verfestigte sich nur durch Erhitzen oder unter Zusatz von Chemikalien.⁹⁴

Im Jahre 1722 konnte er die von Malpighi (1628–1694) bereits 1666 in (gereinigtem) geronnenem Blut entdeckten „kleinen weißen Stränge“ vom Ursprung her der von ihm beschriebenen koaguablen Lymphe zuordnen. Diese Stränge wurden auch als Blutfaserstoff bezeichnet, im Jahre 1797 schließlich erhielten sie von Chaptal den auch heute noch gültigen Namen „Fibrin“.

Murray vermutete, die Neubildung des Zellgewebes (Begriff des 18. Jahrhunderts für das seit dem 19. Jahrhundert Bindegewebe genannte Gewebe) im Verlaufe der Wundheilung basiere auf einem der koaguablen Lymphe entsprechenden gelatinösen Saft. Dieser habe vermeintlich seinen Ursprung aus den Gefäßen um sich dann in eine Gallerte umzuwandeln, in der sich schließlich „Fasern und Häutchen“ bildeten.⁹⁵ Er nannte diesen Saft jedoch entsprechend seiner angeblich Gewebe erzeugenden Eigenschaften plastische Lymphe. Die koaguable oder auch plastische Lymphe galt sodann als eine Art Grundsubstanz, aus der sich im Sinne einer Urzeugung neues lebendiges Gewebe entwickelte.⁹⁶ John Hunter (1728–1793) jedoch vertrat ganz im Geiste der Widerlegung der Urzeugung durch Spallanzani als erster eine andere Meinung. Er ging davon aus, dass das neue Zellgewebe nicht spontan aus Säften entstand, sondern sich aus sich selbst heraus ausdehnte. Diese Vermutung wurde 1855 von Rudolph Virchow (1821–1902) durch dessen Grundsatz „omnis cellula e cellula“ (Alle Zellen entstehen aus Zellen) bestätigt. Diese und weitere Vermutungen und Erkenntnisse gewann Hunter unter anderem anhand mikroskopischer Untersuchungen von Kaninchenohren. Er setzte hierbei das eine Ohr eines Versuchskaninchens über den Zeitraum einer Stunde großer Kälte aus, das andere ließ er unbehandelt.⁹⁷ Hatte die Entzündungsreaktion am gefrorenen Ohr den Höhepunkt erreicht, schnitt er beide Ohren ab und verglich die Präparate. Das der Kälte ausgesetzte Ohr wies 3 bis 4 mal breitere

⁹⁴ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung mit Einschluss der Transplantationen, Deutsche Chirurgie 1901, Bd. 16; S. 15 f.

⁹⁵ Ebenda

⁹⁶ Ebenda

⁹⁷ Turk, J.L.: Inflammation: John Hunter's A Treatise on the Blood, Inflammation and Gun-shot Wounds, International Journal of Experimental Pathology 1994, Bd. 75, S. 385- 395; S. 389

Arterien auf als das unbehandelte.⁹⁸ Hunter schloss daraus, dass im Rahmen des Entzündungsgeschehens Gefäße ihre Eigenschaften änderten. Bei einer kleinen Schnittwunde mit unkompliziertem primären Heilungsverlauf kam es seiner Ansicht nach zur so genannten adhäsiven Entzündung, wobei aus den Gefäßen koaguable Lymphe entwich und die Wundränder spontan durch koaguable Lymphe verklebten.⁹⁹ Er maß als einer der ersten überhaupt dem von ihr gebildeten Wundschorf, eine natürliche, wichtige Rolle im Rahmen des Wundheilungsprozesses zu. Bis dahin hielten ihn Wundärzte nicht selten für überflüssig oder schädlich und entfernten ihn. Von der adhäsiven Entzündung unterschied Hunter verschiedene weitere Formen. Bei der von ihm beschriebenen suppurativen Entzündung, die durch Komplikationen aus einer adhäsiven Entzündung hervorgehen konnte, kam es im entzündeten Gewebe seiner Auffassung nach zu einer Veränderung der Gefäßdisposition. Hatten die Gefäße im Rahmen der Blutgerinnung – Hunter sah diese als ersten Teil der Wundheilung an – anfänglich koaguable Lymphe sezerniert, erwarben sie nun modifizierte glanduläre Eigenschaften. Sie sonderten Eiter ab, der die so genannten Eiterkörperchen enthielt.¹⁰⁰ Ernste Begleiterscheinungen der suppurativen Entzündung konnten Fieber, Krämpfe der Atemmuskulatur, das Auftreten von Zittern, Appetitlosigkeit, ein schneller, schwacher Puls sowie eingesunkene Augen als Vorboten eines in einigen Tagen eintretenden Todes sein. Die dritte Form der Entzündung, welche oft mit der zweiten verbunden war, war die granulierende. Bei der granulierenden Entzündung benötigte nach Hunter die Wundoberfläche Luftkontakt. Die Granulationen – kleine Gefäßneubildungen – waren nach seinen Beobachtungen stark durchblutet, mit einer Tendenz, sich miteinander zu vereinigen und zu vernarben. Es bildete sich um die Granulationen herum Haut, die jedoch von einer geringeren Stärke war als die ursprüngliche.

Friedrich Ruysch (1638–1731) prägte im Jahre 1707 für die oberste Hautschicht den heute immer noch üblichen Begriff Epithel. Heilten die Granulationen nicht, wurde die granulierende zur ulzerierenden Entzündung.¹⁰¹ Die Begriffe Extravasation, Koagulation, Granulation, Zellgewebe, Fibrin, Eiterkörperchen, koaguable Lymphe,

⁹⁸ Turk, J.L.: Inflammation...: S. 389

⁹⁹ Ebenda S. 389- 390

¹⁰⁰ Ebenda S. 390- 391

¹⁰¹ Ebenda S. S. 391- 392

Serum und Epithel die im wesentlichen im 17.–18. Jahrhundert geprägt wurden, legten die Grundlage für die moderne Terminologie der Wundheilung. Hunters Einteilung der Entzündung kann auch heute noch als beispielhaft gelten.

6.2. Die Ursache der Gangrän wird entdeckt

Neben der Erforschung der Entzündungsreaktion und der Wundheilung wurden bedeutsame Fortschritte auf dem Gebiet der Erforschung der krankhaften Gefäßveränderungen gemacht. Im Jahre 1575 hatte Fallopio bereits die Verkalkung der Aorta, von ihm „Ossifikation“ genannt, entdeckt. Cowper erkannte im Jahre 1705 die Zusammenhänge der Gangränentstehung sowie die mit dieser Erkrankung einhergehenden chronischen Wunden mit der Verkalkung oder Wandverdickung der Arterien der Extremitäten. Crell beschrieb im Jahre 1740 erstmals die Wandverdickung der Herzkranzgefäße; im Jahre 1799 führte C.H. Parry die Angina pectoris auf die Verengung der Herzkranzgefäße zurück.¹⁰²

6.3. Einflüsse der Schiffsmedizin

Auf den in dieser Zeit üblich gewordenen langen Seereisen wurden Krankheitssymptome und diverse Hautveränderungen beobachtet, deren Ursache zunächst unklar blieb. Die Veränderungen waren letztendlich auf Mangelernährung zurückzuführen und wurden zahlreich beschrieben. James Lind (1716–1794), Arzt der britischen Navy, beobachtete nach langen Seereisen bei vielen Matrosen blasse Hautfarbe, Apathie, geschwollenes Zahnfleisch, Zahnausfälle, Zahnfleischbluten, vielfach Blutungen an der Haut, im Magen-Darm-Trakt und das Wiederaufbrechen von Wunden sowie eine gestörte Wundheilung nach Verletzungen. Im Jahre 1753 beschrieb er in seinem Werk „A Treatise of the Scurvy“, eingehend die Krankheit, die im Deutschen Skorbut genannt wurde.¹⁰³ Er setzte sich stark für die Versorgung der

¹⁰² Ackerknecht, E.H.: Zur Geschichte der Arteriosklerose, Gesnerus 1975, Bd. 32, S. 229- 234

¹⁰³ Lind, J.: A Treatise of the Scurvy, Sands, Murray and Cochram, Edinburgh 1753

Schiffsbesatzungen mit frischem Gemüse, Sauerkraut, Zwiebeln, Wein, Apfelwein und besonders Zitronen- und Orangensaft ein. Durch diese Maßnahmen konnte er das Auftreten der Skorbuterkrankung verhindern.¹⁰⁴

Ein weiteres Mitglied der britischen Navy, der Chirurg John Rollo (?–1809), der im Übergang des 18. zum 19. Jahrhundert lebte, beschrieb 1797 die verheerende Wirkung der Wundreinigung bei verschiedenen Verletzten einer Schiffsbesatzung mit einem ungewaschenen Wundschwamm. Unter denen, deren Wunden auf diese Art und Weise „gesäubert“ worden waren, grassierten Wundinfektionen und hohes Fieber. Diese Praxis der Reinigung mit einem ungesäuberten Schwamm, wie bei Wundärzten des Mittelalters, der Renaissance und teilweise auch der beginnenden Neuzeit üblich, war als eine der Hauptursachen des massiven Auftretens von Wundinfektionen anzusehen. Rollo schaffte Wundschwämme an Bord seines Schiffes ab. Er führte zahlreiche Hygienemaßnahmen ein und erzielte damit insbesondere in der Behandlung der Verletzten signifikante Fortschritte. Im Jahre 1801 berichtete er über seine Mortalitätsrate bei Amputationen. Rollo erreichte durch die strenge Einhaltung von hygienischen Maßnahmen eine Erfolgsquote von nur 3 Todesfällen bei 21 Amputationen.¹⁰⁵ Diese Leistung war für seine Zeit herausragend.

James Cook (1728–1779) der 1772 bis 1775 als Kapitän der „Resolution“ die Weltmeere bereiste, entdeckte mit seiner Crew die Wundbehandlungsmethoden australischer Ureinwohner. Diese behandelten Wunden mit gutem Erfolg, indem sie zerhackte Teebaumblätter darauf legten und diese mit einer aufgelagerten Lehmschicht fixierten. Die Besatzung Cooks übernahm die Teebaumblätter-Therapie mit Erfolg und entwickelte eigene Therapievarianten. Auch die Anwendung von Algen galt unter Seefahrern bereits seit langer Zeit als effektives Mittel. Man nannte die von Schiffstauen zur Wundbehandlung abgekratzte Algenmasse Oakum.

¹⁰⁴ Lind, J.: A Treatise of the Scurvy...;

¹⁰⁵ Rollo, J.: A short account of the Royal Artillery Hospital at Woolwich..., Maurman, London 1801

6.4. Massenherstellung von Nahtmaterial und Verbandstoffen

Seit 1656 erlangte der Beruf der Boyaudiere in Frankreich größere Bedeutung. Boyaudiere verarbeiteten in Serie Schafs- und Pferdedarm zu Saiten, womit sie Tennisschlägerrahmen bespannten, Bürsten herstellten oder chirurgisches Nahtmaterial sowie Violinensaiten produzierten.¹⁰⁶ Sowohl chirurgisches Nahtmaterial als auch die Violinensaiten wurden unter dem Namen Catgut bekannt.

Auch die Herstellung von Verbandstoffen wurde bald in einem größeren Rahmen betrieben. Der Leipziger Chirurg Johann August Ehrlich, der von 1790 bis 1793 auf Auslandsreisen war, beschrieb die industrielle Herstellung der so genannten englischen Scharpie. Diese wurde aus rein gewaschener alter Leinwand durch Bearbeitung mit scharfen Klingen an einem leicht zu bedienenden mechanischen Apparat in großen Mengen hergestellt.¹⁰⁷

6.5. Larrey und die preußischen Generalchirurgen – Einflüsse der Kriegschirurgie

Dominique Jean Larrey (1766–1842) hatte als Kriegschirurg große Mängel in der Versorgung der Verwundeten festgestellt. Dass verletzte Soldaten oft bis zum Ende der Schlacht auf dem Schlachtfeld liegen blieben, veranlasste ihn dazu, im Jahre 1793 ein Transportsystem für Verwundete einzuführen, die so genannten „Ambulances volantes“. Verwundete wurden schnellstmöglich unmittelbar hinter der Feuerlinie chirurgisch versorgt. Auf dem Russlandfeldzug Napoleons beobachtete Larrey die sinkende Schmerzempfindung Verwundeter bei Kälte. Er nutzte diesen Effekt, indem er Wunden mit Eiswasser kühlte. Bei der Wundversorgung griff er auf das klassische Wundheilmittel Wein zurück, die Wundnaht lehnte er – wie schon Paracelsus – ab. Im Gegensatz zu einigen preußischen Kriegschirurgen, die die Amputation scheuten und eher konservativ in der Behandlung von offenen Extremitätenfrakturen vorgehen, war

¹⁰⁶ Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950; S. 948

¹⁰⁷ Steudel, J.: Der Verbandstoff in der Geschichte der Medizin, Jubiläumsschrift der Firma Dr. Degen und Kuth, Düren 1964, S.40-42

Larrey ein Verfechter der Amputation. Es wurde berichtet, er hätte im Russlandfeldzug bei Borodinow innerhalb von 24 Stunden 200 Amputationen vorgenommen.¹⁰⁸

Inzwischen wurde von den leitenden preußischen Militärchirurgen mehr und mehr die Vereinigung der Bartscherer und der Wundärzte in einem Berufe kritisiert. Der Berufsstand der Barbierchirurgen war historisch auf die Gründung der gemeinsamen Zünfte der Barbieri und Wundärzte zurückzuführen. Der Generalchirurg der preußischen Armee Johan Christian Anton Theden (1714–1797) wies allerdings 1774 seine Kompaniechirurgen an, sie sollten ihre Zeit nicht beim Bartscheren verschwenden, sondern sich in der Versorgung von Kranken sowie der Ausübung chirurgischer Eingriffe üben.¹⁰⁹

Um die Medizin und die Chirurgie einander annähern zu können, entstand im Jahre 1727 in Berlin eine Lehranstalt für Militärärzte, das Collegium medico-chirurgicum. Diese Entwicklung spiegelte sich auch in der Namensgebung neuer medizinischer Schulen wider. So wurde im Jahre 1716 in Hannover eine medico-chirurgische Schule gegründet, es folgten medico-chirurgische Schulen in Dresden, Hamburg, Frankfurt und anderen Städten.

In Preußen ging der Militärchirurg Johann Ulrich Bilguer (1720–?) bei der Behandlung schwerer offener Extremitätenwunden fast immer konservativ vor.¹¹⁰ Seine Dissertation „De membrorum amputatione rarissime administranda, aut quasi abroganda etc.“ erschien im Jahre 1761 in Halle und wurde ins Deutsche, Französische, Englische, Holländische und Spanische übersetzt. Folge der daraus resultierenden, großen Verbreitung war, dass auch andere Chirurgen seinem Beispiel folgten und die konservative Behandlung von offenen Knochenfrakturen der Amputation vorzogen. Zudem verfolgte auch er noch das Prinzip des lobenswerten Eiters (pus bonum et laudabile). Dieses zeigte sich unter anderem darin, dass Bilguer Schusswunden ausweitete, sie dann mit Scharpie ausfüllte, und darüber einen Verband aus Kompressen und Binden, versehen mit Arzneimitteln, die dem Wundzustand entsprachen, legte.

¹⁰⁸ Larrey, J.D.: Medizinisch- chirurgische Denkwürdigkeiten aus seinen Feldzügen, aus dem Französischen übersetzt, Band 1 u. 2, Leipzig 1813; Bd. 1, S. 40

¹⁰⁹ Gantz – Kohler, I.: Über Eigenschaften und Verhalten der Wundärzte in chirurgischen Schriften des 17. und 18. Jahrhunderts, Diss. Med. München 1983; S. 15

¹¹⁰ Bilguer, J.U.: Abhandlung von dem sehr seltenen Gebrauch, oder der beynahe gänzlichen Vermeidung des Ablösens der menschlichen Glieder, Berlin 1761; S. 112

Diese sollten in erster Linie der Erregung der Eiterbildung dienen. Erst nach 4-6 Tagen sollten die Verbände gewechselt werden, denn „Das tägliche Aufreißen und frische Verbinden der frischen Wunden..., noch darzu in freyer Luft ... hindert die so nötige Eiterung gar sehr und giebt zu vielen üblen Folgen der Wunde Gelegenheit.“ Der Eiter enthalte ja „denjenigen heilsamen Saft, wodurch von Tage zu Tage die Ausfüllung der Wunde mit Fleisch geschieht.“¹¹¹

Als Begründer der wissenschaftlichen deutschen Chirurgie wird heutzutage von Medizinhistorikern Lorenz Heister (1682–1758) genannt. Auch bei ihm finden sich Digestivsalben zur Eiteranregung, um abgestorbenes Fleisch abzubauen, wieder.¹¹² Bei der Behandlung offener Extremitätenfrakturen ging Heister wie Bilguer konservativ vor. Er behandelte diese mit dem so genannten Bruchband, einer aus Leinwand gefertigten sternförmigen vielköpfigen Binde, die er unter die frakturierte Extremität legte, um dann die Zipfel dachziegelartig über dem Frakturbereich zu knüpfen.¹¹³

Für eine Neuerung bei der Behandlung entzündeter Wunden standen zwei weitere preußische Militärchirurgen. Johann Leberecht Schmucker (1712–1784) und Johan Christian Anton Theden (1714–1797) benutzten zu diesem Zwecke kalte Umschläge. Schmucker benutzte für die kalten Umschläge kaltes Wasser, gemischt mit Weinessig, Salpeter und Salmiak. Thedens Kaltwasserumschläge waren zusätzlich mit seinem „Schusswasser“ getränkt, dessen Inhaltsstoffe Weinessig, Weingeist, Honig oder Zucker und verdünnte Schwefelsäure waren.¹¹⁴

¹¹¹ Bilguer, J.U.: Anweisung zur ausübenden Wundarzneykunst in Feldlazarethen, Glogau und Leipzig 1763; S.523

¹¹² Gurlt, E.: Biographisches Lexikon der hervorragenden Ärzte aller Zeiten und Völker (5 Bände), Berlin 1929, Bd. 3, S. 140- 141

¹¹³ Ebenda Bd. 3, S. 140- 141

¹¹⁴ Ebenda Bd. 5, S. 544

7. 19. Jahrhundert

7.1. Beginn der modernen Wundheilungstheorie

Im Jahre 1809 prägte Lorenz Oken (1779–1851) den wichtigen Grundsatz, dass alles Lebendige aus Lebendigem entsteht: „Omnis vivo e vivo.“¹¹⁵ Die Frage der Entstehung von Zellen war von großer Bedeutung für die Theorie der Wundheilung, denn die Entstehung des Bindegewebes – dieser Begriff wurde 1830 durch Johannes Müller geprägt – war ein wesentlicher Bestandteil der Wundheilung.¹¹⁶

Bichat vertrat in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts bereits die Ansicht, dass sich das Zellgewebe – welches nun auch Bindegewebe genannt wurde – aus sich selbst heraus ausdehnte, wuchs und neu bildete, womit auch er sich gegen die Idee der Urzeugung wandte.¹¹⁷ Theodor Schwann (1810–1882), der 1838 den Grundsatz aufstellte, dass alle Gewebe des tierischen Körpers aus Zellen bestanden, postulierte hingegen gemeinsam mit Jacob Henle (1809–1885), dass diese Zellen bei der Wundheilung aus einem formlosen, flüssigen oder geronnenen Bildungsmaterial, welches sie Cytoblastem nannten, als primäre Zellen hervorgingen. Bei der Eiterung würde dann nur ein Teil der primären Zellen in Zellgewebe umgewandelt, ein anderer hingegen werde ausgestoßen.¹¹⁸ Diese Ansicht war mit der Theorie der Urzeugung vereinbar.

1843 sorgte die Entdeckung der Zellkernteilung durch Guensburg und Breuer für neue Hinweise auf eine Entstehung der Zellen aus Zellen.¹¹⁹ Dementsprechend widerlegte Robert Remak (1815–1865) die These, dass sich pathologisches wie auch normales Gewebe aus einem extrazellulären Blastem entwickelte.¹²⁰ Rudolph Virchow schließlich klärte im Jahre 1855 definitiv den Ursprung der Zellen auf: „Omnis cellula e cellula.“ –

¹¹⁵ Piez, K.A.: History of Extracellular Matrix: A Personal View, Matrix Biology 1997, Bd. 16, S. 85-92 ; S. 86

¹¹⁶ Müller, J.: Handbuch der Physiologie, Bd. 1, 2. Auflage, Koblenz 1835

¹¹⁷ Bichat, X.: Anatomie générale, Nouv. Edition, Paris 1818

¹¹⁸ Schwann, Th.: Mikroskopische Untersuchungen ueber die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, Berlin 1839

¹¹⁹ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung mit Einschluss der Transplantationen, Deutsche Chirurgie 1901, Bd. 16; S. 31

¹²⁰ Ebenda

Zellen entstehen immer nur aus Zellen. Außerdem stellte er die Vermutung auf, dass die Zwischenzellsubstanzen, also die „Fasern“, von den Zellen selbst hergestellt würden. Das Bindegewebe bezeichnete Virchow als Keimstock für neue Zellen.¹²¹ Aus der Tatsache, dass das Kochen von verschiedenen Geweben Gelatine und Klebstoffe hervorbrachte, zog man den Schluss, dass es in allen Geweben eine Hauptsubstanz geben musste. Man gab ihr den Namen Kollagen (leimproduzierend). Um die Jahrhundertwende konnte man schließlich mikroskopisch die Fasern in Kollagen und Elastin unterteilen, sie waren umgeben von der so genannten Grundsubstanz.¹²²

Anhand der Auseinandersetzungen über verschiedene Gewebsvorgänge lässt sich die Tatsache nachvollziehen, dass es bis in die 70-er Jahre des 19. Jahrhunderts kein verbreitetes dynamisches Wundheilungsmodell gegeben hat. Die Untersuchungen beschränkten sich häufig auf Gewebeschnitte. Nachdem jedoch die Zellgewebe aus ihrem Zellverband getrennt und von der Blutversorgung isoliert waren, gingen sie schnell aus Mangel an Sauerstoff und weiteren Nährstoffen zugrunde. Jeder Wissenschaftler, der anhand von Gewebeschnitten die Wundheilungsvorgänge untersuchte, sah immer nur statische Momentaufnahmen, die zudem schwer mit anderen Präparaten zu vergleichen waren.

Nachdem geklärt war, dass Zellen immer nur aus Zellen entstanden, kam es nun zu Auseinandersetzungen über die Frage nach dem Ursprung des Eiters, des Fibrins sowie des neu heranwachsenden Bindegewebes. Virchow ging davon aus, dass neues Bindegewebe aus dem Keimstock des alten Bindegewebes hervorgehen müsse und dass die so genannten Eiterkörperchen sich in erster Linie ebenfalls aus dem Bindegewebe, aber potentiell auch aus Epithelzellen rekrutierten. Das Fibrin, bereits als Blutbestandteil identifiziert, meinte Virchow von der Entstehung her den Bindegewebszellen zuordnen zu müssen.¹²³ Julius Cohnheim (1839–1884) hatte jedoch andere Erklärungen für den Ursprung des neuen Bindegewebes und des Eiters gefunden. Er wies die Auswanderung von farblosen Blutkörperchen aus Gefäßen durch Dilatation der Arterien und Venen nach, wobei er die Dilatation der Gefäße für einen passiven Vorgang hielt. Seiner Meinung nach besaßen diese ausgewanderten Zellen nun

¹²¹ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung...: S. 31

¹²² Piez, K.A.: History of Extracellular Matrix...: S. 86

¹²³ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung...: S. 31

die Fähigkeit, sich erst zu größeren einkernigen Bindegewebszellen und dann zu spindelförmigen Bindegewebszellen umzuwandeln.¹²⁴ Weder Virchow noch Cohnheim lieferten eine aus heutiger Sicht in allen Teilen richtige Erklärung für den Ursprung des neuen Bindegewebes und des Eiters. Das begründet sich möglicherweise darin, dass Virchows Hauptinteresse dem Bindegewebe und seiner Ausdehnung galt, während sich Cohnheim hauptsächlich mit der Exsudation von farblosen Blutkörperchen beschäftigte. Virchow konnte die Regeneration des Bindegewebes richtig erklären, behielt aber Unrecht, indem er die Exsudation von Zellen aus Blutgefäßen ablehnte und den Ursprung des Eiters ebenfalls in dem von ihm untersuchten Bindegewebe sah. Cohnheim hingegen behielt Recht in der Annahme, dass Zellen aus Gefäßen auswanderten, und der Ursprung des Eiters in den Blutgefäßen lag. Seine Vermutung, die ausgewanderten Zellen könnten ihrerseits Bindegewebe regenerieren, erwies sich als nicht zutreffend.

Elias Metschnikoff (1845–1916) beschäftigte sich wie Cohnheim mit den weißen bzw. farblosen Blutkörperchen. Er erweiterte die Anschauung von der Exsudation der farblosen Blutkörperchen, indem er die Motilität der Innenwandzellen der Gefäße, der so genannten Endothelzellen erkannte und beschrieb. Diese ermöglichten es den weißen Blutkörperchen, aus dem Gefäß in das Bindegewebe zu gelangen.¹²⁵ Des Weiteren entdeckte Metschnikoff die Funktion gewisser amöboider Zellen. Die weißen Blutkörperchen beschrieb er als Mikrophagen, diese amöboiden Zellen später als Makrophagen. Diese Zellen waren unter anderen auch schon Robert Koch und Rudolph Virchow bekannt. Ihnen war auch aufgefallen, dass sich im Innern sowohl der weißen Blutkörperchen als auch dieser – von Metschnikoff Makrophagen genannten – amöboiden Zellen Bakterien befanden. Sie vermuteten, dass das intrazelluläre Milieu der weißen Blutkörperchen für Bakterien förderlich sei und dass diese mit Hilfe der sie umgebenden weißen Blutkörperchen gut in das lymphatische Gewebe und schließlich in den ganzen Körper eindringen konnten. Diese Ansicht, die unter anderem durch die statischen Wundheilungsmodelle zustande kam, wurde durch Metschnikoff mit Hilfe des ersten verbreiteten dynamischen Wundheilungsmodells widerlegt.

¹²⁴ Marchand, F.: Der Process der Wundheilung...: S. 32

¹²⁵ Ebert, R.H., Grant, L.: Experimental approach to inflammation, in: Zweifach, B.W. et al.: The Inflammatory Process, Academic Press New York, San Francisco, London 1974; S. 14

An lebendigen durchsichtigen marinen Lebewesen (Seesternlarven) erforschte Metschnikoff die Reaktion des Gewebes auf das Einstechen von Rosendornen unter dem Mikroskop. Er entdeckte, dass sich bestimmte Zellen, die er später Makrophagen nannte, um die in der Larve steckenden Dornen herum formierten. Danach injizierte er Bakterien und beobachtete, wie die amöboiden Zellen diese in sich aufnahmen und zerstörten. Die Phagozytosis war damit nachgewiesen. Außerdem ging Metschnikoff davon aus, dass die amöboiden Zellen durch Fremdkörper angezogen würden.¹²⁶ Während Metschnikoff als Begründer der zellulären Immunitätsforschung angesehen werden kann, machten sich um die Entdeckung der humoralen Immunität insbesondere Emil von Behring (1854–1917) und Paul Ehrlich (1854–1915) verdient. In der Anfangsphase der Immunitätsforschung waren die zelluläre und die humorale Immunität konkurrierende Modelle, wobei insbesondere Anhänger der humoralen Immunität das Modell der zellulären Immunität bekämpften.

Der Ablauf der Epithelialisierung wurde ebenso kontrovers beurteilt. Arnold versuchte 1869 die Entstehung neuen Epithels aus oberflächlichen Schichten des Granulationsgewebes nachzuweisen, indem er im Tierversuch vom harten Gaumen des Hundes das Epithel entfernte und das neuentwickelte Epithel, welches vom Epithel des Wundrands her wuchs, kauterisierte. Tatsächlich entdeckte er in einigen Fällen Epithelinseln ohne Kontakt zum Wundrand.¹²⁷ Theodor Billroth (1829–1894) stellte die gleichen Untersuchungen an, fand jedoch keine Epithelinseln. Carl Thiersch (1822–1895) sowie Ranvier favorisierten die Ansicht der Regeneration des Epithels vom Wundrand her. Die Bildung von Epithelinseln auf granulierendem Gewebe ohne Kontakt zum Epithel des Wundrandes sahen sie jedoch keineswegs als unmöglich an.¹²⁸ Der Freisetzungsmechanismus der Fibrinstränge war ebenfalls umstritten. Schon lange war ein erhöhter Fibringehalt des Blutes bei Patienten mit entzündlichen Erkrankungen bekannt. Man vermutete daher die Bildung des Fibrins aus einer anderen Substanz des Blutes. 1845 erkannte Buchanan, dass sowohl eine lösliche Vorstufe (Fibrinogen) als auch eine Substanz im Blut vorhanden sein musste, die diese lösliche Vorstufe in

¹²⁶ Ebert, R.H., Grant, L.: Experimental approach to inflammation...: S. 16-17

¹²⁷ Konietzny, H.: Erkenntnisse in der Wundheilung seit Marchand, Diss. med. München 1952; S. 15

¹²⁸ Ebenda S. 15- 16

unlösliches Fibrin umwandelte.¹²⁹ Schmitt erforschte intensiv die Substanz, die Fibrinogen in Fibrin umwandelte und nannte sie zuerst Fibrinferment und später Thrombin. Da seiner Meinung nach Thrombin nicht frei zirkulieren konnte, postulierte er, dass es während der Gerinnung aus einer Vorstufe des Plasmas (Prothrombin) entstehen musste. Die Umwandlung des Prothrombins wurde seiner Meinung nach durch einen unbekanntem Wirkstoff vermittelt.¹³⁰ Bereits 1832 hatte de Blaineville die Beobachtung gemacht, dass die Injektion einer Suspension aus Hirngewebe zum schnellen Tod eines Versuchstieres führte. Bei der Obduktion fielen ihm durch Thromben verschlossene Blutgefäße auf. Einige Forscher stellten die Hypothese auf, das injizierte Gewebe könne das Prothrombin direkt zu Thrombin umwandeln.¹³¹ Doch schon Schmitt hatte dabei die Vermittlung durch eine unbekannte Substanz vermutet; Paul Morawitz (1879–1936) bestätigte dies im Jahre 1903. Er fand heraus, dass Gewebeextrakte nicht direkt Prothrombin in Thrombin umwandeln konnten. Hierfür war zusätzlich das Gewebsthromboplastin erforderlich. Seit dem Jahre 1890 wusste man über die Bedeutung der Calciumsalze für diesen Umwandlungsvorgang. Die klassische Theorie der Gerinnung nach Morawitz, heute extrinsischer Weg der Gerinnung genannt, lautete nun: Gewebsthromboplastin wandelt unter Anwesenheit von Calcium Prothrombin in Thrombin um. Thrombin wandelt, ohne dazu Calcium zu benötigen, Fibrinogen in Fibrin um.¹³²

Das klassische Wundheilungsmodell war bisher das des transparenten Amphibienlarvenschwanzes. Im Jahre 1875 wurde von Ziegler eine neues Modell – die Glaskammer-Methode – eingeführt und von Maximow weiterentwickelt. Zwei Glasscheiben geringen Durchmessers wurden hierbei so aneinandergeheftet, dass ein sehr schmaler Zwischenraum blieb. Diese Glaskammern wurden dann über verschiedene Zeiträume unter die Haut oder zwischen Muskeln platziert und dann wieder entnommen. Hierdurch gelang es, Momentaufnahmen der Wundheilung in allen verschiedenen Stadien zu gewinnen, wobei die Qualität der mikroskopischen Bilder

¹²⁹ Ratnoff, O.D.: Blood clotting mechanisms: an overview, in: Ogston, D., Bennet, B.: Haemostasis: Biochemistry, physiology and pathology, Wiley and Sons, London 1977, Kapitel 1, S. 1- 24; S. 2- 3

¹³⁰ Ebenda S. 4- 5

¹³¹ Ebenda S. 4- 5

¹³² Ebenda S. 8

durch die geringe Dicke der zwischen die Glasscheiben gewachsenen Gewebeschicht für Lichtmikroskope relativ gut war.¹³³

Im Gegensatz zum Amphibienlarvenschwanzmodell war diese Glaskammer-Technik statisch. Das Glaskammermodell war jedoch die Grundlage für eine Neuentwicklung der 20-er Jahre des 20. Jahrhunderts und zwar die von Sandison vorgestellte Methode der transparenten Glaskammer im Kaninchenohr. Diese ermöglichte erstmals die kontinuierliche Beobachtung der Wundheilungsvorgänge am lebenden Säuger und übte dadurch zahlreiche positive Impulse auf die Wundheilungsforschung aus.¹³⁴

Der Ablösungsprozess von der Theorie der „generatio spontanea“, der sich auf dem Gebiet der Theorie der Wundheilung durch neue Kenntnisse vollzogen hatte, zeigte sich auch auf dem Gebiet der Theorie der Wundkrankheiten. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war man noch weitgehend der Überzeugung, Mikroben kämen als Wundinfektionserreger nicht in Frage. Da man die gleichen Bakterien in der gesunden Mundhöhle und in Wunden und sie außerdem vielgestaltig fand, galten sie als ubiquitär und pleomorph. Man war der Überzeugung, dass Bakterien in Wunden durch Spontangeneration entstanden. Auch das aus der Antike bekannte Miasmenmodell beeinflusste immer noch die Ansichten über die Wundkrankheiten. Diese Ansichten verhinderten ein Verständnis für die Übertragung der Wundinfektion durch Kontakt. Jacob Henle (1809–1885) lehnte allerdings bereits 1840 das Miasma als einen rein hypothetischen Begriff ab und sah das Kontagium als einen belebten Organismus an, der als Ursache der Krankheit anzusehen sei und zum Körper im Verhältnis eines parasitischen Organismus stehe.¹³⁵ Seine Arbeit fand jedoch vorerst kaum Resonanz.

Auch Ignaz Phillip Semmelweis (1818–1865) fand wichtige Hinweise darauf, dass Wundinfektionen durch Kontakt übertragen wurden. Er hatte als Geburtshelfer im Wiener Allgemeinen Krankenhaus beobachtet, dass das Kindbettfieber auf zwei Stationen verschieden häufig auftrat. Auf der Station, wo Studenten nach den

¹³³ Sandison, J.C.: The transparent chamber of the rabbit's ear, giving a complete description of improved technic of construction and introduction, and general account of growth and behavior of living cells and tissues as seen with the microscope, *The American Journal of Anatomy* 1928, Bd. 41, S. 441- 471; S. 450

¹³⁴ Sandison, J.C.: A new method for the microscopic study of living growing tissues by the introduction of a transparent chamber in the rabbit's ear, *Anatomical Records* 1924, Bd. 28, S. 281- 287;

¹³⁵ Henle, J.: Von den Miasmen und Kontagien und von den miasmatisch-kontagiösen Krankheiten. Nachdruck aus: *Pathologische Untersuchungen*, Berlin 1840. In Sudhoff, K. (Hrsg.): *Klassiker der Medizin*, Leipzig 1910

morgentlichen Sektionsübungen Wöchnerinnen am Bett untersuchten, starben im Jahre 1846 durchschnittlich 11,4% der normalen Wöchnerinnen am Kindbettfieber. Die andere Station wurde von Hebammenschülerinnen besucht, die jedoch nicht an den Sektionsübungen teilnahmen. Diese Station wies 1846 eine wesentlich geringere durchschnittliche Sterblichkeit auf (2,7%) als die zuvor genannte.¹³⁶ Der kausale Zusammenhang zwischen den Sektionsbesuchen und den nachfolgenden Untersuchungen der Wöchnerinnen ohne zwischenzeitlich erfolgte Reinigung der Hände und der Infektion mit dem Kindbettfieber wurde Semmelweis durch einen tragischen Zufall klar. Als er die Sektion des Rechtsmediziners des Krankenhauses Kolletschka verfolgte, der an den Folgen einer Verletzung mit einem benutzten Sektionsinstrument verstorben war, wies dessen Leiche die gleichen Auffälligkeiten wie die der verstorbenen Wöchnerinnen auf. Die Wöchnerinnen waren also an dem gleichen „Leichengift“ gestorben wie der Kollege Kolletschka.¹³⁷ Semmelweis führte nun im Jahre 1847 das Reinigen der Hände in einer Chlorkalk-Lösung vor Betreten der Wöchnerinnenstation ein und senkte damit die Sterblichkeit auf etwa ein Viertel. Von ihm stammen die Worte: „Von der Zeit des Hippokrates bis in die letzten Jahre war es eine unumstrittene Ansicht der Ärzte, dass die furchtbaren Opfer, die das Kindbettfieber verlangt, epidemischen, d.h. atmosphärischen Einflüssen zuzuschreiben seien. Diese Ansicht ist falsch; jeder Fall von Kindbettfieber ist das Ergebnis einer Infektion.“¹³⁸ Theodor Schwann (1810–1882) widerlegte ebenfalls die Vorstellung, die Atmosphäre bzw. die Luft selbst könne Krankheiten verursachen, indem er in Versuchen (1836–1837) Luft über erhitztes Quecksilber oder durch ein glühendes Glasrohr zu einer Nährlösung leitete und dabei feststellte, dass die Lösung steril blieb. Er förderte die Ansicht, dass nicht die Luft für die Fäulnis verantwortlich war, sondern in ihr etwas enthalten sein müsse, das man durch Hitze zerstören konnte. Louis Pasteur (1822–1895) wies die Richtigkeit dieser Überlegung durch ein einfaches Experiment im Jahre 1862 nach: Nicht die Luft selbst war schädlich, sondern darin enthaltene Luftkeime. Der Boden war bereitet für neue Ansichten, die geprägt wurden durch den Bakteriologen Robert Koch. Hierbei war ein neuartiges Mikroskopieverfahren, das er erstmals 1878

¹³⁶ Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen Düsseldorf / Zürich 1997, Kapitel Wundinfektionen, S. 289- 338; S.322- 326

¹³⁷ Cheline, L.F.: Leben und Werk des Phillip Ignaz Semmelweis, Wien 1980 ; S. 38

¹³⁸ Schmitt, W.: Anti- und Asepsie im Wandel der Zeiten, Zentralblatt für Chirurgie 1979, Bd. 104, S. 625- 630; S. 626- 627

anwendete, von großer Bedeutung. Es handelte sich um die Ölimmersionstechnik, die ihm, durch den Abbe'schen Beleuchtungsapparat sowie das Färben der Objekte mit Anilinfarben ergänzt, eine bis dahin nie da gewesene Schärfe der Abbildung selbst der kleinsten Bakterienformen bot. Drei Grundsätze mussten nach Robert Koch erfüllt sein, um die Erregerart eines Kontagiums zu beweisen:

- 1.: Das Kontagium muss regelmäßig aus dem erkrankten Organismus nachweisbar sein.
- 2.: Der Keim muss regelmäßig in Reinkultur isoliert werden können.
- 3.: Mit einer solchen Reinkultur muss beim Versuchstier dieselbe Krankheit hervorgerufen werden können.¹³⁹

Mit anderen Worten: „Einer jeden Krankheit entspricht ... eine besondere Bakterienform und diese bleibt, so vielfach auch die Krankheit von einem Tier auf das andere übertragen wird, immer dieselbe.“ (aus: „Über die Ätiologie der Wundinfektionen“ von Robert Koch, Leipzig 1878.)¹⁴⁰

Mit Hilfe dieser drei Grundsätze – gestützt durch moderne Mikroskope und neue feste Nährböden – gelang es 1884 Rosenbach, Staphylokokken und Streptokokken, die auch Koch schon gesehen und gezeichnet hatte, in Reinkultur zu züchten. Alexander Ogston (1844–1929) aus Aberdeen wies durch die Untersuchung von Eiter verschiedener Herkunft auf Objektträgern den Zusammenhang zwischen Staphylokokken und lokalisierten Phlegmonen sowie zwischen Streptokokken und erysipeloiden Prozessen nach und berichtete bereits auf dem Deutschen Chirurgenkongress im Jahre 1880 über „Die Beziehung der Bacterien zur Abcessbildung“.¹⁴¹ Die Erkenntnis, dass Staphylokokken die Ursache der Entstehung von Phlegmonen und Streptokokken die Ursache der Entstehung von Erysipelen waren, bedeutete einen Meilenstein in der Erforschung der Wundinfektionen. Arthur Nicolaier (1862–1942) klärte als Göttinger Medizinstudent den Ursprung einer weiteren Wundinfektionskrankheit, des Wundstarrkrampfs, auf, indem er Wunden, die er an Tieren gesetzt hatte, mit Erde

¹³⁹ Koch, R.: Über die Cholera-bakterien, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1884, Bd. 10, S. 725- 728

¹⁴⁰ Koch, R.: Untersuchungen über die Ätiologie der Wundinfektionskrankheiten, Vogel, Leipzig 1878

¹⁴¹ Mochmann, H.; Köhler, W.: Meilensteine der Bakteriologie, (1. Auflage Jena 1984), 2. Auflage Frankfurt am Main: Edition Wötzel, 1997, Kapitel Wundinfektionen: S. 94- 106; S.103- 105

kontaminierte. Er rief in diesem Versuch mit 12 der 18 Erdproben bei den Tieren Tetanus hervor. Im Wundsekret sah er die trommelschlägerförmigen Tetanusbazillen mit ihren typischen Köpfchensporen. Diese konnte Rosenbach, der sich schon um die Beschreibung der Staphylokokken und der Streptokokken verdient gemacht hatte, ebenfalls in der Wundflüssigkeit tetanuskranker Menschen nachweisen.¹⁴² Shibasaburo Kitasato (1852–1931), einem japanischen Assistenten Robert Kochs, gelang es mit einer verbesserten Methode der Anaerobierzüchtung schließlich, eine Reinkultur der Tetanuserreger zu erzeugen, womit das klassische Bild des Tetanus bei Versuchstieren induziert werden konnte. Für den Schritt, der die Prophylaxe und die Behandlung des Tetanus ermöglichen sollte, war die Arbeit von Emil von Behring (1854–1917) und Shibasaburo Kitasato „Über das Zustandekommen der Diphtherie-Immunität und der Tetanus-Immunität“ grundlegend.¹⁴³ Hierin stellten sie fest, dass das Blut tetanusimmuner Kaninchen tetanusgiftzerstörende Eigenschaften hatte, die auch im entnommenen Blut sowie im zellenfreien Serum vorhanden waren und durch Blut- bzw. Seruminfusion auf andere Lebewesen übertragen werden konnten und danach erhalten blieben.¹⁴⁴ Im Jahre 1896 führten Emil Behring und Paul Ehrlich eine der wichtigsten Errungenschaften auf dem Gebiet der gesamten Medizin ein: die industrielle Herstellung des Tetanus-Antitoxins.¹⁴⁵ Dieses Antiserum war bereits um die Jahrhundertwende erfolgreich, seinen ersten großen Einsatz erhielt es jedoch im Ersten Weltkrieg (1914–1918). Zu Zeiten des Krieges von 1870/71 starben etwa 4 von 1000 Soldaten an Wundstarrkrampf. Im Ersten Weltkrieg fiel diese Rate auf deutscher Seite durch die systematische Verabreichung von Tetanusserum an Verwundete von einem ähnlich hohen Wert auf 4 / 10.000, d.h. auf ein Zehntel.¹⁴⁶

Weniger erfolgreich war die Behandlung des Gasbrandes, da es keine Serumprophylaxe dagegen gab. Zwar hatte Eugen Fraenkel (1853–1925) im Jahre 1893 den Erreger des Gasbrandes identifiziert, doch waren es im Ersten Weltkrieg vor allem die Zertrümmerungsverletzungen durch Granatschüsse, die den Gasbranderregern ideale

¹⁴² Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen Düsseldorf / Zürich 1997, Kapitel Wundinfektionen, S. 289- 338; S. 334

¹⁴³ Behring, E.v., Kitasato, S.: Über das Zustandekommen der Diphtherie-Immunität und der Tetanus-Immunität bei Thieren, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1890, Bd. 16, S. 1113- 1114

¹⁴⁴ Ebenda

¹⁴⁵ Ebenda

¹⁴⁶ Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen ...: Kapitel Wundinfektionen (S. 289- 338); S.336

Bedingungen lieferten, und alleine auf Seite der Deutschen fielen 100.000 bis 150.000 Soldaten dem Gasbrand zum Opfer. Einzige Möglichkeit, das Fortschreiten des Gasbrandes zu verhindern, war das sofortige Entfernen nekrotischen Gewebes meist durch Amputation im Gesunden. Die Wunde musste dann offengelassen werden, da der Erreger des Gasbrandes (*Clostridium perfringens*) sich anaerob vermehrt.¹⁴⁷

So wie die Erforschung der Bakterien wie auch der Immunität des Menschen wichtige Erkenntnisse für das Verständnis und den Umgang mit Wunden erbrachte, führte die Erforschung der Epithelialisierung im Rahmen der Wundheilung ebenfalls zu einer Weiterentwicklung rund um die Wundheilung. Das spiegelt sich insbesondere in den Arbeiten von Jacques Louis Reverdin (1842–1929) und Carl Thiersch (1822–1895) wider. Thiersch beschrieb die erfolgreiche Transplantation von präparierten Hautlappen auf frische Granulationen und beobachtete dabei die Anastomisierung der Blutgefäße des Transplantates mit denen der Granulationen.

Die Theorie der Wundheilung, die etwa gegen Ende des 19. Jahrhunderts bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts basierend auf den Arbeiten zahlreicher Forscher entstanden war, lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Durch die Verletzung des Gewebes werden Blutgefäße eröffnet und Blut gelangt in den Wundspalt. Durch Verschmutzungen, Kontakt mit unreinen Untersucherhänden, chirurgischen Instrumenten oder Verbänden können Bakterien in die Wunde eindringen. Gewebsthromboplastin wandelt unter Anwesenheit von frei gewordenem Calcium Prothrombin in Thrombin um. Thrombin wandelt, ohne dazu Calcium zu benötigen, Fibrinogen in Fibrin um. Fibrin trägt wesentlich zur Blutstillung der Wunde bei. Im Anschluss an die Blutstillung weiten sich die Gefäße, und die Mobilität der Endothelzellen ermöglicht die Auswanderung der Leukozyten und Makrophagen in den Wundspalt. Diese phagozytieren abgestorbenes körpereigenes Gewebe sowie Fremdkörper und Krankheitserreger, hierdurch kann es zur Eiterbildung kommen. Am Grund der Wunde – bei infizierten Wunden unter dem Eiter – entsteht langsam durch Zellteilung des Bindegewebes neues Bindegewebe. Außerdem entstehen Gefäßknospen in Form der Granulationen. Vom Wundrand her weitet sich das Epithel in zentraler Richtung über die Granulationen hinweg aus. Epithelinseln in der Wunde können von erhalten gebliebenen Haarbälgen ausgehen. Schließlich ist die Wunde verschlossen. Diese Theorie der Wundheilung, die um die

¹⁴⁷ Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen.....: Kapitel Wundinfektionen (S. 289- 338); S. 336

Jahrhundertwende im Jahre 1900 bestand, kann auch als Grundmodell der Wundheilung für das 20. Jahrhundert beschrieben werden. Sie wurde seitdem vielfach in Details ergänzt, behielt jedoch in ihren Grundzügen ihre Gültigkeit.

7.2. Joseph Lister und die Karbolsäure

In einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1866 stellte Lister die Frage: „Allein woher kommt es, dass offene Knochenbrüche stets eitern, geschlossene aber, d.h. solche, bei denen die Haut intakt geblieben ist, nie, und wenn die Quetschung noch so groß ist?“ Lister merkte hierzu an: „Hatte nicht Pasteur gezeigt, dass die Luft von Mikroben wimmelt, dass diese kleinsten Lebewesen die Ursache von Gärung und Fäulnis sind?“ Pasteur hatte tatsächlich in einem Experiment im Jahre 1862 nachgewiesen, dass nicht, wie von vielen Wundärzten vermutet, die Luft selbst Ursache von Gärung und Fäulnis war, sondern in der Luft Keime enthalten waren. Durch Erhitzung keimfrei gemachte Nährlösungen blieben in Flaschen, die offen waren, keimfrei, wenn Pasteur den Flaschenhals umbog und lang nach abwärts auszog.¹⁴⁸

Joseph Lister (1827–1912) entdeckte 1864 durch Zufall die Karbolsäure als wirkungsvolles Mittel gegen Fäulnis und Gärung wieder, nachdem sie von Karl von Reichenbach (1788–1869) bereits unter dem Namen Kreosot als Wundantiseptikum eingeführt worden, als solches aber in Vergessenheit geraten war.¹⁴⁹ Er hatte beobachtet, dass mit Karbolsäure vermischemt Abwasser gedüngte Felder weder stanken, noch das darauf befindliche Vieh an den sonst üblichen Erkrankungen litt.¹⁵⁰

Basierend auf seinen Beobachtungen entwickelte Lister nun, um die von Pasteur indirekt nachgewiesenen Luftkeime abzutöten, sein kompliziertes System der Karbolantiseptik, wobei die Luft im Operationsraum kontinuierlich mit Karbolspray aus

¹⁴⁸ Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen...: Kapitel Wundinfektionen, S. 289- 338; S.331

¹⁴⁹ Reichenbach, K. v.: Das Kreosot, ein neuentdeckter Bestandtheil des gemeinen Rauches, des Holzessigs und aller Arten von Teer, Eduard Anton, Halle 1833

¹⁵⁰ Lister, J.: On a new method of treating compound fracture, abscess, etc., The Lancet, 45. Jahrgang 1867, Bd. 1: S. 326- 329, S. 357- 359, S. 387- 389, S. 507- 509; Bd. 2: S. 95- 96; Bd. 1, S. 327

einem Zerstäuber behandelt wurde.¹⁵¹ Außerdem besprühte er die Wundfläche, um bereits dort vorhandene Erreger unschädlich zu machen. Wie erfolgreich Lister mit seiner antiseptischen Chirurgie und Wundbehandlung war, zeigen die Statistiken der Jahre vor Einführung des Karbolsprays und die danach. Bevor Lister die Karbolsäure anwendete, starben von 35 amputierten Patienten 16, dies entsprach einer Sterblichkeit von 45,7 %. In den drei Jahren nach der Einführung der Karbolsäure lag sie nur bei 15%. Von 40 amputierten Patienten waren nur 6 verstorben.

7.3. Erste medizinische Schulen – Professionalisierung der Wundbehandlung in Deutschland

Durch die Neuordnung der medizinischen Ausbildung und den Niedergang des Berufsstandes des Wundarztes änderte sich die Praxis der Wundbehandlung. Im Jahre 1825 wurden in Preußen erstmalig praxisorientierte Elemente in die Ausbildung der akademischen Ärzte integriert, man forderte nun von den Ärzten den Nachweis chirurgischer Kenntnisse.¹⁵² Ein weiterer Schritt zur Integration der Wundbehandlung in den Tätigkeitsbereich des gelehrten Arztes war im Jahre 1852¹⁵³ in Preußen die Zusammenfassung der bis dahin getrennten Professionen der praktischen Medizin, der Wundarznei und der Geburtshilfe zu einem ärztlichen Einheitsstand. Hieraus ergab sich eine wesentliche Aufwertung der Wundbehandlung im Kanon der medizinischen Ausbildung. Folgerichtig wurden im Rahmen der neuen Reglementierungen die Wundärzte aus der Heilkunst verdrängt, im Jahre 1873 fand die letzte Prüfung eines deutschen Wundarztes in Württemberg statt.¹⁵⁴

Von großer Bedeutung für die Fortentwicklung der Wundbehandlung in Deutschland war die Deutsche Gesellschaft für Chirurgie. Die Tatsache, dass sich die Karbolsäure als Wundantiseptikum in Deutschland durchsetzen konnte, während sie in England

¹⁵¹ Lister, J.: On recent improvements in the details of antiseptic surgery, The Lancet, 53. Jahrgang 1875, Bd 1, S. 365- 367, S. 401- 402, S. 434- 436, S. 468- 470, S. 603- 605, S. 717- 719, S. 787- 789; Bd. 1 S. 365- 367

¹⁵² Eckart, W.U.: Geschichte der Medizin, dritte überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998; S. 313

¹⁵³ Ebenda

¹⁵⁴ Groß, D.: Die Verdrängung der Wundärzte aus der Heilkunde in Deutschland 1871 / 1872, Fortschritte der Medizin 1996, Bd. 114, S. 109- 112

lange wenig Beachtung fand, war wesentlich durch die Diskussionen in der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie mitbegründet. Dem Gründungsmitglied Richard v. Volkmann (1830–1889) boten sich in seiner Klinik in Halle derart ungünstige hygienische Verhältnisse, dass er im Jahre 1871 aufgrund der hohen Anzahl von Opfern an Wundinfektionen erwog, die Klinik vorübergehend schließen zu lassen. Er tat dies jedoch nicht und erprobte – beginnend mit dem November 1872 – das Lister'sche Verfahren. Er erzielte damit hervorragende Ergebnisse und hielt auf dem dritten Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im Jahre 1874 einen Vortrag: „Über den antiseptischen Okklusionsverband und seinen Einfluß auf den Heilungsprozess der Wunden“. Darin stellte er seine in den letzten 15 Monaten mit der Karbolsäure gemachten Erfahrungen vor. Sie wurde daraufhin an immer mehr deutschen Kliniken eingeführt. Trotz der Erfolge hoffte Volkmann auf ein besseres Mittel als die Karbolsäure, die er für ein „fatales und nicht einmal ungefährliches Mittel“ hielt.¹⁵⁵ Schon im Jahre 1875 ersetzte Thiersch in Leipzig die Karbolsäure als Antiseptikum durch die Salicylsäure, die in den folgenden Jahren mit der Karbolsäure in Konkurrenz trat. Ein Assistent Volkmanns, H. Ranke, berichtete 1878 über den erfolgreichen Ersatz der Karbolsäure durch Thymol. Schon ein Jahr später wurde über den Thymolverbrauch geschrieben: „Der Thymolverbrauch wurde so stark, dass die Apotheken von den Fabrikanten auf die nächste Ernte der Thymianpflanze vertröstet werden mussten, denn im ganzen Lande war das Mittel durch den chirurgischen Consum vergriffen.“¹⁵⁶ Warum die Karbolsäure in Misskredit geraten war zeigt ein Vortrag Ernst Küsters anlässlich des Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im Jahre 1878: „Über die giftigen Eigenschaften der Karbolsäure“. Er berichtete über Hautreizungen und Hautekzeme sowie Grünverfärbung des Urins bei Operateuren nach längeren Aufenthalten im Operationssaal. Der Tod vieler Chirurgen an chronischen Nierenentzündungen wurde mit der Karbolsäure in Verbindung gebracht.¹⁵⁷ Victor von Bruns (1812–1883) aus Tübingen schließlich schrieb im Jahre 1880 einen Aufruf unter dem Titel „Fort mit dem Spray!“ Er konnte auf eine Erfahrung

¹⁵⁵ Kuester, E.: Geschichte der neueren deutschen Chirurgie, Neue deutsche Chirurgie 1915, Bd.15, S.39- 40

¹⁵⁶ Füller: Beitrag zum Gebrauch des Thymols bei der antiseptischen Behandlung von Wunden und besonders der Verbrennungen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1879, Bd. 5, S. 527- 528, S. 541- 543

¹⁵⁷ Kuester, E.: Geschichte der neueren deutschen Chirurgie...: S. 40

von 2 Jahren ohne die Anwendung des Zerstäubers im Operationssaal zurückgreifen, er ersetzte ihn durch nachträgliches kurzes Spülen der Wunde.¹⁵⁸ Einige Chirurgen verzichteten in der Folge auf den Zerstäuber, andere führten die Anwendung fort, wobei einige davon Thymol oder Salicylsäure nur über die Operationswunde versprühten.¹⁵⁹ Die Geschwindigkeit, mit der die chirurgischen Kliniken in Deutschland auf die Einführung der Karbolsäure und auch ihre Verdrängung durch bessere Mittel reagierten, war ebenfalls wesentlich durch die „Deutsche Gesellschaft für Chirurgie“ mitbegründet. Die Veränderung wurden von Lister nicht kritisiert. Er hatte inzwischen selbst den Wunsch geäußert, die Chemie würde einen Stoff finden, der genauso wirksam wie die Karbolsäure, aber frei von deren Nebenwirkungen sei. Dementsprechend wurden weitere Antiseptika einer klinischen Prüfung unterzogen. Besonders das Sublimat und das Jodoform galten als hoffnungsvoll. Beide, sowohl das Sublimat (quecksilberhaltig) als auch das Jodoform (jodhaltig) konnten jedoch Vergiftungen hervorrufen. Also gerieten sie in die Kritik, und es kam zwangsläufig durch Gustav A. Neuber (1850–1932) in Kiel sowie Robert Koch (1843–1910) und Emil v. Bergmann (1836–1907) in Berlin zu einer neuen Entwicklung: der erste Schritt von der Antisepsis zur Asepsis war getan.

7.4. Lister – Neuber – Von der Antisepsis zur Asepsis

Die krankenhaushygienisch wichtigste Neuentwicklung, die Einführung der sich von der antiseptischen Verfahrensweise nach Lister und seinen Nachfolgern unterscheidenden Asepsis ging zurück auf Neuber. Er war ab 1876 Assistent in der Kieler chirurgischen Klinik unter Friedrich von Esmarch (1823–1908). Dort war durch von Esmarch schon die Lister'sche Gaze durch austrocknende Torfmullverbände und der Lister'sche Gummidrain – zur Ableitung von Sekreten – durch resorbierbaren Knochendrain ersetzt worden. Esmarch hatte auch die noch heute praktizierte Blutleere eingeführt, wobei mit Gummimanschetten das zu operierende Glied blutleer ausgestrichen werden konnte. Nachdem Neuber im Jahre 1884 die von Esmarch

¹⁵⁸ Kuester, E.: Geschichte der neueren deutschen Chirurgie...: S.40

¹⁵⁹ Ebenda

geleitete Kieler chirurgische Klinik verlassen hatte, errichtete er im Jahre 1885 eine eigene Privatklinik in Kiel. Er nutzte die Chance des Klinikneubaus dazu, die von ihm durchdachten aseptischen Prinzipien umzusetzen. Schon die Anzahl der Häuser sollte die Gefahr der Infektionsausbreitung eindämmen. Die Gesamtzahl an 102 Betten verteilte sich auf vier getrennte Häuser und zwei Baracken. Die erste und zweite Abteilung mit zusammen 65 Betten waren in Kiel in drei Häusern und einer Baracke untergebracht, weitere ca. 40 Betten befanden sich in einem Haus und einer Baracke in Gaarden. Jedes Haus hatte ein Entkleidungszimmer, eine Ambulanz und ein Untersuchungszimmer, ein Büro, einen Warteraum und ein Untersuchungszimmer für orthopädische Fälle und je ein Zimmer für Operationen an frischen beziehungsweise chronisch entzündeten Geweben. Diese sinnvolle Aufteilung der verschiedenen Räume führte dazu, dass septische Kranke in einer besonderen Baracke – abgeschieden von den anderen Räumlichkeiten – operiert wurden. Die Luft in den Operationsräumen wurde durch eine Zentralheizung vorgewärmt und durch eine Filteranlage möglichst „pilzfrei“ gemacht. Die Räume selbst wurden regelmäßig desinfiziert. Ebenfalls war für eine sterile Wasserversorgung gesorgt. Vor den Operationen wurden die Patienten gebadet, an den zu operierenden Stellen mit Äther abgerieben und unmittelbar vor der Operation noch einmal geseift, rasiert und mit 5%-iger Karbolsäurelösung abgewaschen. Ärzte sowie übriges Personal reinigten ihre Hände unmittelbar vor Beginn der Operation mit warmem Wasser, Holzfaserbündeln und Seife und rieben sie danach mit sterilisierten Tüchern wiederholt scharf ab. Nur nach der Berührung „sehr infektiöser Stoffe“ wurde eine Desinfektion mit 3-5 %-iger Karbolsäurelösung vorgenommen. Die Bekleidung im Operationssaal bestand aus einem leinenen Rock, einer leinenen Kopfkappe, einer Gummischürze und Gummistiefeln, die Arme waren bis zum Ellbogen entblößt. Hände sollten während der Operation möglichst wenig mit der Wunde in Berührung kommen, daher ließ sich Neuber Schwämme reichen, der Assistent hatte die Aufgabe, die Wunde mit Haken auseinander zu halten. Die Schwämme wurden durch Kalilauge und kochendes Wasser sterilisiert und fanden Gebrauch als Tupfer beim Operieren sowie nach erneutem Sterilisieren beim Verband. Nach dem Gebrauch beim Verband wurden sie vernichtet. Die Operationsinstrumente, die ganz aus Stahl gearbeitet sein sollten, wurden vor dem Gebrauch von einer Serviette umhüllt, für eine halbe Stunde in kochendes Wasser und danach in eine – mit 1%-iger Karbolsäurelösung gefüllte –

Glasschale gelegt. Während der Operation sollte möglichst das Spülen vermieden werden; wenn es doch notwendig wurde, um beispielsweise Blutgerinnsel oder Gewebsfetzen auszuspülen, sollte eine aseptische und indifferente Flüssigkeit verwendet werden, wie sterilisierte 0,6%-ige Kochsalzlösung. Blutungen wurden durch sterilisierte Katgutligatur gestillt. Nach Beendigung der Operation füllte Neuber nach etwaiger Spülung mit 0,6%-iger sterilisierter Kochsalzlösung die Wunde mit sterilisierter (im Sinne Neubers bedeutete sterilisiert gekocht) Gaze aus. Über der Gaze nähte er die Wundränder in kurzen Abständen zusammen und ließ an ein oder zwei Stellen eine anderthalb Zentimeter lange Öffnung, die er sodann von den Seiten her mit in Gaze gehüllten Schwämmen komprimieren ließ, um dann die unter den Nähten liegende Gaze durch Herausziehen zu entfernen. Mit der Gaze entfernte er so überflüssiges Serum und Gewebsreste. Die Wunde war dann verschlossen, gegebenenfalls wurde noch eine Naht durch die Öffnung gelegt. Der Verband bestand dann aus den in gekochter Gaze umhüllten Schwämmen, die mit Heftpflasterstreifen befestigt wurden.¹⁶⁰ Auf antiseptische Substanzen konnte bei diesem Verfahren verzichtet werden. Die aseptische Operation und Wundbehandlung war geboren.

7.5. Von Kiel aus um die Welt – Siegeszug der aseptischen Wundbehandlung

Neubers Klinik sorgte in der medizinischen Fachpresse für erhebliche Resonanz und diente als Vorbild für viele neue Kliniken, die nun nach aseptischen Prinzipien gebaut wurden. Verschiedene Chirurgen modifizierten bzw. ergänzten das aseptische Verfahren und die Änderungen nahmen bald Einzug in alle Operationssäle. William Stewart Halsted (1852–1922) führte in seiner New Yorker Klinik im Jahre 1890 die Gummihandschuhe ein, Paul Fürbringer (1849–1920) befasste sich schon länger mit dem Problem der Händedesinfektion und lehrte im Jahre 1897 als bestes Verfahren die Heißwasser-Alkohol-Desinfektion oder das Waschen mit Alkohol und einem Antiseptikum – meist handelte es sich hierbei um Sublimat. Alle Autoren forderten die Händedesinfektion auch vor dem Anziehen der Handschuhe. Im Jahre 1898 schließlich

¹⁶⁰ Neuber, G.A.: Zur Technik der aseptischen Wundbehandlung, Zentralblatt für Chirurgie 1892, Bd. 19, S. 393- 401

fürhte Mikulicz den Mundschutz ein.¹⁶¹ Die Bekleidung der Ärzte bestand von nun an aus weißer Schutzkleidung. Der vor dem Beginn der aseptischen Ära alltägliche ungewaschene Operationsrock, der voller geronnenem Blut und Eiter war, und als Statussymbol der Chirurgen gegolten hatte, wurde aus den Operationssälen verbannt.

Die von Bergmann'sche Klinik in Berlin vereinte in Perfektion – beginnend mit dem Jahre 1886 – alle aseptischen Methoden. Besonders der von Robert Koch eingeführte Dampfsterilisator, der im Gegensatz zur bis dahin angewendeten Heißluftsterilisation, die auf Pasteur zurückging, auch bakterielle Sporen abtötete, war ein Markenzeichen der neuen aseptischen Methode. Die Veröffentlichung Kurt Schimmelbuschs (1860–1895), eines Assistenten der von Bergmann'schen Klinik aus dem Jahre 1891 in Berlin: „Die Durchführung der Asepsis in der Klinik des Herrn Geheimrat v. Bergmann in Berlin“ war neben Robert Kochs Werk über die Ätiologie der Wundinfektionen aus dem Jahre 1878 einer der großen Meilensteine in der Entwicklung der Wundbehandlung und des Wissens über die Wundheilung. Hierin wurde eine genaue Anleitung zur aseptischen Wundbehandlung gegeben. Schimmelbusch stellte die Unsicherheit antiseptischer Substanzen und die Überlegenheit der mechanischen und thermischen Beseitigung der Keime heraus. Von einem heutigen Operationssaal unterschied sich derjenige zum Ende des 19. Jahrhunderts kaum mehr. Eine wichtige heutige Anwendung der Desinfektion der Haut wurde kurz nach der Jahrhundertwende im Jahre 1908 durch Antonio Grossich (1849–1929) vom städtischen Krankenhaus der italienischen Stadt Fiume bekannt gemacht. Der Patient wurde nach erfolgter Rasur und Waschung entkleidet auf den Operationstisch gelegt und das Operationsfeld breit mit 10-12%-iger Jodtinktur bestrichen. Dann wurde über den ganzen Körper des Patienten ein Leinentuch gelegt, welches bis zum Boden reichte und im Bereiche des Operationsfeldes eine Öffnung vorwies. Um das Operationsfeld herum wurde das Tuch mit kleinen Klemmen befestigt.

Von großer Bedeutung für die Chirurgie und die Wundbehandlung war neben der Asepsis seit dem mittleren Drittel des 19. Jahrhunderts die Einführung der Lachgasanästhesie durch Horace Wells (1815–1848) im Jahre 1844, der Ätheranästhesie durch William T.G. Morton (1819–1868) im Jahre 1846 und der Lokalanästhesie durch William Steward Halsted (1852–1922) im Jahre 1884 und Carl

¹⁶¹ Kuester, E.: Geschichte der neueren deutschen Chirurgie...: S. 45

Ludwig Schleich (1859–1922) im Jahre 1892.¹⁶² Sie ermöglichte endlich eine schmerzfreie Wundbehandlung. Nach dem Einleiten der Narkose wurde das Operationsfeld erneut mit Jodtinktur bestrichen, nach Vollendung der Operation schließlich die Nahtreihe mit Jodtinktur bestrichen und ein steriler Gaze-Verband angelegt.¹⁶³ Die Versorgung frischer Wunden und derer, die von Operationen herrührten, konnte nun in Friedenszeiten unter aseptischen Bedingungen vorgenommen werden.

7.6. Veränderungen auf dem Gebiet der Kriegschirurgie

Die zu Friedenszeiten gegebenen Bedingungen galten nicht für die Kriegschirurgie. Zu Beginn des 19. Jahrhundert, als die großen Entwicklungen der Antisepsis und Asepsis noch in weiter Ferne lagen, wurde auf dem Felde mit dem relativ einfachen Mittel der Kalt- und Warmwasserumschläge gearbeitet. So behandelte Vinzenz v. Kern (1760–1829) alle Wunden, ob sie von Operationen oder von Unfällen herrührten, anfangs mit Eiswasser, „teils um mit selben das Blut zu stillen, teils um zugleich einer heftigen traumatischen Reaktion vorzubeugen“¹⁶⁴ Danach vermied er jedes Ausstopfen der Wunde und ließ sie solange offen, bis „sie an zu glänzen fängt.“¹⁶⁵ Erst im Stadium der Granulation nahm er die Vereinigung der Wunde vor. Hierzu benutzte er Heftpflaster, während die blutige Naht bei ihm nur selten Anwendung fand. Danach legte er für mindestens 24 Stunden abwechselnd kalte und warme Umschläge an, bis dann zum Abschluss ein leichter Verband darüber kam.¹⁶⁶ Schusswunden behandelte er während der Napoleonischen Kriege ebenfalls mit kalten und warmen Umschlägen, alle Salben und Balsame sollten v. Kerns Meinung nach beiseite gelassen werden.¹⁶⁷ Sehr

¹⁶² Sedlarik, K.M.; Johnson, A.: Wundheilung, Fischer-Verlag, Jena 1984: 2. Kapitel: Aus der Geschichte der Wundheilung und Wundbehandlung, S. 25- 41; S.30- 31

¹⁶³ Grossich, A.: Eine neue Sterilisierungsmethode der Haut bei Operationen, Zentralblatt für Chirurgie 1908, Bd. 35, S. 1289- 1292

¹⁶⁴ Kern, V.v.: Die Leistungen der chirurgischen Klinik der hohen Schule zu Wien vom 18. April 1805, bis dahin 1824, Wien 1828; S. 14 ff.

¹⁶⁵ Ebenda

¹⁶⁶ Ebenda

¹⁶⁷ Kern, V.v.: Anleitung für Wundärzte zur Einführung einer einfachern, natürlicheren und minder kostspieligen Methode, die Verwundeten zu heilen. Aus dem Französischen von J.B. Schaul. Stuttgart 1810

Ähnliches war von Phillip v. Walther (1782–1849) zu vernehmen. Er hielt es für einen „Wahnsinn, zu glauben, die Luft bedeute für die Wunde eine Gefahr, indem sie das Miasma übertrage.“¹⁶⁸ Über die Wundbehandlung schrieb er: „Man kann Wunden, Abszesse, Geschwüre und Fisteln heilen, indem man zwei Dritttheile von demjenigen unterlässt, was die jetzt noch angenommenen Regeln der Chirurgie zu thun vorschreiben. Und man kann sie bei dieser Unterlassung schneller, sicherer und auf eine für die Kranken weniger schmerzhaft und beschwerliche Weise als bei der Befolgung jener Regeln heilen.“¹⁶⁹ Die durch Kaltwasserverbände und offene Wundbehandlung gekennzeichnete neue Praxis wurde ebenfalls auf die Behandlung von Verbrennungen übertragen. Dzondi, ein Chirurg aus Halle, schrieb 1816, kaltes Wasser sei zehnmal effektiver als alle anderen bekannten Mittel gegen Verbrennungen, die Anwendung müsse nur rechtzeitig und lange genug durchgeführt werden, bis der Schmerz abklinge, also über Stunden. Zuerst testete er dieses Verfahren an Hunden und an seinem eigenen Finger, mit unbehandelten Kontrollversuchen.¹⁷⁰

Der Übergang von der Hydrotherapie zur antiseptischen Behandlung der Wunden lässt sich am Beispiel des Nikolai I. Pirogoff (1810–1881) nachvollziehen. Er schaffte in seinem Wirkungsbereich den Wundschwamm ab und reinigte Wunden anstatt dessen mit einem Wasserstrahl aus einem Teekessel.¹⁷¹ Die Wunde mit dem Finger oder einer Sonde zu untersuchen – eine weit verbreitete Praxis vom Mittelalter bis zu Zeiten Pirogoffs – hielt er für ein „chirurgisches Kriminalverbrechen“.¹⁷² Pirogoff ließ infizierte Kranke in kleine Isolierräume bringen, Krankenzimmer regelmäßig durchlüften, gebrauchtes Verbandsmaterial vernichten und Instrumente reinigen.¹⁷³ Da es trotz dieser Maßnahmen zu Wundinfektionen kam, schrieb Pirogoff: „Jedes Hospital hat seine Krankheitskonstitution. Sie hängt ab von der Bauart des Hospitals, vom Erdboden und der Örtlichkeit und von der eigenthümlichen Einrichtung und Anordnung

¹⁶⁸ Walther, Ph. v.: Abhandlung über topische Behandlung und über den Verband der eiternden Wunden, Journal für Chirurgie und Augenheilkunde von C. Graefe und Ph. v. Walther, Berlin 1826, Bd. 9, S. 177 ff. , S. 223 ff.

¹⁶⁹ Ebenda

¹⁷⁰ Dzondi, K.-H.: Über Verbrennungen und das einzige sichere Mittel, sie in jedem Grade schnell und schmerzlos zu heilen, Halle 1816

¹⁷¹ Pirogoff, N.I.: Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie, Leipzig 1864; S. 881 ff.

¹⁷² Ebenda S. 275

¹⁷³ Ebenda S. 1 ff.

in den Krankensälen.“¹⁷⁴ Er halte es während des Krieges für das Sicherste, die Hospitäler möglichst zu meiden und an ihrer Stelle auf dem Lande und in der Stadt Wohnhäuser einzurichten, die höchstens 2-3 Kranke aufnahmen.¹⁷⁵ Neben den großen organisatorischen Leistungen für eine saubere Wundversorgung kam Pirogoff das Verdienst zu, den Gipsverband eingeführt zu haben. Zum Gipsverband merkte er an, hierbei müsse das Glied absolut ruhig gestellt werden und im Falle einer Eiterung ein Fenster in den Gips geschnitten werden.¹⁷⁶ Zur Behandlung frischer Wunden gebrauchte er – wie viele seiner Zeitgenossen – einen Verband mit Wasser oder Kamillentee. Bei Eiterungen jedoch – hier zeigen sich die wissenschaftlichen Einflüsse seiner Zeit – verließ er sich nicht allein auf Wasser, sondern wendete Silbernitratlösung an. Bei pyogenen oder putriden Infiltrationen bevorzugte Pirogoff die Jodtinktur.¹⁷⁷

Ein deutsch-russischer Kriegschirurg, der sowohl im Jahre 1871 im deutsch-französischen Krieg als auch in den Jahren 1877/78 am russisch-türkischen Krieg teilnahm, war Carl Reyher (1846–1890). Er berichtete im Jahre 1881 auf dem International Medical Congress in London über seine kriegschirurgischen Erfahrungen. Sein besonderes Verdienst war es, die große Bedeutung der Wundanfrischung (debridement) zu zeigen. Er unterschied Verletzte, die sofort, mittelfristig oder erst spät der chirurgischen Wundversorgung zugeführt wurden. Die Sterblichkeit bei Verwundeten, die auf dem Schlachtfeld sofort ein Debridement und eine Behandlung mit antiseptischen Substanzen erhielten, betrug 23,6% (55 Verwundete, davon 13 Tote). Die Verwundeten, die erst vom Schlachtfeld transportiert wurden, danach dann aber ebenfalls ein Debridement sowie die antiseptische Behandlung ihrer Wunden erhielten lag bei 53,7% (92 Verwundete, davon 42 Tote), fast identisch war die Sterblichkeit der Verwundeten, die erst nach Tagen diese Behandlung erhielten (20 Verwundete, davon 11 Tote).¹⁷⁸ Reyher stellte mit diesen Zahlen klar heraus, dass das Debridieren und die antiseptische Wundbehandlung so früh wie möglich zu erfolgen hatten.

¹⁷⁴ Pirogoff, N.I.: Klinische Chirurgie, eine Sammlung von Monographien, Leipzig 1854; Heft 3, S. 5

¹⁷⁵ Pirogoff, N.I.: Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie, Leipzig 1864; S. 11 f.

¹⁷⁶ Pirogoff, N.I.: Klinische Chirurgie, eine Sammlung von Monographien, Leipzig 1854; Heft 2, S. 11

¹⁷⁷ Pirogoff, N.I.: Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie, Leipzig 1864; S. 877 f.

¹⁷⁸ Reyher, C.: Über primäres Debridement der Schusswunden, in: International Medical Congress, Transactions, London 1881, vol. 2, S. 587- 597

Paul Leopold Friedrich (1864–1916), der durch die neuen Kenntnisse der Bakteriologie beeinflusst wurde, stellte das Debridement auf eine wissenschaftliche Grundlage. Er erzeugte an Meerschweinchen oberflächlich gelegene Muskelwunden und kontaminierte sie mit Gartenerde und Treppenstaub. Die so erzeugten Wunden schnitt er nun nach verschiedenen Zeitabständen komplett im Gesunden aus und vernähte sie primär. Mit diesen Experimenten zeigte er, dass die Wunden, die er nach maximal 6-8 Stunden ausschnitt und vernähte, primär, d.h. ohne Komplikationen, verheilten.¹⁷⁹ Der Zeitraum von 6-8 Stunden entsprach nach Friedrich der Auskeimungszeit des Infektionsmaterials. War ein Debridement allerdings nicht mehr möglich, da der Zeitpunkt des Entstehens der verschmutzten Wunde länger als 8 Stunden zurücklag, so empfahl Friedrich, die Wunde offen zu behandeln.¹⁸⁰

7.7. Neue Verbandsmaterialien durch industrielle Produktion

Die Behandlung mit sauberem Verbandsmaterial war durch eine Entwicklung gewährleistet, die ebenfalls auf eine Neuerung zurückging. Während die Baumwolle bis weit in das 19. Jahrhundert in Europa kaum als Verbandsmaterial angewendet wurde, weil ihre Saugkraft aufgrund ihrer fettigen Konsistenz wesentlich geringer war als die der Leinenstoffe, erhielt sie durch die Möglichkeiten der industriellen Verarbeitung im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts eine starke Aufwertung. Victor von Bruns (1812–1883) verhalf der Baumwolle gegenüber der Leinenscharpie zum Durchbruch, indem er sie durch Kochen mit vierprozentiger Sodalösung entfettete und ihr damit eine größere Saugkraft gab.¹⁸¹ Er empfahl sie zu Beginn des Krieges von 1870/71 als Wundverband. Die Aufnahme der Produktion des Präparates: „Bruns' Wound Dressing Cotton“ oder „Bruns'sche Scharpie-Baumwolle“ durch die Industrie (in Deutschland durch die Firma Paul Hartmann in Heidenheim ab 1871) führte noch vor der Jahrhundertwende zur Ablösung der Leinenscharpie als (seit 2 Jahrtausenden) führendem Verbandsmittel.

¹⁷⁹ Friedrich, P.L.: Die aseptische Versorgung frischer Wunden unter Mittheilung von Thier- Versuchen über die Auskeimzeit von Infectionserregern in frischen Wunden, Archiv für klinische Chirurgie 1898, Bd. 57, S. 288- 310

¹⁸⁰ Friedrich, P.L.: Die Behandlung infektionsverdächtiger und infizierter Wunden, einschließlich der panaritien, phlegmonösen, furunkulösen Entzündungen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1905, Bd. 31, S. 1027- 1032

¹⁸¹ Bruns, V.v.: Über Baumwollschärpie, Schwäbischer Merkur, 2.8. 1870

Auch auf dem Gebiete der Pflaster waren Fortschritte zu verzeichnen. Handelte es sich im Mittelalter dabei noch um Stoffstücke aus Leinen, führten bereits 1870 Sealhorn und Johnson ein selbsthaftendes Pflaster ein, ein weiteres, das auch bei Kälte haftete, brachte der Dermatologe Paul Gerson Unna (1850–1929) mit dem Apotheker Paul C. Beiersdorf (1836–1896) im Jahre 1882 unter dem Namen „Guttaplaste“ auf den Markt. Das auch heute noch bekannte, weiße (durch Zinkoxyd behandelte) Pflaster (Leukoplast) wurde im Jahre 1901 eingeführt.¹⁸² Im 20. Jahrhundert schließlich sollten die auf Kautschukbasis gefertigten Pflaster aus hautfreundlicheren Kunststoffen hergestellt werden.

8. 20. Jahrhundert

Die Zahl der wissenschaftlichen Neuentdeckungen und die Zahl neuartiger Wundverbände, die im 20. Jahrhundert das Wissen und die Behandlungsmöglichkeiten des Arztes gegenüber vorigen Jahrhunderten deutlich erweiterten, kann in ihrer Gesamtheit nicht geschildert werden. Es sollen hier die Grundzüge der Weiterentwicklung der Theorie der Wundheilung und die wichtigsten neuen Wundheilmittel und Behandlungsstrategien dargestellt werden.

Das 20. Jahrhundert wurde durch 2 Weltkriege und eine große Zahl weiterer kriegerischer Auseinandersetzungen in allen Teilen der Welt stark geprägt. Es wurden enorme Anforderungen an die Kriegschirurgie gestellt, die nur mit Hilfe großer wissenschaftlicher und klinischer Anstrengungen bewältigt werden konnten. Insbesondere die Etablierung der Bluttransfusion sowie die intravenöse Volumenersatztherapie zur Behandlung des so genannten Wundchocks (eine in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gebräuchliche, heute nicht mehr angewendete Bezeichnung) sowie die Ergänzung der antiseptischen und aseptischen Wundbehandlung durch die gegen Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelte antibiotische Therapie sollen hier geschildert werden. Die Versorgung von Wunden Schwerverletzter zu Friedenszeiten, die insbesondere durch eine steigende Zahl von Verkehrsunfällen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Unfallchirurgie sehr in Anspruch nimmt,

¹⁸² Schadewaldt, H.: Zur Geschichte des Wundverbandes, Langenbeck's Arch. für Chir. 1975, Band 339, S. 573- 585; S. 583

soll ebenfalls berücksichtigt werden. Parallel zeigte sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine deutliche Zunahme des so genannten metabolischen Syndroms und der Wohlstandskrankheiten. Die Diabetes mellitus Typ II Erkrankung, die Varicosis und die periphere arterielle Verschlusskrankheit sorgen mit steigender Anzahl ihres Auftretens auch für eine steigende Inzidenz von chronischen Wunden. Die enormen Fortschritte in der Forschung auf dem Gebiet der Wundheilungstheorie veränderten die Therapie der chronischen Wunden in diesem Zeitabschnitt ebenso, wie die Erkenntnisse der Kriegschirurgie die Behandlung schwerer Traumata.

8.1. Infizierte Wunden – Neue Behandlungsstrategien

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erhielt insbesondere die Infektionsbekämpfung und die Bekämpfung des Schocks durch größere Blutverluste wichtige neue Impulse. Zur Prävention und Behandlung von Wundinfektionen in den Feldlazaretten des Ersten Weltkriegs entwickelten Alexis Carrel (1873–1944) und Henry D. Dakin (1880–1952) ein spezielles Wundbehandlungsverfahren. Dakin hatte in zahlreichen Studien festgestellt, dass die im ausgehenden 19. Jahrhundert angewendeten Antiseptika Wunden reizten und damit die Wundheilung stören konnten. Aufgrund dessen entwickelte er ein neues Antiseptikum – eine spezielle Hypochloridlösung. Die ätzende Wirkung dieser alkalischen Hypochloridlösung wurde durch die Titration mit einer kleinen Menge an Borsäure aufgehoben.¹⁸³ Die Lösung erreichte unter dem Namen Carrel-Dakin'sche Lösung große Verbreitung. Carrel trug hierzu das System zur Applikation der Lösung bei. Zuerst wurde die Wunde des im Felde verletzten Soldaten gereinigt und evtl. debridiert. Bei der erstmaligen Applikation der Lösung durch kleine Gummischläuche, die man von Verbandstoffen umgeben in die Wunde legte, wurde die Zeit gemessen, die benötigt wurde, um die Verbandstoffe (Gaze) mit der Lösung zu tränken. Kontinuierliche Drainage war ebenfalls durch Gummischläuche gewährleistet. Nach jeweils 2 Stunden wurde nun für exakt die gleiche Zeit Carrel-Dakin'sche Lösung zugeführt. Zusätzlich wurden alle 2 Tage Abstriche von den am meisten infizierten

¹⁸³ Dakin, H.D.: The use of certain antiseptic substances in the treatment of infective wounds, British Medical Journal 1915, S. 318- 320

Stellen der Wunde gemacht und unter dem Mikroskop untersucht. Tauchte in einem Bereich von 5-10 Feldern des Objektträgers nur 1 Bakterium auf, galt die Wunde als „chirurgisch aseptisch“ und konnte ohne Gefahr zugenäht werden. Kleine Wunden konnten manchmal schon nach der ersten bakteriologischen Untersuchung verschlossen werden, große Wunden oft erst nach 6-10 Tagen. Die Carrel-Dakin' sche Lösung war neben Eusol (Edinburgh University Solution, einer Lösung, die ebenfalls auf Chloridbasis hergestellt wurde), das wegen seiner tatsächlichen Wirksamkeit verdienstermaßen weitverbreitetste Antiseptikum im Ersten Weltkrieg. Dennoch wurde der Erfolg Carrels mehr auf sein ausgefeiltes Instillierungs-System zurückgeführt – es wurde von Medizinern und Pflegekräften 3 Wochen lang unter Aufsicht eingeübt – und weniger auf die Lösung selbst.¹⁸⁴

8.2. Antibiotika – Behandlung infizierter Wunden verändert sich

Auch Alexander Fleming (1881–1955) – im Ersten Weltkrieg als Kriegschirurg tätig – hatte sich an der Untersuchung der Wirkung verschiedener Antiseptika beteiligt. Er präsentierte in einer Veröffentlichung von 1919 ähnliche Ergebnisse wie Dakin. Dabei kam er zu dem Schluss, dass die Mehrzahl der Antiseptika den Bakterien weniger schaden als dem körpereigenen Gewebe des Verwundeten, und dass bei bereits bestehenden Infektionen ihre Anwendung von keinem Nutzen sei.¹⁸⁵ Einzig zur Prophylaxe von Wundinfektionen schienen ihm Antiseptika brauchbar. Zur Bekämpfung der Wundinfektionen selbst bedurfte es seiner Auffassung nach einer ganz neuen Form von Therapeutika. Auf seiner Suche nach wirkungsvolleren Medikamenten gegen Infektionen stieß Fleming 1928 schließlich auf eine Schimmelpilzkultur, die eine bakterienwachstumshemmende Wirkung aufwies – er hatte die antibakterielle Wirkung des Penicillins entdeckt.¹⁸⁶ Vorerst jedoch hatte dieses Ergebnis keine Auswirkung auf die klinische Praxis.

¹⁸⁴ Blake, J.A.: Surgical impressions of the World War, Military Surgery 1926, Bd. 58, S. 225- 236

¹⁸⁵ Fleming, A.: The action of chemical and physiological antiseptics in a septic wound, British Journal of Surgery 1919, Bd. 7, S. 99- 129

¹⁸⁶ Fleming, A.: On the antibacterial action of cultures of a penicillium with special reference to their use in the isolation of B. influenzae, British Journal of Experimental Pathology 1929, Bd. 10, S. 226- 236

Ebenfalls auf der Suche nach einer antibakteriellen Substanz war Gerhard Domagk (1895–1964), der die Forschungslaboratorien der I.G. Farben in Elberfeld leitete. Gegen Ende des Jahres 1932 entdeckte er die antibakterielle Wirkung einer Sulfonamidverbindung. Durch Injektion einer 10-fach letalen Dosis einer Streptokokkenkultur bei Mäusen testete er diese Substanz. Eine Hälfte der Versuchstiere bekam im Vergleich zu den unbehandelten nach eineinhalb Stunden die Sulfonamidverbindung injiziert. Die behandelten Mäuse überlebten, die unbehandelten kamen zu Tode. Im Jahre 1935 veröffentlichte er diese Ergebnisse. Sie fanden weltweit großes Interesse und führten zur Testung vieler weiterer Sulfonamidverbindungen.¹⁸⁷ Gerhard Domagk gab seiner Verbindung den Namen Prontosil. Es wirkte gegen Streptokokken, besonders bei Erysipelen; eine andere Verbindung, die im Jahre 1938 in England getestet worden war, eine Sulfapyridinverbindung, war wirksam gegen Pneumonieerreger. Im Zweiten Weltkrieg wurden die Sulfonamide systemisch angewendet und zur Bekämpfung von Wundinfektionen als Pulver in Wunden appliziert.

Bei den Alliierten setzte im Zweiten Weltkrieg mit dem Knappwerden der Sulfonamide eine fieberhafte Suche nach neuen antibakteriellen Substanzen ein. Im Jahre 1941 wurde erstmals einem Patienten mit einer Wundinfektion Penicillin verabreicht. Nach vielversprechendem Therapiebeginn verstarb der Patient jedoch, weil das Penicillin zur weiteren Behandlung ausgegangen war. Howard Florey (1898–1968) nahm nun die industrielle Fertigung des Penicillins in Angriff. Mit dem Eintritt der USA in den Zweiten Weltkrieg und der Aufnahme der Massenproduktion des Penicillins durch die amerikanische Firma Pfizer begann der breite Einsatz dieser Substanz bei den Alliierten.¹⁸⁸ Die Wirkung war so hervorragend, dass kaum ein verwundeter Soldat mehr an einer Wundinfektion verstarb. Das war ein Novum in der Geschichte der Wundbehandlung. Die deutschen Streitkräfte wendeten weiterhin das Sulfonamidpulver an. Das Prontosil, welches von Gerhard Domagk durch Tierversuche in seiner Wirkung bereits vor dem Zweiten Weltkrieg erforscht worden war, erwies sich in der Behandlung verletzter und infizierter Patienten als wirkungsvoll. Domagk konnte den 1939 „für die

¹⁸⁷ Domagk, G.J.P.: Ein Beitrag zur Chemotherapie der bakteriellen Infektionen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1935, Bd. 61, S. 250- 253

¹⁸⁸ Sedlarik, K.M.; Johnson, A.: Wundheilung, Fischer-Verlag, Jena 1984: 2. Kapitel: Aus der Geschichte der Wundheilung und Wundbehandlung, S. 25- 41; S. 37- 38

Entdeckung der antibakteriellen Wirkung des Prontosil“ zugesprochenen Nobelpreis für Medizin aufgrund der politischen Situation erst 1947 entgegennehmen. Alexander Fleming (1881–1955), Ernst Boris Chain (1906–1979) und Howard Walter Florey (1898–1968) erhielten 1945 den Nobelpreis für Medizin „für die Entdeckung des Penicillins und seiner therapeutischen Wirkung bei verschiedenen Infektionskrankheiten“.

In Frankreich war die Tetanusimpfung für Militärpersonal und Sanitäter schon seit 1936 Pflicht, andere Länder folgten.¹⁸⁹ Die Tetanusinfektion wurde daher im Kriege wesentlich seltener. Gegen den Gasbrand jedoch gab es kein wirksames Mittel (auch Prontosil und Penicillin halfen nicht) und viele Verwundete fielen dieser Art von Infektion zum Opfer.

8.3. Antibiotikaresistenzen und Hospitalismuseime

In den Jahren nach 1945 wurden verwundete Patienten zunehmend prophylaktisch mit Sulfonamiden und Penicillin sowie weiteren neu entdeckten Antibiotika behandelt. Schon im Jahre 1949 erschien dies von Redwitz ungerechtfertigt, denn er konnte keine Unterschiede in der Zahl aufgetretener Wundinfektionen zwischen rein chirurgisch behandelten und solchen, die zusätzlich mit Sulfonamiden oder anderen Antibiotika behandelt wurden, feststellen. Die Warnungen vor allzu kritikloser Antibiotikaaanwendung erhielten mit dem Auftreten zunehmender Resistenzen der Staphylokokken gegen Penicillin und Streptomycin ab 1951 noch höhere Dringlichkeit. Es traten nun tödliche Enteritiden mit resistenten Staphylokokken auf. Etwa ab 1954 verschwanden die Sulfonamide aus der Wundbehandlung, das Penicillin wurde nun in systemischer Gabe das überragende Mittel in der Infektionsbekämpfung. Die Resultate waren, solange keine resistenten Keime vorlagen, wie schon im Zweiten Weltkrieg gut: Erysipele durch Streptokokken-Infektionen konnten ebenso wie Osteomyelitiden durch Infektion mit Staphylokokken effektiv bekämpft werden. Überlegungen, die Antibiotika bei Operationen schon prophylaktisch einzusetzen und die Möglichkeit der Antibiotikatherapie bei auftretenden Infektionen führten mancherorts jedoch zu einer

¹⁸⁹ Grosbius, S.; Goulon, M.: Le traitement du tétanos, Revue du praticien 1998, Bd. 48, S. 478-481

nachlässigeren Wundbehandlung. Im Jahre 1957 stellte Rehn fest, „dass die medikamentöse Prophylaxe mit Sulfonamiden und Antibiotika für die Therapie der Gelegenheitswunde keine Bedeutung besitzt“. Diese Ansicht verbreitete sich in Deutschland schnell, während in Amerika zwischen 1960 und 1962 die ersten Nachrichten über den Staphylokokkenhospitalismus verlauteten. Da in Europa der zurückhaltende Umgang mit Antibiotika früher eingesetzt hatte, verbreitete sich der Hospitalismus im Vergleich zu Amerika erst 2-3 Jahre später, es kam jedoch zu einem Erregerwechsel zur gramnegativen Seite. Die typischen Hospitalismuskeime waren beginnend mit dem Jahre 1964 *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Proteus* und *Pseudomonas aeruginosa*.¹⁹⁰ Mit Hilfe der Statistik und der Mikrobiologie wurden die so genannten Hospitalismus-Keime regelmäßig im Hinblick auf ihre Gefährlichkeit und Ausbreitung untersucht. In den 80er und 90er Jahren wurden vermehrt so genannte multiresistente Keime, d.h. solche Keime, die gegen die meisten erhältlichen Antibiotika eine Resistenz erworben hatten, festgestellt. Diese so genannten MRSA- oder ORSA-Keime (Methicillin- bzw. Oxacillin- resistente Staphylokokkenarten) sind heute auf chirurgischen Stationen gefürchtete Erreger schwerer Staphylokokkeninfektionen, die jeweils eine Isolierung der Patienten erfordern. Durch das Auftreten der Antibiotika-Resistenzen kam es gewissermaßen zur „Wiedergeburt“ der Antiseptika. Während unter den sich noch im Gebrauch findenden Antiseptika nach dem Zweiten Weltkrieg die Jodophore (PVP-Jod) sehr verbreitet waren, gewann in den 90-er Jahren eine Biguanidlösung unter dem markengeschützten Namen Lavasept sowie 8-Chinolinolsulfat unter dem geschützten Markennamen Chinosol an Bedeutung.¹⁹¹ Diese Antiseptika zeichnen sich – wie bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Carrel und Dakin gefordert – durch ausgesprochen gewebeschonende Eigenschaften aus.

¹⁹⁰ Schmitt, W.: Chirurgische Infektionen, in: Chirurgie im Wandel der Zeit 1945 - 1983, Berlin 1983, S. 56 – 62

¹⁹¹ Willenegger, H.: Lokale Antiseptika in der Chirurgie- Wiedergeburt und Weiterentwicklung, Unfallchirurgie 1994, Bd. 20, S. 94- 110; S. 95

8.4. Blutung und Schock – Fortschritte in der Therapie

Genauso entscheidend wie die Prophylaxe und Therapie der Infektionen war die Bekämpfung des Schocks bei Schwerverletzten. Zu Zeiten des Ersten Weltkriegs definierte man den Schock meist als Wundchock und unterschied dabei den primären von dem sekundären Wundchock. Der primäre Wundchock wurde auf eine reflektorischen Weitstellung der Gefäße infolge einer Störung des Nervensystems bei der Verletzung zurückgeführt.¹⁹² Als Ursache des sekundären Wundchocks galt die Sepsis. Ziegler definierte sie 1885 als „eine Vergiftung des Organismus durch Toxine, Toxalbumine, Fermente und andere Produkte bakteritischer Zersetzung...“¹⁹³ Des Weiteren vermutete man, untergehendes körpereigenes Gewebe könne toxische Stoffe freisetzen. Diese sollten eine erhöhte Permeabilität der Kapillarwände verursachen. Hierdurch kam es zum Versickern von Blutplasma in Lymphräume, dies wiederum ergab ein reduziertes Blutvolumen im Blutkreislauf.¹⁹⁴ Durch die Einführung der Armmanschette durch Riva-Rocci (1890) in der Kombination mit der Korotkow-Auskultation (1905) stand ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des systolischen und diastolischen Blutdrucks zur Verfügung.¹⁹⁵ Beide Blutdruckparameter sind im Schock stark erniedrigt. Schockpatienten sind außerdem gekennzeichnet durch kaltschweißige Haut, Blässe, flache Atmung und einen schnellen, fadenförmigen Puls. Walter Bradford Cannon (1871–1945) erforschte im Jahre 1917 den Ablauf des so genannten Wundchocks anhand von Blutproben. Er stellte fest, dass das Blut des Schockpatienten, nachdem es ins Kapillarbett gesackt war, 2 Millionen mehr Blutkörperchen pro Milliliter aufwies als das Blut aus der Armvene des Patienten. Außerdem fand er bei Blutanalysen eine deutliche Azidose des Blutes, die mit dem Ausprägungsgrad des Schocks korrelierte.¹⁹⁶ Um der starken Azidose bei

¹⁹² Hardaway, R.M. 3rd.: Care of the wounded of the United States Army from 1775 to 1991, Surgery, gynecology & obstetrics 1992, Bd. 175, S. 74- 88; S. 75 ff.

¹⁹³ Kreymann, G.; Wolf, M.: Geschichte und Definition der Sepsis- Brauchen wir eine neue Terminologie ?, Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 1996, Bd. 31, S. 9- 14

¹⁹⁴ Hardaway, R.M. 3rd.: S. 76

¹⁹⁵ Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 3, S. 1220

¹⁹⁶ Benison, S.; Barger A.C.; Wolfe, E.L.: Walther B. Cannon and the mystery of shock: a study of anglo- american co-operation in World War I, Medical History 1991, Bd. 35, S. 217- 249; S. 224- 226

Schockpatienten entgegenzuwirken, begann Cannon mit der oralen Applikation von Bikarbonat (in schweren Fällen intravenös) und erzielte damit gute Ergebnisse.¹⁹⁷

Die Entdeckung des ABO-Blutgruppensystems durch Karl Landsteiner (1868–1943) aus dem Jahre 1900, die zwischenzeitlich in Vergessenheit geraten war, erlangte im Ersten Weltkrieg nach dem Auftreten von Komplikationen bei direkten Blutübertragungen wieder starke Aktualität insbesondere in der Schocktherapie. Oswald H. Robertson (1886–1966) baute basierend auf den Kenntnissen Karl Landsteiners die erste Blutbank der Welt an der Westfront des Ersten Weltkriegs auf. Er sammelte das Blut von so genannten „Universalspendern“ der Blutgruppe 0 durch Venenpunktion und leitete es durch Gummischläuche in Glasbehälter, worin es in Zitrat und Dextrose unter Eis-Kühlung etwa 4 Wochen zu konservieren war. Dadurch war wesentlich mehr Blut verfügbar als bei dem System der Direktübertragung von Blut.¹⁹⁸ So wie Carrel und Dakin ihr Instillationssystem der Antiseptik durch Schulungsmaßnahmen zu einer weiten Verbreitung führten, vermittelten auch Cannon und Robertson in so genannten „training camps“ ihr Wissen über die Schockbehandlung.

Neben der Volumenersatztherapie ist auch die operative Versorgung von Blutgefäßen von großer Bedeutung für die Prognose einer Kriegsverletzung. José Goyanes hatte im Jahre 1906 erstmals an einem Menschen eine Arterienüberbrückung vorgenommen, und Erich Lexer nahm im Jahre 1907 eine autologe Venenverpflanzung als Arterienersatz vor. Das Prinzip der Umgehung einer Arterie geht auf Ernst Jeger (1913) zurück. Alexis Carrel, dessen Verdienst für die antiseptische Wundbehandlung im Ersten Weltkrieg bereits geschildert wurde, erhielt im Jahre 1912 unter anderem für seine experimentellen Arbeiten auf dem Gebiet der wiederherstellenden Arterienchirurgie den Nobelpreis für Medizin und Physiologie. Deutsche Chirurgen arbeiteten im Ersten Weltkrieg intensiv an der Fortentwicklung der operativen Arterienversorgung. Durch die Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahre 1895 ergab sich einige Jahrzehnte später die Möglichkeit der röntgenologischen Darstellung der Arterien. Egaz Moniz (1927) und Dos Santos (1928) führten die so genannte Extremitäten-Arteriographie ein.¹⁹⁹ Arterielle Gefäßverengungen wurden hierdurch gut sichtbar.

¹⁹⁷ Benison, S.; Barger A.C.; Wolfe, E.L.: Walther B. Cannon and the mystery of shock...: S. 224- 226

¹⁹⁸ Robertson, O.H.: A method of citrated blood transfusion, British medical Journal Jahrgang 1918, Bd. 1, S. 477- 479

¹⁹⁹ Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 3, S. 1222

Die femoropopliteale Umgehung mit einem autologen Saphena-Transplantat wurde im Jahre 1948 erstmals von Jean Kunlin vorgenommen. Bereits ab dem Jahre 1952 konnte man auf künstliche Materialien zurückgreifen, wovon sich in der Folge das Dacron als besonders geeignetes Material für künstliche Gefäßprothesen erwies.²⁰⁰ Unter dem Namen „Bypass“ wurde das Verfahren der Implantation von Gefäßprothesen schnell weltweit bekannt. Es hat insbesondere auch bei der Versorgung arteriosklerotisch veränderter Arterien große Bedeutung erlangt. Die Überlebenschancen bei Kriegsverletzten mit Verletzungen an peripheren Arterien wurde durch die Fortentwicklung der Schockbehandlung und den Einsatz der Gefäßchirurgie im 20. Jahrhundert wesentlich verbessert. Auch ein immer schnelleres Krankentransportwesen leistete einen wichtigen Beitrag, was sich beispielsweise an der Versorgung Kriegsverletzter im Vietnam-Krieg zeigte. Bevor ein verletzter Soldat – in der Regel per Hubschrauber – in ein Militärkrankenhaus transportiert wurde, bekam er routinemäßig schon am Orte des Kampfgeschehens eine Notfallbehandlung. Diese bestand aus Blutstillung, Anlegen eines provisorischen Verbandes, Atmungskontrolle sowie Einleitung einer Infusionstherapie. Oft dauerte es von dem Auftreten der Verletzung an nur eine Stunde bis zur Einlieferung ins Militärkrankenhaus. Je nach Höhe des Sauerstoffpartialdrucks, der in der Blutgasanalyse schnell bestimmt werden konnte, wurde gegebenenfalls sofort eine künstliche Beatmung vorgenommen. Über einen Katheter wurde außerdem Ringer-Laktat-Lösung und Blut infundiert, die Infusionsmenge richtete sich nach dem ebenfalls gemessenen zentralvenösen Druck. Das akute Nierenversagen während des Schocks, welches schon im Korea-Krieg Gegenstand der Forschung gewesen war, behandelte man mit einer künstlichen Niere. Defibrillatoren für den Fall des Kammerflimmerns standen ebenfalls bereit.²⁰¹

Durch den schnellen Verletzentransport betrug die Sterblichkeitsrate im Vietnamkrieg in amerikanischen Militärhospitälern nur 1,81 %, während sie auf Seiten der Amerikaner im Zweiten Weltkrieg noch 3,3 % und im Korea-Krieg 2,4% betrug. Noch deutlicher waren die Fortschritte im Bereich der Abdominalverletzungen. Im Zweiten

²⁰⁰ Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 5, S. 2525

²⁰¹ Hardaway, R.M. 3rd.: Care of the wounded of the United States Army from 1775 to 1991, Surgery, gynecology & obstetrics 1992, Bd. 175, S. 74- 88; S. 87

Weltkrieg betrug die entsprechende Sterblichkeit 21%, im Korea-Krieg 12% und im Vietnam-Krieg schließlich nur 4,5%.²⁰²

8.5. Behandlung primär heilender Wunden

Im folgenden soll nun der Ablauf der Versorgung frischer Wunden in der zivilen Chirurgie dargestellt werden. Für die Wundnaht standen ab 1939 Fäden aus synthetischen Stoffen, wie Polyamiden, Perlon und Nylon zur Verfügung.²⁰³ Nach dem Zweiten Weltkrieg ergaben sich Verbesserungen durch die Einführung der Polyester, die sich durch große Reißfestigkeit und gute Gewebeverträglichkeit auszeichneten. Im Jahre 1970 kamen die Polyglykole (Dexon) und im Jahre 1974 die Polyglactine (Vicryl) hinzu.²⁰⁴ Von den nahtlosen Wundverschluss-Techniken wurden seit 1940 bereits Fibrinkleber, seit 1960 auch Acryl-Kleber angewendet.²⁰⁵

Bei Patienten, die primär oder durch suffiziente Schockbehandlung nicht vital gefährdet sind und deren Wunden noch nicht älter als 8 bis 14 Stunden sind (Auskeimungszeit der Bakterien) bzw. nicht hoch infektionsgefährdet sind, wird zurückgehend auf Friedrich die primäre Wundnaht angestrebt. Nach erfolgter Wundreinigung, Rasur, Lokalanästhesie, Desinfizierung sowie steriler Lagerung der verletzten Körperregion und Abdeckung mit einem Lochtuch wird – sofern es sich nicht um einfache kleine Schnittwunden mit sauberen Wundrändern handelt – vom steril gekleideten Operateur unter strikt sterilen Bedingungen die Wundausschneidung nach Friedrich durchgeführt. Die Wundnaht erfolgt mit sterilen resorbierbaren Fäden.

Ist eine Wunde beispielsweise aufgrund weit ausgedehnter Weichteildefekte, die weder primär noch verzögert primär versorgt werden konnten, älter als 7 Tage und ist es bereits zu Granulationen am Wundgrund gekommen, wird die so genannte Sekundärnaht angewendet. Da hierbei häufig die Wundränder nicht komplett angenähert werden können, muss entweder ein schrittweises Annähern der Wundränder

²⁰² Hardaway, R.M. 3rd.: Care of the wounded of the United States Army from 1775 to 1991, Surgery, gynecology & obstetrics 1992, Bd. 175, S. 74- 88; S. 86

²⁰³ Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950; S. 950

²⁰⁴ Kuijjer, P.J.: Geschiedenis van het genezen; de wondhechting, Ned. Tijdschr. Geneesk., 1998, Bd. 142, S. 473- 479; S. 477

²⁰⁵ Lick, R.F. et al.: Zum nahtlosen Wundverschluss durch Kleben, Medizinische Klinik 1967, Bd. 62, S. 321- 323

durch vorgelegte Fäden, Klammern oder Gummizüge (dynamische Sekundärnaht) oder eine Deckung des Wundspalts mit freien Hauttransplantaten erfolgen.²⁰⁶

Für die Behandlung Schwerverletzter mit komplizierten Weichteilverletzungen wurde in den 50er Jahren durch Marc Iselin (geb. 1898), einen französischen Chirurgen mit spezieller Qualifikation auf dem Gebiet der Handchirurgie das Verfahren der aufgeschobenen Dringlichkeit (urgence différée, 1954) und später der Dringlichkeit mit aufgeschobener Operation (urgence avec opération différée, 1957) eingeführt.

Hierbei wurden Schwerverletzte zuerst einer gründlichen Allgemeinbehandlung unterzogen, die aus Schockbekämpfung, psychischer Sedierung und Gabe von Antibiotika und Vitamin C bestand. Bei der Wundversorgung wurde auf ein Debridement verzichtet und die Wunde wurde auch nicht verschlossen. Es erfolgte eine äußerliche Reinigung, stärkere Blutungen wurden gestillt, grobe Fremdkörper entfernt, und schließlich badete man die Wunde in antiseptischer Lösung, verband sie in feuchtem Zustand (Kompressen getränkt mit Cetavlonlösung) und stellte das verletzte Glied durch Schienung ruhig.²⁰⁷ Zwei bis 10 Tage später wurde dann von speziell ausgebildeten Chirurgen wie z.B. Handchirurgen bei komplexen Handverletzungen die Rekonstruktion und der verzögerte primäre Wundverschluss vorgenommen.

Die Dringlichkeit mit aufgeschobener Operation – von Georg wurde später im deutschen Sprachraum der Begriff aufgeschobene Primärversorgung etabliert – hatte gegenüber der sofortigen Primärversorgung den entscheidenden Vorteil, dass nach der Erholung des Patienten die Rekonstruktion der wichtigen Strukturen sowie die aufgeschobene primäre Deckung der Wunde in einem Operationsgang vorgenommen werden konnte, wobei aufgrund des vorhergegangenen Offenlassens der Wunde weder in Narbengewebe noch an geschrumpften Strukturen operiert werden musste. Die Ergebnisse der Rekonstruktion im Rahmen der aufgeschobenen Primärversorgung waren besser als die nach einer Primärversorgung und der Rekonstruktion nach bereits erfolgter Vernarbung.²⁰⁸

²⁰⁶ Lippert, H.: Wundatlas, Wunde Wundbehandlung und Wundheilung, Heidelberg 2001; S.45-50

²⁰⁷ Schink, W.: „Dringlichkeit mit aufgeschobener Operation“ nach Marc Iselin- eine Möglichkeit der Versorgung komplexer Gliedmaßenverletzungen, Der Chirurg 1967, Bd. 38, S. 353- 355

²⁰⁸ Georg, H. et al.: Aufgeschobene Primärversorgung; klinische, tierexperimentelle, bakteriologische und histologische Untersuchungsergebnisse, Langenbecks Archiv für klinische Chirurgie 1965, Bd. 311, S. 413- 430

Durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Mikrochirurgie verlor das Verfahren nach Iselin zwar an Bedeutung, da man in speziellen Zentren immer häufiger eine sofortige primäre Versorgung inklusive einer mikrochirurgischen Rekonstruktion von Blutgefäßen, Nerven und anderen Strukturen vornahm. Bei schweren Polytraumen kommt die aufgeschobene Primärversorgung komplexer Weichteilschäden jedoch auch heute noch zur Anwendung.

8.6. Versorgung brandverletzter Patienten

Die Einteilung der Verbrennungswunden hat bereits eine lange Vorgeschichte. Insbesondere seit der Renaissance erschienen zahlreiche Klassifikationen. Im Jahre 1607 hatte Fabricius Hildanus (1560–1634) Verbrennungen in drei Schweregrade unterteilt: Rötung und Blasenbildung allein standen für eine erstgradige Verbrennung, eine zweitgradige Verbrennung war gekennzeichnet durch einen beginnenden Substanzverlust ohne Verkohlung, bei einer drittgradigen Verbrennung war die Haut verkohlt. Diese Einteilung blieb, abgesehen von kleinen Änderungen, über etwa 2 Jahrhunderte bestehen.²⁰⁹ Fabricius Hildanus hatte bereits Inzisionen an verbrennungsbedingten Kontrakturen vorgenommen und Zugvorrichtungen entwickelt, die über Schienen Gelenkkontrakturen durch Vernarbungen einschränken und zurückbilden konnten. Von Hebra (1816–1880) unterschied im Jahre 1866 ebenfalls 3 Verbrennungsgrade. Verbrennungswunden mit einem Erythem, welches auf Druck abblasst, die mit wenig Schwellung und Schmerz einhergingen, stufte er als erstgradig ein. Für zweitgradig befand Hebra Verbrennungswunden, die eine Blasenbildung aufwiesen und mit einem Verlust der Epidermis und zahlreichen punktförmigen Einblutungen tiefer liegender Hautschichten einhergingen. Verkohlungen aschgrauer, gelber, brauner oder schwarzer Färbung, die trocken und verhärtet waren und der begleitende Verlust der Sensibilität wiesen auf eine drittgradige Verbrennung hin.²¹⁰ Von Hebra gründete als Dermatologe in Wien im Jahre 1861 die Langzeitbehandlung

²⁰⁹ Jackson, D.M.: A historical review of the use of local physical signs in burns, British Journal of Plastic Surgery 1970, Bd. 23,

S. 211- 218; S. 212

²¹⁰ Ebenda S. 215

Brandverletzter im kontinuierlichen Wasserbad bei einer Wassertemperatur von 28 Grad Celsius. Sonnenburg und Tschmarke unterschieden im Jahre 1915 Verbrennungswunden, die von noch intakten tiefen Anteilen der Haut wie Haarfollikeln, Schweißdrüsen und deren Gängen aus heilen konnten und solche, die nur noch vom Rand der Wunde aus heilen konnten, da im Verbrennungsbereich die Haut vollständig zerstört war.²¹¹ Ähnlich formuliert ist eine Klassifikation des National Resaerch Council of Canada aus dem Jahre 1942, nach der im englischen Sprachraum Verbrennungswunden mit „Partial thickness skin-loss“ (die Haut ist zu einem Teil ihrer Dicke / Tiefe zerstört) von Verbrennungswunden mit „Full thickness skin-loss“ (die Haut ist in ihrer vollen Tiefe / Dicke zerstört) unterschieden werden. Die heute gebräuchliche Einteilung der Verbrennungswunden in drei Grade hat sich historisch aus dieser Unterscheidung entwickelt.

Verbrennungen I. Grades sind dadurch definiert, dass sie auf die Epidermis beschränkt sind und dass die Hautschicht, von der die Regeneration ausgeht (stratum basale) komplett erhalten ist. Verbrennungen II. Grades gehen mit einer teilweisen Zerstörung des stratum basale einher. Ist diese Schicht nur oberflächlich geschädigt (Grad IIa), bleiben zahlreiche zur Regeneration fähige Zellen erhalten. Der Grad II a entspricht also dem „partial thickness skin-loss“. Beim Grad IIb sind auch die tiefen Schichten des stratum basale beschädigt und eine Regeneration kann nur noch unter erheblicher Narbenbildung erfolgen (entsprechend einem „deep partial skin-loss“). Bei drittgradigen Verbrennungen sind alle zur Regeneration befähigten Strukturen zerstört (entsprechend dem „full thickness skin-loss“)

In den 50er und 60er Jahren wurde die Durchblutung der Dermis nach Verbrennung als Zeichen einer nur teilweisen Hautzerstörung geprüft, jedoch zeigte sich, dass dieses Kriterium nicht verlässlich war. Als verlässlichstes Unterscheidungskriterium zwischen den Schweregraden I und II einerseits und den Graden II b und III andererseits stellte sich die Schmerzreaktion auf leichte Nadelstiche in die Verbrennungswunde dar. Bei Wunden vom Grad I und Grad IIa ist noch eine adäquate Schmerzreaktion vorhanden. Diese Wunden heilen, unabhängig von ihrem Aussehen, in der Regel innerhalb von bis zu 3 Wochen ohne übermäßige Vernarbung ab. Bei Wunden vom Grad II b („deep partial skin-loss“) ist die Schmerzreaktion bereits sehr stark eingeschränkt oder fehlt. Es

²¹¹ Jackson, D.M.: A historical review...: S. 215

kann nur unter starker Narbenbildung zur Abheilung kommen, evtl. ist bereits eine Hauttransplantation notwendig. Bei drittgradigen Verbrennungen („full thickness skin-loss“) fehlt die Schmerzreaktion und es muss die Entfernung des Verbrennungsschorfs und eine frühe Hauttransplantation erfolgen.²¹²

Auch vor dem 19. Jahrhundert hatte es bereits Versuche zur Hauttransplantation gegeben. Die systematische Erforschung und Einführung dieses Verfahrens begann jedoch im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. Reverdin (1869) begann mit der Transplantation kleiner Hautflächen, wobei er Vollhaut anwendete. Ollier (1872) wendete bereits Transplantate von bis zu 8 cm², wobei er auch Spalthaut verwendete. Thiersch (1886) arbeitete mit Spalthauttransplantationen auf granulierende Wunden. Reverdin, Ollier und Thiersch lieferten die Grundlagen für die Hauttransplantation, die heute, abgesehen von technischen Details noch immer ähnlich durchgeführt wird.²¹³ Bei ausgedehnten Brandflächen jedoch war die frühe Abtragung des Verbrennungsschorfes lange Zeit gefürchtet. Sie wurde nicht vorgenommen, weil es hierbei zu großen Blutverlusten kommen konnte. Außerdem stand in der Regel eine zu transplantierende Haut nicht ausreichend zur Verfügung. Bis in die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts vergingen vom Zeitpunkt der Verbrennung bis zur Hauttransplantation in der Regel bis zu 3 Wochen.²¹⁴ Bereits in den 60er Jahren jedoch wurden schon Verkohlungen von einer Ausdehnung bis zu 60% der Gesamtkörperoberfläche frühzeitig entfernt (Nekrektomie). Die temporäre Deckung mit Fremdhaut (z.B. Schweinehaut) oder Kunsthaut (z.B. aus Polyurethan) sowie die Möglichkeit der Erstellung von Gitterhauttransplantaten („mesh-grafts“) aus körpereigener Haut des Patienten sowie später auch Mischformen davon ermöglichten bereits eine frühe Deckung großer Wundflächen. So werden inzwischen in heterologe Schweinehauttransplantate oder menschliche Spenderhauttransplantate („homologe Transplantate“) autologe (aus intakter Haut des Patienten bestehende) Inseln gesetzt. Dadurch können Patienten mit höchstgradigen Verbrennungen überleben.²¹⁵

²¹² Jackson, D.M.: A historical review...: S. 16

²¹³ Hauben, D.J.: On the history of the free skin graft, *Annals of plastic surgery* 1982, Bd. 9, S. 242- 246; S. 245

²¹⁴ Constable, J.D.: The state of burn care: past, present and future, *Burns* 1994, Bd. 20, S. 316- 324; S.319

²¹⁵ Bäumer, F.; Henrich, H.A.: Historische Entwicklung der Lokalbehandlung von Verbrennungen, *Fortschritte der Medizin* 1989, Bd. 107, S. 319- 320

Sehr wichtig bei der Behandlung von Brandverletzten ist die begleitende Infusionstherapie. Bereits im Jahre 1862 hatte Baraduc beobachtet, dass bei Brandverletzten das Blut sehr viel seröse Flüssigkeit abgibt, dadurch dickflüssiger wird und schwerer durch die Blutgefäße fließen kann. Folgerichtig forderte er für Brandverletzte, viel zu trinken und behandelte in Kooperation mit Bädern und Flüssigkeitseinläufen.²¹⁶ Tommasoli infundierte im Jahre 1897 bei schweren Verbrennungen Salzlösungen.²¹⁷ Heute werden bei größeren Verbrennungen großlumige periphere Venenzugänge gelegt und je nach Ausbreitung der Verbrennungswunde muss eine Analgesie und eine Schockprophylaxe bzw. Schockbehandlung mit Ringer-Lösung erfolgen, um den beträchtlichen Verlust an Flüssigkeit auszugleichen. Es gibt spezielle Formeln nach Parkland und Baxter, anhand derer der tägliche Flüssigkeitsbedarf bestimmt wird.²¹⁸ Durch moderne Hauttransplantationsverfahren, Infusionstherapie, Antibiotika sowie spezielle Lagerungsverfahren können heute Patienten mit hochprozentigen tiefen Verbrennungswunden überleben.

8.7. Fortschritte in der Wundheilungstheorie – Konsequenzen für die Praxis

Die Neuerungen auf dem Gebiet der primären Wundversorgung frischer Wunden waren oft nicht unmittelbar bedingt durch Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Theorie der Wundheilung. Diese wirkten sich eher bei der Behandlung chronischer Wunden aus. Die Wundheilung wird in verschiedenen Veröffentlichungen meist in drei Phasen unterteilt: die Exsudationsphase, die Granulationsphase und die Remodellierungsphase. Die Exsudationsphase umfasst die Wundheilungsvorgänge der Blutgerinnung und der Entzündungsreaktion. Zu zeitlichen Überschneidungen kommt es auch mit der Reepithelialisierung, die sich letztlich in allen drei Phasen parallel abspielt. In der Granulationsphase wachsen neue, noch unfertige Bindegewebsstrukturen sowie neue

²¹⁶ Baraduc, H.: Des causes de la mort en la suit des brulures superficiéles, Paris 1862, Bailliérré, S. 1- 47

²¹⁷ Tommasoli: Le iniezioni di sieri artificiali come metodo per insongiarare la morte nelle scottature, Riforma medica (Napoli) 1897, Bd. 13, S. 39- 41

²¹⁸ Baxter, C.: Guidelines for Fluid Resuscitation, Journal of Trauma 1981, Bd. 21, S. 687 ff.

Blutgefäße heran. In der Remodellierungsphase schließlich kommt es zur Organisation des Bindegewebes sowie zum Absterben überzähliger Blutgefäße. Der Prozess der Reepithelialisierung findet ebenfalls seinen Abschluss.

8.8. Blutgerinnungsphase

Die Wundheilung wird eingeleitet durch den wichtigen Schritt der Blutgerinnung, der zur Exsudationsphase gehört. Das Modell der extrinsischen Blutgerinnung (zurückgehend auf Paul Morawitz (1879–1936)) beschrieb um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert bereits wichtige Gerinnungsabläufe (siehe Seite 47-48).

In den 40-er bis 60-er Jahren fanden sich jedoch Hinweise auf einen anderen Weg der Gerinnungsaktivierung. So trennte Conley im Jahre 1949 normales Plasma ohne Hinzugabe von gerinnungshemmenden Substanzen mit Hilfe einer Zentrifugation von den Blutzellen. Als er das Filtrat einer Glasoberfläche aussetzte, kam es spontan zur Gerinnung. Untersuchungen in den Jahren 1955–1958 zeigten, dass ein bestimmter Gerinnungsfaktor die Gerinnung durch Kontakt an der negativ geladenen Glasoberfläche einleitete. Basierend auf dieser Entdeckung wurde in den 60-er Jahren schließlich der intrinsische Weg der Blutgerinnung entdeckt.²¹⁹ Beide Wege der Blutgerinnung waren somit seit den 60-er Jahren im wesentlichen aufgeklärt.

Der dem Blutgerinnungsweg entgegengesetzte Prozess wurde zurückgehend auf Dastre Fibrinolyse genannt. Dastre hatte bereits im Jahre 1893 die Auflösung des Fibrins im Serum beschrieben. Im Jahre 1928 wies Demuth eine Aktivierung des gerinnungshemmend wirkenden Plasminogens durch Substanzen des Gewebes nach. Zusammengefasst gibt es etwa seit den 60-er Jahren die folgende Ansicht über die Vorgänge der Blutgerinnung und beginnenden Wundheilung: Die Verletzung bewirkt eine Beschädigung von Gefäßinnenwänden (Endothel) mit reflektorischer Vasokonstriktion. Thrombozyten binden über einen bestimmten Gerinnungsfaktor an negativ geladenes freiliegendes Kollagen. Thrombozyten werden vorrangig hierdurch

²¹⁹ Ratnoff, O.D.: Blood clotting mechanisms: an overview, in: Ogston, D., Bennet, B.: Haemostasis: Biochemistry, physiology and pathology, Wiley and Sons, London 1977, Kapitel 1, S. 1- 24; The formation of thrombin via the intrinsic pathway of coagulation, S. 8- 15

aktiviert und präsentieren einen Fibrinogenrezeptor. Gewebsthromboplastin aus dem verletzten Endothel setzt eine ganze Kaskade von Gerinnungsvorgängen in Gang, an dessen Ende die Aktivierung des Prothrombins zu Thrombin steht. Dieses Thrombin spaltet Fibrinogen zu Fibrin. Fibrin vernetzt die Thrombozyten über die funktionellen Fibrinogenrezeptoren (s.o.) untereinander, wobei die Fibrinstränge selbst durch Fibronectin (Faktor XIII) quervernetzt werden. Die einwandernden Fibroblasten binden über Fibronectin an Fibrin. Hierdurch entsteht der Gerinnungspfropf, der die Wunde verschließt. Überschießende Thrombosierung wird u.a. durch Plasmin verhindert.

8.9. Wachstumsfaktoren aus Thrombozyten fördern die Wundheilung

Die Thrombozyten besitzen nicht nur eine herausragende Bedeutung für die Blutgerinnung. So setzen sie bei der beginnenden Wundheilung Wachstumsfaktoren frei, die weitere Wundheilungsvorgänge stimulieren. Erstmals isoliert wurde ein solcher Faktor im Jahre 1974 von Ross und Mitarbeitern aus dem geronnenen Blut von Affen.²²⁰ Dieser Faktor beschleunigte das Wachstum einer Zellkultur glatter Muskelzellen aus Arterien. Er kam in thrombozytenarmem Plasma nicht vor. Außerdem reagierten Thrombozyten nach Versetzen mit Thrombin mit der Sezernierung dieses Faktors. Folgerichtig nannte man diesen Faktor PDGF (platelet derived growth factor). Später wurde jedoch festgestellt, dass dieser Faktor auch aus Makrophagen, Fibroblasten, Endothelzellen und anderen Zellarten freigesetzt werden konnte. Im Anschluss an die Blutstillung werden durch das aus den Thrombozyten freigesetzte PDGF Fibroblasten, glatte Muskelzellen, Mesenchymzellen und Entzündungszellen angelockt, die im weiteren Verlauf sehr wichtig für die Wundheilungsprozesse sind. Es folgten zahlreiche Experimente, in denen man versuchte mit PDGF Wundheilungsvorgänge im Reagenzglas zu beschleunigen. Schließlich erlangte die topische (lokale, oberflächliche) Verabreichung des rekombinanten Einzelfaktors PDGF-BB die Marktreife. Unter dem Namen Becaplermin-Gel ist der rekombinante Faktor PDGF-BB in den Vereinigten Staaten seit 1997 als Medikament für die Therapie

²²⁰ Ross, R. et al.: A platelet- dependent serum factor, that stimulates the proliferation of arterial smooth muscle cells in vitro, Proceedings of the National Academy of Sciences USA 1974, Bd. 71, S. 1207- 1210

diabetischer Ulzera zugelassen worden.²²¹ Seine Anwendung stellt jedoch lediglich in speziellen Wundheilungszentren eine sehr kostenintensive Zusatzoption zur herkömmlichen Wundbehandlung schwerer diabetischer Fußulzera dar.

8.10. Entzündungsphase

Als weiterer Teil der Exsudationsphase schließt sich an die Blutgerinnung die Entzündungsphase an. Leukozyten und Monozyten wandern 2-4 Stunden nach der Verletzung, angelockt durch PDGF und andere Wachstumsfaktoren und Botenstoffe sowie durch Fremdkörper, Zelltrümmer und Bakterien, in den Wundspalt ein. Hier phagozytieren sie Gewebstrümmer und Bakterien. Neben den Leukozyten wandern auch Monozyten in das Wundgebiet ein. Das Anheften an extrazelluläre Matrix stimuliert die Monozyten zur Umwandlung in Makrophagen.

8.11. Leukozyten und Makrophagen produzieren Wachstumsfaktoren

So wie die Blutplättchen nicht nur ihre Funktion bei der Blutgerinnung ausfüllen sondern auch Wachstumsfaktoren für die weitere Wundheilung freisetzen, haben auch Leukozyten und Makrophagen mehr Funktionen als nur die Phagozytose. Deutliche Hinweise hierfür fand bereits Alexis Carrel. Er arbeitete schon vor dem ersten Weltkrieg mit in-vitro Zellkulturen, die als Grundlage der späteren in-vitro Wundheilungsmodelle angesehen werden können. Hierbei versetzte er (in einer Reagenzglasanordnung von ihm hergestellte) Gewebekulturen mit Plasma und stellte fest, dass Zellkulturen, die bis dahin nur 3-15 Tage alt wurden, in Anwesenheit des Plasmas nicht alterten. 1912 legte Carrel eine solche Zellkultur aus Fibroblasten eines Hühnerembryos an, die bis zu ihrer Zerstörung etwa gegen Ende des Zweiten Weltkriegs 34 Jahre lang erhalten blieb. Die Forschungen Carrels wurden durch den

²²¹ Wieman, T.J., Smiell, J.M., Su, Y.: Efficacy and safety of a topical gel formulation of recombinant human platelet-derived growth factor-BB (becaplermin) in patients with chronic neuropathic diabetic ulcers: a phase III randomised placebo-controlled double-blind study, Diabetes Care 1998, Bd. 21, S. 822- 827

Ersten Weltkrieg unterbrochen. Nach dem Ende des Ersten Weltkriegs setzte Alexis Carrel seine Forschungen an Gewebekulturen fort. Im Jahre 1922 schließlich veröffentlichte er eine Arbeit über die wachstumsstimulierenden Eigenschaften der Leukozyten.²²² Dass es Wundheilung fördernde Faktoren geben musste, zeigte unter anderem auch eine Beobachtung von Young aus dem Jahre 1941. Er stellte fest, dass bei Kaninchen mit abheilenden Wunden später gesetzte Verletzungen eine schnellere Abheilung erfuhren als bei anfangs unverletzten Tieren. Von den ersten Wunden mussten Signale ausgehen, die bei der Heilung der später zugefügten Wunden für eine beschleunigte Wundheilung sorgten.²²³

In den Jahren 1936-1938 entdeckten und erforschten Mason, Kendall und Reichstein ein neues, später Cortison genanntes Nebennierenprodukt. Menkins setzte es erstmals im Jahre 1942 zur entzündungshemmenden Therapie ein. Die industrielle Cortisonherstellung wurde im Jahre 1946 aufgenommen. Schnell beobachtete man die Wundheilung hemmende Wirkung des Kortisons.²²⁴ Leibovich und Ross machten sich diese hemmenden Eigenschaften zunutze. Im Jahre 1975 versetzten sie Wunden an Meerschweinchen mit Cortison und einem Antimakrophagenserum. Dies resultierte nicht nur in einem erwartungsgemäß stark erniedrigten natürlichen Wunddebridement durch Phagozytoseaktivität sondern auch in einem stark erniedrigten Wachstum von Fibroblasten. Leibovich und Ross vermuteten, dass Makrophagen beteiligt waren an der Produktion eines Faktors, der das Fibroblastenwachstum anregte.²²⁵ Stanley Cohen (geboren 1922 in Brooklyn / New York) veröffentlichte im Jahre 1962 eine Arbeit über die Isolierung eines das Epithelwachstum fördernden Faktors aus Speicheldrüsengewebe einer Maus, der später EGF (epidermal growth factor) genannt wurde.²²⁶ Dies war ein weiterer großer Schritt auf dem Wege, den Carrel mit seiner Wachstumsforschung beschritten hatte und Stanley Cohen erhielt im Jahre 1986

²²² Carrel, A.: Growth-promoting function of leucocytes, *Journal of Experimental Medicine* 1922, Bd. 35, S. 385- 391

²²³ Young, J.S. et al.: Some observation on the healing of experimental wounds in the skin of the rabbit, *J Path. Bact.* 1941, Bd. 52, S. 225- 246

²²⁴ Toellner, R.: *Illustrierte Geschichte der Medizin* (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 3, S. 1710 f.;

²²⁵ Leibovich, S.J.; Ross, R.: The role of the macrophage in wound repair, a study with hydrocortisone and antimacrophage serum, *American Journal of Pathology* 1975, Bd. 78, S. 71- 91

²²⁶ Cohen, S.: Isolation of a mouse submaxillary gland protein accelerating in cisor eruption and eyelid opening in the newborn animal, *J. Biol. Chem.* 1962, Bd. 237, S. 1555- 1562

gemeinsam mit Rita Levi-Montalcini den Nobel-Preis für Medizin oder Physiologie für die Beiträge zum Verständnis der Substanzen, die das Zellwachstum beeinflussen. Hollenberg und Cuatrecasas konnten im Jahre 1973 nachweisen, dass eine In-vitro-Fibroblastenkultur (wie schon von Alexis Carrel oft zu Forschungszwecken verwendet) auf das Hinzugeben von EGF mit einer erhöhten DNA – Synthese der Fibroblasten reagierte (siehe auch Kapitel 8.12).²²⁷ Später zeigte sich, dass der Faktor EGF unter anderem von Makrophagen synthetisiert und freigesetzt wird. Nach und nach wurden mehrere, von Makrophagen freigesetzte, wachstumsstimulierende Faktoren entdeckt. Hierzu gehörten unter anderem der fibroblast growth factor sowie der transforming growth factor alpha und beta (TGF alpha und TGF beta). Da diese Faktoren von großer Bedeutung für die sich anschließenden Wundheilungsvorgänge sind, kommt den Makrophagen eine Schlüsselposition zwischen der Entzündungsphase und folgenden Phasen zu.

8.12. Reepithelialisierungsphase – Erforschung der Zellmigration und des EGF

Im Jahre 1962 wurden grundlegende Arbeiten zum Thema Epithelialisierung veröffentlicht. G.D.Winter berichtete in seiner Arbeit „Formation of the scab and the rate of epithelialisation of superficial wounds in the skin of the young domestic pig“ (Nature 1962, Bd. 193, S. 293- 294), die noch heute zu den meistzitierten Arbeiten zur Wundheilung zählt, u.a. über die Morphologie der Reepithelialisierung. Die aktive epitheliale Zellbewegung (active epithelial cell movement [AECM]), die beim Menschen etwa 24 Stunden nach der Wundentstehung einsetzt, geht demnach von den freien Rändern des Wundgebietes aus (“free-edge-effect”). Das Aufbrechen des Zellverbandes zieht phänotypische Veränderungen der Epithelzellen nach sich. Sie proliferieren und beginnen mit der aktiven epithelialen Zellbewegung. Winter beobachtete, dass sich die Epithelzellen nicht mehr als 2-3 Zelllängen von ihrem Ursprungsort entfernen.²²⁸ Er vermutete, dass die Epithelzellen hierbei eine Art Kette

²²⁷ Brantigan, C.O.: The history of understanding the role of growth factors in wound healing, Wounds 1995, Bd. 8, S. 78- 90; S.82

²²⁸ Winter, G.D.: Formation of the scab and the rate of epithelialisation of superficial wounds in the skin of the young domestic pig, Nature 1962, Bd. 193, S. 293- 294

bilden. Dabei bewegt sich die erste Epithelzelle vorwärts und implantiert sich. Die nächste Zelle “klettert” über diese Zelle und implantiert sich, um wiederum von der nächsten Zelle “überklettert” zu werden und so fort. Diese Theorie der Zellmigration wird als “Bocksprung-Hypothese” (“leap frog hypothesis”) bezeichnet und dient auch heute noch zur Beschreibung der Zellmigration.

Zusammenfassend stellt man sich den Ablauf der Reepithelialisierung heute folgendermaßen vor: Zeitgleich mit der Entzündungsphase übernehmen Epithelzellen zuerst – ähnlich wie Leukozyten – Phagozytoseaktivitäten, indem sie geronnenes Blut und zerstörtes Gewebe im Wundspalt entfernen. Gleichzeitig verändern sie ihren Phänotyp, Zwischenzellverbindungen und Verbindungen zur Basalmembran werden aufgelöst und die Zellen erhalten die Fähigkeit zur aktiven Beweglichkeit. Bestimmte Rezeptoren auf der Oberfläche der Epithelzellen ermöglichen ihnen die zelluläre Haftung an Kollagenstrukturen am Rande der Wunde sowie an Fibrinstränge in der provisorischen Matrix, die durch die Gerinnungsvorgänge im Wundspalt entstanden sind. Entlang dieser Strukturen wandern die Epithelzellen zwischen dem Wundschorf und der Dermis. Die Freisetzung von Kollagenasen ermöglicht es ihnen, die kollagenhaltige extrazelluläre Matrix zwischen kollagenhaltiger Dermis und fibrinhaltigem Schorf abzubauen. Gesteuert und stimuliert durch EGF, welches insbesondere von den Makrophagen freigesetzt wird, beginnen Epithelzellen etwa 24 Stunden nach der Verletzung an den freien Rändern der Wunde nachzuwachsen und durch aktive Epithelzellwanderung Freiräume zu überwinden und aufzufüllen. Mit dem Fortschreiten der Reepithelialisierung kommt es zu einem geordneten Wiedererscheinen von Basalmembran-Proteinen vom Rand der Wunde aus. Epithelzellen nehmen wieder Verbindungen miteinander sowie zur neugeformten Basalmembran und der darunter liegenden Dermis auf und nehmen ihre normalen Funktionen wahr.²²⁹

²²⁹ Singer, A.J., Clark, R.F.: Cutaneous Wound Healing, The New England Journal of Medicine 1999, Bd. 341, S. 736- 746;

S.738-740

8.13. Granulationsphase

Etwa 4 Tage nach der Verletzung dringen – stimuliert durch Wachstumsfaktoren aus Makrophagen – Fibroblasten und Kapillaren in den Wundspalt ein. Die Vielzahl neuer Kapillaren verleiht dem neuen Gewebe sein körniges (granuläres) Aussehen.

Die Fibroblasten, durch das von Thrombozyten und Makrophagen freigesetzte PDGF angezogen, sowie durch weitere Faktoren in ihrem Wachstum angeregt, setzen bei ihrem Weg durch den Wundpfropf aus quervernetztem Fibrin Enzyme – wie beispielsweise Kollagenasen – frei, die ihnen den Weg in den Wundspalt frei machen.²³⁰

8.14. Erforschung der Fibroblastenfunktion

Nach der Einwanderung ins Wundgebiet beginnen die Fibroblasten mit der Synthese neuer extrazellulärer Matrix. Bereits um das Jahr 1900 hatte man die Fasern der extrazellulären Matrix mikroskopisch in Kollagen und Elastin unterteilen können, und man wusste, dass diese Fasern von der so genannten Grundsubstanz umgeben waren.²³¹

Über den Ursprung dieser Fasern herrschte zu diesem Zeitpunkt jedoch noch Unklarheit. Marie Stearns erforschte im Jahre 1940 Wundheilungsvorgänge mit einem einfachen älteren Verfahren, der so genannten „transparent chamber in the rabbit ear.“(vgl. Seite 49) Im Jahre 1924 hatte Sandison dieses Verfahren vorgestellt. Es handelte sich hierbei um ein in vivo Wundheilungsmodell in Form einer sehr dünnen durchsichtigen Kammer – geformt durch zwei Isinglasscheiben, die er in eine artifizielle Perforation eines Kaninchenohres einsetzte. Hierbei beließ er am Grunde der Kammer einen Gewebestamm mit Blutgefäßen und Nerven, von dem aus dann die Wundheilungsvorgänge innerhalb der Isinglaskammer ausgingen. Die Kammern blieben über einen Zeitraum von einer Woche bis zu zwei Monaten in einem für die mikroskopische Beobachtung geeigneten Zustand. Das Kaninchen musste für die Untersuchungen nur gefangen und fixiert werden. Marie Stearns stellte mit Hilfe dieses

²³⁰ Singer, A.J., Clark, R.F.: Cutaneous Wound Healing S. 736 – 746; S.740-741

²³¹ Piez, K.A.: History of Extracellular Matrix: A Personal View, Matrix Biology 1997, Bd. 16, S. 85- 92; S. 86

Verfahrens mikroskopisch fest, dass das Kollagen von den Fibroblasten hergestellt und sezerniert wurde.²³²

Mit Hilfe des in den 30-er Jahren entwickelten Elektronenmikroskops stellte Richard Bear im Jahre 1942 fest, dass Kollagen aus sich wiederholenden Abschnitten bestand. Die erste komplette und verlässliche Aminosäurenanalyse des Kollagens gelang Bowes und Kenton im Jahre 1948.²³³ Die Entdeckung der Vorstufe des Kollagens, des so genannten Prokollagens fiel in das Jahr 1971. Man erkannte, dass das im Fibroblasten hergestellte Prokollagen um 25% länger war als das extrazelluläre Kollagen. Das Prokollagen besitzt je ein so genanntes C-terminales und ein N-terminales Ende. Beide Enden werden nach der Absonderung des Prokollagens durch den Fibroblasten extrazellulär abgetrennt und die Restmoleküle lagern sich dann zu löslichem Kollagen zusammen. Durch Quervernetzungen wird das Kollagen unlöslich und ist damit fertig ausgebildet.²³⁴

Von besonderem Interesse war auch die Erforschung der Wundkontraktion. In den 50er Jahren arbeitete Abercrombie wie schon viele seiner Vorgänger mit In-vitro-Fibroblastenkulturen. Er beobachtete hierbei, dass die Fibroblasten in einer Fibroblastenkultur Traktionskräfte ausüben.²³⁵ Gabbiani, Ryan und Majno wiesen mit Hilfe ultrastruktureller Untersuchungen im Jahre 1971 nach, dass Fibroblasten während des Entstehens von Granulationsgewebe in ihrem Zytoplasma Filamentbündel aufweisen. Diese Bündel hatte man bis dahin vor allem in glatten Muskelzellen beobachtet. Sie nannten diese temporäre Erscheinungsform des Fibroblasten Myofibroblast.²³⁶ Nach Abschluss der Wundheilung waren im Narbengewebe keine Myofibroblasten mehr vorhanden. Im Jahre 1995 bewies Gabbiani mit Kollegen, dass das Verschwinden der Myofibroblasten während des Überganges von der Granulationsphase zur Phase der Narbenbildung durch programmierten Zelltod

²³² Stearns, M.L.: Studies on the development of connective tissue in transparent chambers in the rabbit's ear, American Journal of Anatomy 1940, Bd. 66, S. 133 ff.

²³³ Piez, K.A.: History of Extracellular Matrix: A Personal View, Matrix Biology 1997, Bd. 16, S. 85- 92; S. 87- 88

²³⁴ Bentley, J.P.: Excelsior: A Retrospective View of Collagen, Journal of Investigative Dermatology 1976, Bd. 67, S. 119- 123; S. 122

²³⁵ Gabbiani, G.: Some historical and philosophical reflections on the myofibroblast concept, Current topics in pathology 1999, Bd. 93, S. 1- 5; S. 1

²³⁶ Majno, G., Gabbiani, G., Ryan, G.B. et al.: Contraction of granulation tissue in vitro: similarity to smooth muscle, Science 1971, Bd. 173, S. 548- 550

(Apoptose) zustande kam. Die Kontraktion des entstehenden Narbengewebes wird durch die Anbindung der Myofibroblasten an die Kollagenmatrix aufgebaut. Die extrazelluläre Kollagenmatrix dient außerdem bei der Wanderung der Endothelzellen während der Neubildung von Kapillaren (Angiogenese) als wichtige Leitstruktur. Die Endothelzellen werden bei ihrer Wanderung entlang der Kollagenmatrix durch verschiedene Faktoren, wie z.B. den aus aktivierten Epidermalzellen sezernierten VEGF (vascular endothelial growth factor) gesteuert.

Ist der Wundspalt schließlich mit neuem Granulationsgewebe gefüllt, wird die Angiogenese eingestellt. Viele der neuen Blutgefäße werden durch den programmierten Zelltod abgebaut, es schließt sich die Phase der Remodellierung an.

8.15. Die Remodellierungsphase

In der Remodellierungsphase kommt es zu einem geringgradigen kontinuierlichen Auf- und Abbau von Kollagen. Der Abbau des Kollagens in der Wunde wird durch mehrere proteolytische Enzyme gesteuert, die Matrixmetalloproteinasen genannt werden und von Makrophagen, Epithelzellen, Endothelzellen und Fibroblasten sezerniert werden. Verschiedene Phasen der Wundheilung benötigen bestimmte Verhältnisse zwischen Matrixmetalloproteinasen und ihren Gegenspielern, den Gewebeinhibitoren der Metalloproteinasen. Durch den Auf- und Abbau entstehen langsam breitere Kollagenbündel und intermolekulare Kreuzverbindungen. In den ersten 3 Wochen der Wundheilung gewinnen Wunden nur 20% der ursprünglichen Reißfestigkeit zurück. Die maximal erreichbare Reißfestigkeit einer Narbe, die erst wesentlich später erreicht wird, liegt bei 70% der Reißfestigkeit normalen Gewebes.²³⁷

²³⁷ Singer, A.J., Clark, R.F.: Cutaneous Wound Healing...: S.743

8.16. Bedeutung der Wundheilungsmodelle

Ohne die während des 20. Jahrhunderts entwickelten Wundheilungsmodelle hätten die neuen Erkenntnisse über die Theorie der Wundheilung nicht gewonnen werden können. Als ein klassisches Wundheilungsmodell gilt die so genannte „Schilling – chamber“. Sie wurde im Jahre 1959 von J.A.Schilling entwickelt. Er implantierte Gitterkammern aus rostfreiem Stahl gefüllt mit Polyvinylschwämmen unter die Haut von Wunden. Aus der Stahlgitterkammer konnte zu verschiedenen Zeitpunkten des Wundheilungsvorganges Wundflüssigkeit aspiriert werden. Außerdem konnte man die Kammern unter aseptischen Bedingungen wieder explantieren und aus dem eingewachsenen Granulationsgewebe Proben entnehmen und diese untersuchen.²³⁸ Es folgten zahlreiche ähnliche, dem Grundprinzip der „Schilling-chamber“ folgende Modelle.

Außerdem wurden viele neue Erkenntnisse durch die Anwendung von Gewebekulturen gewonnen. Hierzu gehört beispielsweise die Erzeugung eines standardisierten Defekts in einer auf einer geeigneten Matrix gezüchteten einschichtigen Zellkultur (Monolayer). In diesen Modellen lassen sich insbesondere die Migration, Proliferation und Proteinsynthese der Zellen untersuchen.²³⁹ Die modernsten aber auch aufwendigsten Modelle sind dreidimensionale Zellkulturen, wobei ein dreidimensionales Gel mit Fibroblasten und Keratinozyten bevölkert wird.²⁴⁰ Dieses Modell kommt unter den bestehenden Modellen der Wundphysiologie am nächsten und erlaubt sowohl Untersuchungen der Migration, Proliferation und Proteinsynthese als auch der Zell-Matrix Interaktionen, der Zell-Zell-Interaktionen und der Wundkontraktilität.

Zur Durchführung klinischer Vergleichsstudien eignen sich insbesondere die Exzisions- und Inzisionsmodelle. Hierbei wird jeweils an der Haut eines Tieres oder eines menschlichen Freiwilligen eine standardisierte Wunde gesetzt. Zusätzlich kann man komplette Hautexzidate in einer Nährlösung mit physiologischem Kalziumgehalt über

²³⁸ Schilling, J.A. et al.: Wound healing: A comparative study of the histochemical changes in granulation tissue contained in stainless steel wire mesh and polyvinyl sponges cylinders, *Surgery* 1959, Bd. 46, S, 702- 710

²³⁹ Gottrup, F. et al.: Models for use in wound healing research: a survey focusing on in vitro and in vivo adult soft tissue, *Wound Repair and Regeneration* 2000, Bd. 8, S. 83 – 96; S. 86-87

²⁴⁰ Ebenda

bis zu zwei Wochen erhalten und dabei untersuchen. An derartigen Modellen wird insbesondere die Epithelialisierung von Wunden sowie die Entwicklung der Reißfestigkeit von Wunden untersucht.²⁴¹

8.17. Feuchte Wundbehandlung – Wissenschaftliche Grundlagen

Grimbel verglich im Jahre 1957 Verbrennungswunden mit intakten Brandblasen mit solchen, an denen die Brandblasen geöffnet worden waren. Hierbei stellte sich heraus, dass unter den intakten Brandblasen die Wundheilung um bis zu 40 % schneller vonstatten ging als in der Vergleichsgruppe.²⁴²

G.D.Winter experimentierte im Jahre 1962 an experimentellen Wunden, die an jungen Schweinen gesetzt wurden (siehe auch Kapitel 8.12). Er gewann hierbei die Erkenntnis, dass durch Okklusivverbände feucht gehaltene Wunden schneller heilten als solche, die der austrocknenden Wirkung der Luft ausgesetzt waren.²⁴³ Die an der Luft austrocknenden Wunden bildeten einen Hautbestandteile enthaltenden Wundschorf aus. Trocknete Winter Wunden zusätzlich artifiziell aus, so war deren Anteil im Wundschorf noch größer. Hierdurch wurde die Epithelisation gestört und damit die Wundheilung verzögert. Dies führte Winter auf die Dehydratation der Wunde zurück. Die mit einem Okklusivverband abgeschlossene Wunde jedoch blieb feucht und die Migration des Epithels durch die Wundflüssigkeit ging schneller vonstatten als unter austrocknendem Wundschorf.²⁴⁴ Hinman und Maibach bestätigten im Jahre 1963 diese Ergebnisse an experimentellen Wunden freiwilliger menschlicher Probanden.²⁴⁵

Die nun neu eingeführte feuchte Wundbehandlung wurde in ihren Anfängen meist mit feuchten Mullkompressen oder mit feuchter Gaze vorgenommen. Dies bedeutete allerdings einen großer Aufwand, da die Kompressen ständig feucht gehalten werden

²⁴¹ Gottrup, F. et al.: Models for use in wound healing research.....: S. 90- 91

²⁴² Grimbel, N.S. et al.: A study of epithelialisation in blistered burns, AMA Archives of Surgery 1957, Bd. 74, S. 800- 803

²⁴³ Winter, G.D.: Formation of the scab and the rate of epithelialisation of superficial wounds in the skin of the young domestic pig, Nature 1962, Bd. 193, S. 293- 294

²⁴⁴ Winter, G.D.; Scales, J.T.: Effect of air drying and dressings on the surface of a wound, Nature 1963, Bd. 197, S. 91- 92

²⁴⁵ Hinman, C.D.; Maibach, H.: Effect of air exposure and occlusion on experimental human skin wounds, Nature 1963, Bd. 200, S. 377- 379

mussten. Außerdem wurde in elektronenmikroskopischen Aufnahmen später gezeigt, dass Kapillaren durch den Verbandstoff wachsen konnten und bei Abnahme des Verbandes Granulationsgewebe von der Wundfläche gerissen werden konnte. Neue Verbandstoffe, die sowohl die Wunde feucht hielten als auch ein Verkleben der Wunde mit dem Verbandsmaterial verhinderten, wurden nun entwickelt.

8.18. Kalziumalginat, Hydrogele und Hydrokolloide

Einer der ersten Verbandstoffe, der die geforderten Eigenschaften aufwies, war das Kalziumalginat. Es wurde aus Extrakten mariner Braunalgen, so genannten Alginsäuren hergestellt. Die Funktionsweise der Kalziumalginat basiert auf deren Fähigkeit zur Gelbildung. Trocken auf die Wunde gelegt, bzw. zur Austamponierung einer Wunde angebracht, absorbiert dieser Verbandstoff Blut oder Wundsekrete in seinen Fasern. Zudem bildet er eine gelartige Konsistenz aus und weist damit die positiven Eigenschaften eines feuchten Wundverbandes auf. Mit der Ausnahme von Wunden mit trockenen, verkrusteten Belägen sind die Kalziumalginat bei allen Wunden anwendbar.²⁴⁶

Die Glykol-Methakrylate, auch Hydrogele genannt, fanden erstmals in den späten 70-er und frühen 80-er Jahren eine Anwendung in der Wundbehandlung. Hydrogele sind im Gegensatz zu den Alginaten von Anfang an feucht, saugen jedoch zusätzlich überschüssiges Sekret auf und schließen es in der Gelstruktur ein. Bei stark sezernierenden Wunden sind die Alginat als Verbandstoffe besser geeignet als die Hydrogele. Anders verhält es sich bei Wunden mit trockenen Belägen, die mit Hydrogelen gut aufgelöst werden können. Da Hydrogele durchsichtige Verbände bilden, kann der Zustand der Wunde direkt ohne Entfernung desselben kontrolliert werden. Der Verbandwechsel an sich ist schmerzlos. Für die Behandlung bereits infizierter Wunden sind Hydrogele ungeeignet, da sie nicht keim- und wasserdicht sind, sowie einen Okklusiveffekt aufweisen. Anwendungsgebiete der Hydrogele sind daher

²⁴⁶ Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 1: Calciumalginat zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 4 / 1994, S. 23- 27

hauptsächlich das Aufweichen von Nekrosen, sowie nicht infizierte chronische Wunden mit schlechter Heilungstendenz.²⁴⁷

Die dritte große Substanzengruppe im Bereich der feuchten Wundbehandlung sind die Hydrokolloide. Eingearbeitet in ein selbsthaftendes Elastomer, das eine Applikation wie ein Pflaster ermöglicht, sind sie in der Lage, Wundsekrete aufzunehmen, aufzuquellen und ein schützendes Gel auszubilden, welches auch nach Abnehmen des Verbandes auf der Wunde verbleibt und dann ausgespült wird. Indikationen und Kontraindikationen entsprechen denen der Hydrogele.²⁴⁸

8.19. Vakuumversiegelung – Eine alternative Therapieform

Ein weiteres Verfahren, Wunden zu verschließen wurde in den 90-er Jahren eingeführt. Es handelt sich hierbei um die Vakuumversiegelung.

Nach erfolgreichem Reinigen und Debridieren der Wunde wird diese mit einem redondurchflochtenen Polyvinylschaumstoff ausgefüllt, darüber mit einem Polyurethanfilm abgedeckt und durch an den Schaumstoff angeschlossene Vakuumflaschen oder Saugpumpen unter ein Vakuum gesetzt. Wundsekrete werden vollständig abgesaugt, es entsteht ein gleichmäßiger Kontakt zwischen Wunde und Schaumstoff. Der Polyurethanfilm stellt eine Barriere gegen Wundkontaminationen dar.²⁴⁹ Bei septischen Wunden kann man mit der Vakuumversiegelungstechnik eine Keimverteilung in der Patientenumgebung sowie Kreuzinfektionen verhindern, die Krankenhaushygiene wird hierdurch gefördert. Erweitert man das Verfahren um die Spülung mit Antiseptika oder antibiotischen Lösungen, hat der Schaumstoff – zusätzlich zu seiner debridierenden und die Granulation fördernden Wirkung – noch die eines Medikamententrägers, was die Infektionsbehandlung in ihrer Wirkung noch erhöht.²⁵⁰

²⁴⁷ Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 2: Hydrogele zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 1 / 1995, S. 33- 36

²⁴⁸ Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 3: Hydrokolloide zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 2 / 1995, S. 30- 33

²⁴⁹ Müllner, T. et al.: The use of negative pressure to promote the healing of tissue defects: a clinical trial using the vacuum sealing technique, British Journal of Plastic Surgery 1997, Bd. 50, S. 194- 199

²⁵⁰ Fleischmann, W. et al.: Vakuumversiegelung zur Behandlung des Weichteilschadens bei offenen Frakturen, Unfallchirurg 1993, Bd. 96, S. 488- 492

Die Vakuumversiegelungs-Technik ist sowohl bei chronischen als auch bei akuten Wunden geeignet. Der Verbandswchsel muss nur alle 3-5 Tage, im besten Fall nur einmal pro Woche vorgenommen werden.

8.20. Biochirurgie: Fliegenmaden reinigen Problemwunden

Bereits im Ersten Weltkrieg wurde die Behandlung mit Fliegenmaden praktiziert. Nach dem Ersten Weltkrieg kam sie noch häufiger zum Einsatz. Besonders Baer und Livingstone wendeten sie in den 30-er Jahren zur Behandlung chronischer Wunden von Kriegsveteranen an, wobei sie auch Osteomyelitiden behandelten. Diese Form der Antiseptik wurde als biologische Antisepsis bezeichnet. Livingstone konnte nicht nur gute Erfolge mit lebendigen Maden erzielen, die nur infiziertes Gewebe fraßen, sondern stellte auch fest, dass Extrakte aus toten Maden ebenfalls desinfizierende Wirkung auf Wunden ausübten. Als bedeutsamer Wirkstoff stellte sich das auch von lebenden Maden ausgeschiedene Allantoin heraus. Im weiteren Verlaufe seiner klinischen Tätigkeit erprobte Livingstone die Wundbehandlung mit Maden auch bei Abszessen, Verbrennungen, Karbunkeln, Hämorrhoiden, schmerzlosen Unterschenkelgeschwüren und verschiedenen Hauteffloreszenzen, wobei er jeweils eine beschleunigte Abheilung feststellte. In der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen erschienen etwa 100 Veröffentlichungen über Maden in der Wundtherapie. Die Firma Lederle nahm die kommerzielle Züchtung von Maden zur Wundbehandlung auf. Mit dem Aufkommen der Antibiotika zu Zeiten des Zweiten Weltkriegs verlor diese Methode allerdings wieder an Bedeutung.²⁵¹

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts kommen Fliegenlarven der Fliege *Lucilia sericata* vermehrt zum Einsatz in der Behandlung chronischer Wunden. Diese Larven bauen devitalisiertes körpereigenes Gewebe sowie Bakterien aus dem Wundspalt durch extrakorporale Verdauung mittels Enzymen ab und fressen daraufhin das abgebaute Material. Vitales, körpereigenes Gewebe verschonen sie. Die Anwendung der Fliegenmaden wird seit den 90-er Jahren des 20. Jahrhunderts auch Biochirurgie

²⁵¹ Graner, J.L.: S.K. Livingstone and the Maggot Therapy of Wounds, *Military Medicine* 1997, Bd. 162, S. 296- 300

genannt. Sie gilt gelegentlich als eine Art „letzte Rettung“ bei Therapieversagern mit chronischen Infekten durch antibiotikaresistente Keime.²⁵²

8.21. Keratinocyten-Sheets: Transplantate gezüchtet aus körpereigenem Gewebe

Beispielhaft für das fruchtbare Zusammenwirken zwischen der Theorie der Wundheilung und der Praxis der Wundbehandlung stehen die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Gewebezüchtung. Durch die modernen theoretischen Erkenntnisse über die Wundheilung gelang den Wissenschaftlern O'Connor und Mulliken bereits im Jahre 1981 erstmals die Züchtung autologer Keratinocytentransplantate aus einem kleinen Stück Spenderhaut eines Patienten sowie deren praktische Anwendung in der Wundbehandlung.²⁵³ Hierbei mussten die der Gewebeprobe entnommenen differenzierten Keratinocyten über einen Zeitraum von 3-4 Wochen kultiviert werden. Durch neueste Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der Theorie der Wundheilung konnte die Dauer der Züchtung bereits deutlich reduziert werden und es ergab sich die Möglichkeit, Transplantate aus undifferenzierten Keratinocyten herzustellen.²⁵⁴ In ersten Studien bildet sich nach Auftragen der undifferenzierten Keratinocyten in einer Suspension aus Fibrinkleber auf Wunden ein differenziertes Epithel.²⁵⁵

8.22. Therapie chronischer Wunden

Chronische Wunden müssen nach anderen Behandlungsgrundsätzen behandelt werden als akute, primär heilende Wunden. Ist nach 4 Wochen noch keine Heilungstendenz zu erkennen, spricht man von einer chronischen Wunde. Typisch sind schlaffe, blasse Wundgranulationen, die Wundränder sind aufgeworfen und teilweise nekrotisch. Häufige Ursachen sind peripherer Arterienverschluss bei Arteriosklerose, venöse

²⁵² Fleischmann, W. et al.: Chirurgische Wundbehandlung, Chirurg 1998, Bd. 69, S. 222- 232; S. 229- 230

²⁵³ Táncoz, E. et al.: Keratinocyten transplantation und Tissue Engineering- Neue Ansätze in der Behandlung chronischer Wunden, Zentralblatt für Chirurgie 1999, Bd. 124, Suppl. 1, S. 81- 86 ; S. 82

²⁵⁴ Ebenda S. 83- 84

²⁵⁵ Ebenda S. 83- 84

Insuffizienz sowie Angiopathie und Neuropathie bei Diabetes mellitus. Außerdem tragen Druckbelastung bei Immobilisation, mangelnde Bereitstellung von Nährstoffen bei kachektischen Patienten sowie eine inadäquate posttraumatische Wundbehandlung zur Ausbildung chronischer Wunden bei. Pathophysiologisch spielen lokale Hypoxie, Persistenz von Fibrin, Störung der Migration der Epithelzellen, sowie rezidivierende Infektionen eine Rolle.

8.23. Arterielle Verschlusskrankheit und Gangrän

Zusammenhänge zwischen Hypercholesterinämie, Entwicklung der Arteriosklerose und arteriellen Verschlüssen waren bereits vor dem 20. Jahrhundert erkannt worden. Im Jahre 1843 entdeckte Vogel in arteriosklerotischen Gefäßplaques Cholesterin.²⁵⁶ Der Rückgang arteriosklerotischer Erkrankungen zu Zeiten des Nahrungsmittelmangels im Ersten Weltkrieg wurde von Aschoff auf eine geringere orale Cholesterinaufnahme zurückgeführt.²⁵⁷ Weitere wichtige Risikofaktoren sind Nikotinabusus und Diabetes mellitus. Der Begriff der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit, abgekürzt pAVK genannt, geht auf Max Ratschow (1904–1963) zurück, dessen Werk: „Die peripheren Durchblutungsstörungen“ nach der Erstauflage im Jahre 1939 mehrmals überarbeitet und neu aufgelegt wurde.²⁵⁸

Die Einteilung der klinischen Schmerzsymptomatik ist nach Ratschow und nach Fontaine benannt, der im Jahre 1954 diese Klassifikation veröffentlichte.²⁵⁹

Im Stadium I bestehen noch keine eindeutigen Beschwerden, im Stadium II a treten nach mehr als 200 m Gehstrecke und im Stadium II b bereits bei weniger als 200 m Gehstrecke Schmerzen in den Beinen auf. Im Stadium III liegt bereits ein Ruheschmerz vor und im Stadium IV ein Dauerschmerz, der mit Hautnekrosen, Ulkus oder Gangrän einhergeht.

²⁵⁶ Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 3, S. 1246

²⁵⁷ Ackerknecht, E.H.: Zur Geschichte der Arteriosklerose, Gesnerus 1975, Bd. 32, S. 229- 234

²⁵⁸ Ratschow, M.: Die peripheren Durchblutungsstörungen, Dresden; Leipzig: Steinkopff 1953, 5. umgearbeitete und ergänzte Auflage (erste Auflage: Dresden; Leipzig: Steinkopff 1939)

²⁵⁹ Fontaine, R., Kim, M., Kieny,R.: Die chirurgische Behandlung der peripheren Durchblutungsstörungen. Helvetica Chirurgica Acta. 1954; Bd. 21, S. 499

In den Jahren 1927-1928 konnten Arterien erstmals radiologisch dargestellt werden, eine stetige Fortentwicklung führte schließlich zu hochmodernen radiologischen Darstellungsverfahren. Der Angiographie mit einem Katheter kommt hier eine besondere Bedeutung zu, weil hierbei mittels perkutaner transluminaler Angioplastie (PTA) eine Aufdehnung einer verengten Arterie unter Zuhilfenahme eines Ballons oder eines Stents erfolgen kann.

Einen Meilenstein in der chirurgischen Behandlung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit stellt die im Jahre 1948 durch Jean Kunlin erstmals vorgenommene femoropopliteale Umgehung einer stenosierten Femoralarterie mit einem autologen Saphena-Transplantat dar. Einige Jahre später folgten künstliche Bypässe.

Kommt es in Spätstadien der Erkrankung, wenn bypasschirurgische Maßnahmen nicht mehr indiziert sind, zu chronischen Wunden – typischerweise an den Endphalangen der Zehen und Finger sowie an den Druckstellen über prominenten Knochenvorsprüngen – sollten diese mechanisch oder enzymatisch von Nekrosen gereinigt werden. Gegebenenfalls ist eine operative Sanierung des Ulkus oder bei einer Gangrän des Unterschenkels sogar eine Amputation indiziert.²⁶⁰ In der lokalen Wundtherapie kommt in der Akutphase Fettgaze zur Auslegung des Wundbereichs zum Einsatz. Diese verhindert ein Verkleben der Wunde mit Verbandsmaterialien wie Kompressen. In der Granulationsphase werden auch interaktive Wundauflagen wie Hydrogele und Hydrokolloide verwendet. Bei den sehr häufig mit Bakterien besiedelten chronischen Wunden im Rahmen der arteriellen Verschlusskrankheit kann ein Okklusivverband eine Wundinfektion mit anaeroben Keimen fördern. Die interaktiven Wundauflagen müssen daher auf das Wundareal zugeschnitten sein und dürfen die Wundränder nicht überschreiten.

8.24. Venöse Insuffizienz und Ulcus cruris

Variköse Venen (Krampfadern) wurden schon lange vor dem 20. Jahrhundert durch Kompression behandelt. Der Hamburger Dermatologe Paul Gerson Unna (1850–1929) führte zur Behandlung des Begleitödems bei der Varicosis, welches die Ausbildung

²⁶⁰ Lippert, H.: Wundatlas, Wunde Wundbehandlung und Wundheilung, Heidelberg 2001; S. 142- 151

chronischer Wunden begünstigt, im Jahre 1883 den komprimierenden Zinkleimverband (engl.: „Unna boot“) ein. Vorbedingung war jedoch die Reduktion des Ödems vor Anlage des Zinkleimverbandes durch andere Maßnahmen.²⁶¹

Die Diagnostik wurde nach Einführung der Phlebographie durch Dos Santos im Jahre 1938 bereichert.²⁶² Im gleichen Jahre wurden Venenthrombosen von Jorpes und Murray erstmals mit Heparin behandelt.²⁶³

Weitere wesentliche Fortschritte erfuhr die Therapie venöser Erkrankungen durch ein besseres Verständnis der Pathophysiologie der venösen Hypertonie. Man fand heraus, dass die Funktion des venösen Systems nur dann intakt ist, wenn das venöse Blut aus der unteren Extremität zu 90% über die tiefen, unterhalb der Faszien liegenden Venen abfließt. Das oberflächlich fließende Blut wird mit Hilfe der Muskelpumpe der Waden durch Perforansvenen durch die Faszien zu den tiefen Venen abgeleitet. Ein Rückstrom in umgekehrter Richtung wird durch die intakte Funktion der Venenklappen verhindert. Ist das subfaszial gelegene Venensystem z.B. postthrombotisch eingeengt und vernarbt, und sind die Klappen der Perforansvenen geschädigt, kommt es zu einem Druckanstieg im venösen System. Venöses Blut fließt aus dem tiefen Venensystem in das oberflächliche zurück und führt zur Ausbildung variköser erweiterter Venen und schließlich auch zur Entstehung chronischer Ulzera.

Das Stripping variköser Venen wurde 1905 durch Keller eingeführt. Er entfernte die varicös erweiterte Vena saphena, indem er einen Draht vorschob, eine Ligatur am Ende der Vene anbrachte und sie dann durch Zug entfernte. Auch die Injektion sklerosierender Substanzen (Varizensklerosierung) wurde zu diesem Zeitpunkt bereits angewendet.²⁶⁴ Mit der frühzeitigen Ligierung geschädigter Perforansvenen, dem Entfernen erweiterter variköser epifaszialer Venen und dem Spalten von Faszien kann häufig die lokale venöse Hypertonie gesenkt und die Ausbildung venöser Ulzera verhindert werden. Werden solche Maßnahmen unterlassen und besteht ein venöses Ulkus über lange Zeit, verselbstständigt sich das Geschehen, und die genannten operativen Maßnahmen zeigen keine positiven Effekte mehr. Homans wendete 1917 zur

²⁶¹ Quintal, D.; Jackson, R.: Leg Ulcers: A historical perspective, Clinics in Dermatology 1990, Bd. 8, S. 4- 12; S. 9- 10

²⁶² Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986, Bd. 3, S. 1222

²⁶³ Ebenda Bd. 3, S. 1230

²⁶⁴ Quintal, D.; Jackson, R.: Leg Ulcers...: S. 11

Behandlung solcher postthrombotischer Ulzera die komplette Ausschneidung (Exzision) des Ulkus unter Mitnahme umliegender erkrankter Haut und des darunter liegenden Narbengewebes an. Zur Deckung des Defektes nahm er Spalthauttransplantate.²⁶⁵

Auch bei diesem Verfahren sollten die umliegenden Perforansvenen ligiert werden, um die erneute Ausbildung eines erhöhten lokalen Venendruckes zu vermeiden.²⁶⁶ Die lokale Therapie der varikösen Ulzera kann mit modernen Wundauflagen wie Hydrokolloiden vorgenommen werden. Infizierte Wunden stellen jedoch eine Kontraindikation für Hydrogele und Hydrokolloide dar. In solchen Fällen ist eine Behandlung mit Fettgaze und Kompressen sowie einer Antibiose indiziert.

8.25. Dekubitalulzera

Chronische Wunden, die durch Bettlägerigkeit bei meist alten, schwer kranken oder gelähmten Patienten durch Druckeinwirkung entstehen, werden Druckgeschwüre oder Dekubitalulzera (lat. decubare – sich niederlegen) genannt. Im Jahre 1873 definierte Paget im Rahmen einer Vorlesungsreihe im Londoner St. Bartholomew's Hospital diese Erkrankung, die im Englischen auch „bedsore“ („Bettgeschwür“) genannt wird, folgendermaßen: „the sloughing and mortification or death of a part produced by pressure“ also als das „Ablösen und Absterben und den Untergang von Gewebe aufgrund von Druck.“²⁶⁷

Hierbei wies er insbesondere darauf hin, dass „Dekubitalulzera nur sehr schwer wieder abheilen.“ („if once they appear, it is very difficult to get rid of them“). Außerdem appellierte er an die Hörschaft: „First of all look at the bed. Good bedmaking is an indispensable thing in the prevention of bed sores.“ Einer adäquaten Technik im Betten der Patienten sprach er decubito-präventive Wirkung zu.²⁶⁸

Erste Anzeichen eines entstehenden Druckgeschwürs waren nach Paget Entzündungszeichen beispielsweise an der Haut über Knochenvorsprüngen,

²⁶⁵ Linton, R.R.: John Homans' impact on diseases of the veins of the lower extremity, with special reference to deep thrombophlebitis and the post-thrombotic syndrome with ulceration, Surgery 1977, Bd. 81, S. 1-11

²⁶⁶ Lippert, H.: Wundatlas, Wunde Wundbehandlung und Wundheilung, Heidelberg 2001; S. 133-142

²⁶⁷ Paget, J.: Clinical lecture on bedsores, Students Journal Hospital Gazette (London) 1873, Bd. 1, S. 144-146

²⁶⁸ Bliss, M.R.: Acute pressure area care: Sir James Paget's legacy, The Lancet 1992, Bd. 339, S. 221-223

üblicherweise am Os Sacrum, der Spina iliaca posterior superior und an den Dornfortsätzen der Wirbelsäule.

Als weitere Anzeichen eines beginnenden Druckgeschwürs nannte er Blässe und weißliche Flecken sowie rötliche oder gelbliche Verfärbungen der Haut. Paget erkannte außerdem, dass tiefer liegende Gewebeschichten durch druckbedingte Ischämie noch vor der Haut absterben.²⁶⁹

Dekubitalulzera werden heute nach Daniel in 5 verschiedene Schweregrade eingeteilt. Der Grad 1 ist durch ein scharf begrenztes, schmerzloses, reversibles Erythem gekennzeichnet, der Grad 2 durch eine Blasenbildung der Haut sowie oberflächliche Ulzerationen der Epidermis und / oder der Dermis. Drittgradige Dekubitalgeschwüre weisen eine Ulzeration bis in die Subcutis auf. Die Lokalbehandlung der Dekubitalulzera vom Grad 1 bis 3 besteht heute in Druckentlastung, Nekrosenentfernung mit einem scharfem Löffel oder dem Skalpell und der Anwendung moderner interaktiver Wundauflagen wie Hydrogelen und Hydrokolloiden. Tiefe Wundtaschen können mit Alginatfasern ausgelegt werden. Alginate können auch bei infizierten Wunden gut angewendet werden.

Bei Infektionen sind regelmäßige Bestimmungen der Entzündungsparameter im Blut erforderlich. Bei Infektausbreitung oder bei einer systemischen Infektion (Sepsis) muss eine systemische antibiotische Therapie erfolgen.

Dekubitalulzera vom Grad 4 sind bis auf die Faszie ulzeriert und / oder Muskulatur ist befallen. Fünftgradige Dekubitalulzera weisen einen Mitbefall von Beckenorganen wie Rektum oder Vagina oder von Knochen oder Gelenken auf. Diese hochgradigen Dekubitalulzera müssen operiert werden.²⁷⁰

8.26. Wundheilungsstörungen bei Mangelzuständen

Geschwächte Patienten sind neben der Immobilisierung auch durch die Kachexie gefährdet. Bestimmte Ernährungsmangelzustände können eine verzögerte Wundheilung nach sich ziehen. Insbesondere ein Mangel an Proteinen, der anhand der Bestimmung

²⁶⁹ Paget, J.: Clinical lecture on bedsores...: S. 144- 146

²⁷⁰ Lippert,H.: Wundatlas, Wunde Wundbehandlung und Wundheilung, Heidelberg 2001, S. 125- 133

des Serumalbumins und des Serumtransferrins sowie der Stickstoffbilanz (Differenz aus Stickstoffzufuhr und Stickstoffausscheidung) diagnostiziert werden kann, führt nachweislich zu einer verzögerten Wundheilung. Mulholland führte im Jahre 1943 die intravenöse Verabreichung von Aminosäurepräparaten bei Patienten mit Proteinmangel und Dekubitalulzera ein.²⁷¹ Auch Vitaminmangelzustände können eine gestörte Wundheilung nach sich ziehen. Im Jahre 1934 berichtete Löhr über eine Serie von mehreren tausend erfolgreichen Wundbehandlungen mit Lebertransalbe innerhalb eines Zeitraums von drei Jahren. Er führte die Erfolge auf die in Lebertran enthaltenen Vitamine A und D zurück.²⁷² Als Folge dieser Veröffentlichung wurden viele Versuche mit Vitaminpräparaten in der Wundbehandlung vorgenommen. Lauber zeigte im Tierversuch, dass die tägliche Gabe von Vitamin A die Wundheilung derart positiv beeinflusste, dass Wunden von behandelten Tieren in 10-12 Tagen abheilten. In der unbehandelten Kontrollgruppe nahm die Wundheilung etwa 25 Tage in Anspruch. Wichtig war dabei die Dosierung. In zu hohen Dosen wirkte Vitamin A störend auf die Wundheilung.²⁷³ Dunphy und Hunt beschäftigten sich unter anderem auch mit dem Einfluss der Vitamine auf die Wundbehandlung. Dunphy stellte im Jahre 1956 fest, dass ein Vitamin-C-Mangel zu einer herabgesetzten Kollagensynthese führte. Weitergehende Forschungen zeigten die Bedeutung von Vitamin A als auch Vitamin C für die Kollagensynthese. Zusätzlich zu der topischen Anwendung der Vitamine in Form von Wundheilsalben, wurde auch Zink in der Wundtherapie eingesetzt. Studien zeigten schließlich, dass auch Zink (als Cofaktor) an der Kollagensynthese beteiligt ist.²⁷⁴ Vitamine und Zink werden in der Therapie von Wunden bis heute sowohl systemisch als auch topisch eingesetzt. Die Zufuhr bestimmter Nahrungskomponenten in höherer Dosierung an Patienten, die Wunden aufwiesen, ansonsten jedoch gesund waren, erwies sich allerdings als nur wenig oder gar nicht wundheilungsfördernd. Die Substitution sollte daher Patienten mit tatsächlichem Mangel an diesen Substanzen vorbehalten bleiben.

²⁷¹ Mulholland, J.H.: Protein Metabolism and Bedsores, *Annals of Surgery* 1943, Bd. 118, S. 1015-1018

²⁷² Löhr, W.: Über die Lebertranbehandlung (mit und ohne Gipsverband) bei frischen Verletzungen, Verbrennungen und phlegmonösen Entzündungen, *Zentralblatt für Chirurgie* 1934, Bd. 61, S. 1686- 1698

²⁷³ Lauber, H.J.: Vitamine als Heilmittel in der Chirurgie, *Die Medizinische Welt* 1936, Bd. 10, S. 255- 259

²⁷⁴ Albina, J.E.: Nutrition and Wound Healing, *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 1994, Bd. 18, S.367 – 376; S. 374

8.27. Das Diabetische Fußsyndrom

Das Diabetische Fußsyndrom stellt eine Komplikation der Diabeteserkrankung dar. Die Patienten leiden hierbei unter chronischen Fußwunden, die eine schlechte Heilungstendenz haben. Grundvoraussetzung der Diabetes-Behandlung war die Entdeckung des Insulins durch Banting und Best im Jahre 1921. Bereits im Jahre 1923 wurde die industrielle Herstellung des Insulins aufgenommen und seitdem ständig weiterentwickelt. Ebenfalls im Jahre 1923 stellte Nitch bei der Erforschung von chronischen Fußwunden fest, dass arteriosklerotische Veränderungen zur Gangrän des Fußes führen konnten. Etwa ein Jahrzehnt später zeigten Rose und Carless die ätiologische Bedeutung peripherer Nervenschädigungen und der Entzündung kleinster Gefäße im Rahmen der Diabeteserkrankung. Ashton beschrieb diese Veränderungen im Jahre 1958 unter dem Namen der diabetischen Mikroangiopathie.²⁷⁵ Heute weiß man, dass die diabetische Neuropathie einhergehend mit erhöhten plantaren Drücken allein 2/3 aller Manifestationen des diabetischen Fußsyndroms verursacht. Die periphere arterielle Verschlusskrankheit allein führt in 13% der Fälle zur Ausbildung des diabetischen Fußes. In 25% der Fälle wird die Kombination beider Schädigungsmechanismen als Ursache angesehen.²⁷⁶ Als Prädilektionsstelle des Auftretens des diabetischen Fußsyndroms gilt insbesondere das metatarsophalangeale Gelenk mit dem Metatarsalköpfchen. Die sensorische Neuropathie führt fortschreitend zur Schwächung der kleinen Fußmuskulatur, wobei durch die zugrunde liegende schwächere Innervation der Beuger relativ gesehen die Beugemuskulatur stärker geschwächt wird. Dadurch entstehen die Komplikationen Hammer- und Krallenzehe mit der Folge einer Druckerhöhung und einer sich ausbildenden chronischen Wunde, die in ein Ulkus übergehen kann – das so genannte Mal perforans.²⁷⁷

Der englische Chirurg Lawrence hatte im Jahre 1926 seinen Beruf wegen einer bei ihm vorliegenden beginnenden Erblindung aufgrund einer Diabeteserkrankung bereits aufgegeben, als er während eines Aufenthalts in Florenz von der Entdeckung des Insulins durch Banting und Best hörte. Daraufhin kehrte er nach London zum King' s

²⁷⁵ Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986; Bd. 6, S. 3092

²⁷⁶ Lobmann, R., Lehnert, H.: Diagnostik und Therapie des diabetischen Fußes, Diabetes und Stoffwechsel 1999, Bd. 8, Suppl. 5

²⁷⁷ Ebenda

College Hospital zurück, hier stand inzwischen das Insulin zur Verfügung. Durch erfolgreiche Insulinbehandlung konnte sein Sehverlust aufgehalten werden so dass er im Jahre 1941 noch eine spezielle Operationstechnik einführen konnte. Hierbei wurde beim Vorliegen eines Mal perforans mit einer Begleitosteomyelitis am Zehengrundgelenk das metatarsophalangeale Gelenk und der dazugehörige, nekrotische Zeh entfernt.²⁷⁸ Nach dem Vernähen verheilte der Fuß unterstützt durch die Behandlung mit Insulin in der Regel gut. Die bis dahin häufig eintretende diabetische Gangrän und eine dadurch oft erforderliche größere Amputation wurde durch dieses operative Verfahren seltener. Als besonders problematisch bei der Erkennung diabetischer Fußläsionen stellt sich das herabgesetzte Tastempfinden aufgrund der diabetischen Neuropathie, die oftmals durch diabetische Retinopathie verminderte Sehkraft des Diabetikers und das Auftreten der so genannten Scheinheilung dar. Diabetische Ulzera werden häufig durch Hornhautwucherungen (Hyperkeratosen) oberflächlich verschlossen und täuschen das Bild einer Heilung vor. Unter den harten Keratosen besteht das Ulkus jedoch fort und vergrößert sich. Zu Zeiten des Zweiten Weltkriegs und in der Nachkriegszeit traten Neumanifestationen einer Diabeteserkrankung vom Typ II, die unter anderem durch falsche Ernährung, Adipositas, und Bewegungsmangel gefördert werden, nicht so häufig auf, wie gegen Ende des 20. Jahrhunderts. Die steigende Zahl von Neumanifestationen und eine hohe Komplikationsrate führten im Oktober 1989 zu einem internationalen Treffen von Vertretern von Gesundheitsministerien und Patientenorganisationen aus allen europäischen Ländern mit Diabetes-Experten unter der Schirmherrschaft der Weltgesundheitsorganisation und der Internationalen Diabetesföderation in St. Vincent (Italien). Dort wurde die so genannte St. Vincent Deklaration beschlossen.²⁷⁹ Man stellte sich das Ziel, innerhalb von fünf Jahren durch Umsetzung effektiver Maßnahmen, Komplikationen zu verringern. Das Auftreten neuer diabetesbedingter Erblindungen und das neu auftretende, diabetesbedingte terminale Nierenversagen sollte in seiner Häufigkeit jeweils um mindestens ein Drittel gesenkt werden. Die Zahl der Amputationen aufgrund diabetischer Gangrän sollte um mindestens die Hälfte reduziert werden. Eine deutliche Verminderung der Morbidität und Mortalität bei koronarer Herzerkrankung von Diabetikern mittels intensiver

²⁷⁸ Mc. Keown, K.C.: The History of the Diabetic Foot, Diabetic Medicine 1995, Bd. 12, S. 19-23; S. 19-21

²⁷⁹ Diabetes care and research group: The Saint Vincent Declaration, Diabetic Medicine 1990, Bd. 7, S.360

Programme zur Verringerung der Risikofaktoren sollte ebenfalls erreicht werden. Frauen mit Diabetes sollte ein normaler Schwangerschaftsverlauf ermöglicht werden.²⁸⁰ Leider blieb jedoch die Amputationsrate in Deutschland wie auch in anderen Ländern nach der St. Vincent Deklaration weiterhin hoch. Das Ziel einer deutlichen Reduktion der Amputationszahl konnte nicht annähernd erreicht werden. In Deutschland muss derzeit von jährlich etwa 28.000 Amputationen pro Jahr aufgrund einer Diabeteserkrankung ausgegangen werden bei einer Krankenhausmortalität von 15-25% und einer Mortalität von bis zu 68 Prozent in den fünf auf den Eingriff folgenden Jahren.²⁸¹ Die Kosten, die durch Diabeteserkrankungen entstehen, werden inzwischen zu etwa 25% durch das diabetische Fußsyndrom verursacht.²⁸² Um die aufgrund dieser speziellen Folgeerkrankung der Diabeteserkrankung entstehenden Kosten möglichst gering zu halten und den Erhalt der Extremitäten und damit letztlich häufig auch die weitere Berufsfähigkeit zu ermöglichen, werden mittlerweile zahlreiche Anstrengungen unternommen, das „Diabetische Fußsyndrom“ in der Öffentlichkeit mehr ins Bewusstsein zu rufen, dessen Früherkennung zu fördern und die Behandlung zu optimieren. In diabetischen Schwerpunktpraxen sowie speziellen Fußambulanzen wird das diabetische Fußsyndrom gezielt ambulant behandelt, um möglichst die Gefahr der Amputation sowie lange Krankenhausaufenthalte abwenden zu können. Schließlich arbeiten zahlreiche Experten an der Erstellung von Leitlinien zur Behandlung des diabetischen Fußsyndroms. Das Behandlungsschema der Autoren Lobmann und Lehnert von der Universitätsklinik Magdeburg aus dem Jahre 1999, welches zwar keine Leitlinie darstellt, jedoch alle wesentlichen Aspekte bezüglich Diagnose und Therapie berücksichtigt, soll hier vorgestellt werden.²⁸³

Dem Therapieschema zugrunde liegt die Stadieneinteilung des Diabetischen Fußsyndroms nach Wagner aus dem Jahre 1981.²⁸⁴ Zeigen sich bei einem Diabetiker Hyperkeratosen, eine sensomotorische Neuropathie oder können bei der Pedobarographie erhöhte plantare Fußdrücke gemessen werden, ohne dass eine Wunde

²⁸⁰ Diabetes care and research group: The Saint Vincent Declaration, Diabetic Medicine 1990, Bd. 7, S. 360

²⁸¹ Standl, E et al.: Zur Amputationshäufigkeit von Diabetikern in Deutschland, Diabetes und Stoffwechsel 1996, Bd. 5, S.29- 32

²⁸² Apelquist J., Larsson, J.: Long-term prognosis for diabetic patients with foot ulcers, Journal of Internal Medicine 1993, Bd. 233, S. 485- 491

²⁸³ Lobmann, R., Lehnert, H.: Diagnostik und Therapie des diabetischen Fußes, Diabetes und Stoffwechsel 1999, Bd. 8, Suppl. 5

²⁸⁴ Wagner, F.: The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment, Foot and Ankle 1981, Bd. 2, S. 64- 122

besteht, liegt ein Stadium 0 nach Wagner vor. Der Fuß muss regelmäßig beobachtet werden und Hyperkeratosen müssen entfernt werden, das Schuhwerk sollte angepasst werden. Tritt zusätzlich eine oberflächliche Wunde im Sinne einer Exkoration auf, ist von einem Stadium 1 nach Wagner auszugehen. Hierbei ist ebenfalls die Hornhautabtragung und die Anpassung des Schuhwerks wichtig. Dehnt sich eine solche Wunde bereits bis auf den Muskel- und Sehnenapparat aus, liegt nach Lobmann und Lehnert bei einer milden Entzündungsreaktion der Umgebung ein Stadium 2a nach Wagner vor und eine orale Antibiose über 2-3 Wochen sowie eine Wundreinigung und regelmäßige Wundversorgung muss erfolgen. Ist die Begleitinfektion stark ausgeprägt (Wagner 2b), unter Umständen bis zur Abszessbildung, empfehlen die Autoren eine intravenöse Antibiotikagabe über 2-3 Wochen – das Antibiotikum sollte in jedem Falle knochengängig sein. Danach sollte die orale Antibiotikatherapie bis zur Sanierung fortgesetzt werden. Im Stadium 2 und in höheren Stadien sollten auch Röntgenaufnahmen beider Füße erstellt werden um eine Knochenbeteiligung ausschließen oder feststellen zu können. Das Stadium 3 nach Wagner ist gegenüber den Stadien 2 durch eine zusätzliche Osteomyelitis gekennzeichnet. Hierbei empfehlen Lobmann und Lehnert eine intravenös verabreichte Antibiose über 6-8 Wochen und eine orale Fortsetzung der Therapie bis ein negatives Knochenszintigramm vorliegt. Der Zeitraum einer solchen Behandlung kann durchaus ein halbes Jahr umfassen. Obligatorisch sind hierbei das Debridement des Wundareals und die regelmäßige Wundversorgung. Im Stadium 4 liegen zusätzlich Teilnekrosen im Fußbereich vor und bei zugrunde liegender peripherer arterielle Verschlusskrankheit sind unterstützende gefäßchirurgische Maßnahmen indiziert. Außerdem kommen hier minimal chirurgische Amputationen in Frage wie z.B. eine Resektion eines infizierten Metatarsalknochens. Tritt eine großflächige, unter Umständen den ganzen Fuß umfassende Gangrän oder Nekrose auf, handelt es sich hierbei um das Stadium 5 nach Wagner. Es sollte versucht werden, dieses Stadium therapeutisch in ein Stadium 4 nach Wagner umzuwandeln, um, wenn eben möglich mit einer kleinen (minor) – Amputation auszukommen. Ist dies nicht möglich, ist eine große (major) – Amputation oberhalb des Sprunggelenks notwendig. Bei der lokalen Wundbehandlung sind Nekrosen tangential abzutragen, Wundrandanfrischungen müssen erfolgen, Fibrinbeläge entfernt werden und im Akutstadium ist die Wunde mit Fettgaze auszulegen und der Verband 2mal täglich zu

wechseln. In der Granulationsphase können moderne Wundauflagen wie Hydrokolloide angewendet werden. Da diabetische Fußwunden immer mit einem breiten Spektrum von Bakterien besiedelt sind, müssen die interaktiven Verbandsmaterialien jedoch auf die Wundgröße zurechtgeschnitten werden und täglich gewechselt werden. Ein Verschluss des Wundgebiets (Okklusion) ist nicht indiziert, da hierbei gefährliche Infektionen durch anaerobe Keime gefördert werden können.²⁸⁵ Liegt eine hartnäckige Fibrinpersistenz vor, können auch Fliegenmaden zum Einsatz gebracht werden, die die Fibrinbeläge entfernen, wodurch ein granulierter Wundgrund entsteht. Die Wunde kann dann besser zuheilen oder es kann eine Hauttransplantation erfolgen. Auch die Transplantation einer gezüchteten Keratinozyten – Schicht ist in speziellen Zentren möglich.

9. Resümee

Unterschiedlich starke Wechselwirkungen zwischen der Theorie der Wundheilung und der Praxis der Wundbehandlung ließen sich in allen Epochen nachweisen. In der Antike und im Mittelalter beherrschte die Vier-Säfte-Lehre die Wundheilungstheorie und die Wundbehandlung gleichermaßen. In der Epoche der Renaissance und der Aufklärung gingen bereits sehr wichtige weiterführende Impulse von der Anatomie und Physiologie aus. In der Neuzeit schließlich erbrachte insbesondere die Biologie mit der Aufklärung der Pathogenese der Wundinfektionen durch Bakterien entscheidende Veränderungen in der Praxis der Wundtherapie. Diese äußerten sich in der Antisepsis und der Asepsis. Gegenwärtig wird der Prozess der Wundheilung auf molekularbiologischer Ebene erforscht. Eine immer genauere Kenntnis der Wundheilungsvorgänge könnte weitere neue Behandlungsstrategien mit sich bringen.

Kulturelle Einflüsse veränderten gleichermaßen die Theorie der Wundheilung und die Praxis der Wundbehandlung. Dies wurde an den teils epochemachenden Wechselwirkungen mit den Religionen, den Entdeckungsreisen, den Kolonialmächten und der Industrialisierung dargelegt.

²⁸⁵ Lobmann, R., Lehnert, H.: Diagnostik und Therapie des diabetischen Fußes, Diabetes und Stoffwechsel 1999, Bd. 8, Suppl. 5

Der historische Erkenntnisschatz behält trotz aller Neuentwicklungen weiterhin seinen Wert. Haben doch die allen bekannten Vordenker und Vorbilder über Generationen hinweg das gesamte medizinische Wissen tradiert, weiterentwickelt und in einer jeweils der Zeit und ihren Möglichkeiten angepassten Art entsprechend angewandt. Hierzu gehört auch der gesamte Komplex der natürlichen Wundheilmittel. Sie sind teilweise Bestandteil moderner Therapieansätze. Dies ließ sich am Beispiel der Alginatverbände exemplarisch zeigen. Diese Arbeit mag neben der geleisteten historischen Einordnung des bisherigen Entwicklungsweges als Orientierungshilfe bei der Bewertung neuer Entwicklungen auf dem Gebiet der Wundheilung dienen.

10. Literaturverzeichnis

10.1. Primärliteratur:

- [1] Albina, J.E.: Nutrition and Wound Healing, Journal of Parenteral and Enteral Nutrition 1994, Bd. 18, S.367- 376

- [2] Albucasis: La chirurgie d' Albucase, Traduction francaise du Dr. L. Leclerc, Paris 1861

- [3] Algire, G.H. : An adaption of the transparent chamber technique to the mouse, Journal of the National Cancer Institute 1943, Bd. 4, S. 1- 11

- [4] Apelquist J., Larsson, J.: Long-term prognosis for diabetic patients with foot ulcers, Journal of Internal Medicine 1993, Bd.233, S.485- 491

- [5] Argenta, LC; Morykwas, MJ: Vacuum assisted closure: A new method for wound control and treatment: clinical experience, Annals of Plastic Surgery 1997, Bd. 38, S. 563- 576

- [6] Arumugam, S. et al.: Temporal activity of plasminogen activators and matrix metalloproteinases during cutaneous wound repair, *Surgery* 1999, Bd. 125, S. 587- 593
- [7] Banting, F.G., Best, C.H.: Pancreatic extracts, *J. Lab. Clin. Med.* 1921, Bd. 6 – 7, S. 464- 470
- [8] Baraduc, H.: Des causes de la mort en la suit des brulures superficiéles, Paris 1862, Bailliérrre, S. 1- 47
- [9] Barbul, A.: Immune aspects of wound repair, *Clinics in Plastic Surgery* 1990, Bd. 17, S. 433- 442
- [10] Bass, H.: Gründlicher Bericht von Bandagen (1720), 2. Aufl., Leipzig 1732
- [11] Baxter C.: Guidelines for Fluid Resuscitation. *Journal of Trauma* 1981, Bd 21, S. 687 ff.
- [12] Behring, E.v., Kitasato, S.: Über das Zustandekommen der Diphterie-Immunität und der Tetanus-Immunität bei Thieren, *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 1890, Bd. 16, S. 1113-1114
- [13] Betz, P.: Histological and enzyme histochemical parameters for the age estimation of human skin wounds, *International Journal of Legal Medicine* 1994, Bd. 107, S. 60- 68
- [14] Bichat, X.: Anatomie générale, Nouv. Edition, Paris 1818
- [15] Bilguer, J.U.: Anweisung zur ausübenden Wundarzneykunst in Feldlazarethen, Glogau und Leipzig 1763

- [16] Bilguer, J.U.: Abhandlung von dem sehr seltenen Gebrauch, oder der beynahe gänzlichen Vermeidung des Ablösens der menschlichen Glieder, Berlin 1761
- [17] Bilguer, J.U.: Praktische Anweisungen für die Feldwundärzte mit angehängtem Dispensatorium, Berlin 1783
- [18] Blake, J.A.: Surgical impressions of the World War, Military Surgery 1926, Bd. 58, S. 225- 236
- [19] Brown, G.L. et al.: Enhancement of Wound Healing by Topical Treatment with Epidermal Growth Factor, The New England Journal of Medicine 1989, Bd. 321, S. 76- 79
- [20] Brunner, C.: Handbuch der Wundbehandlung, Stuttgart 1916
- [21] Bruns, V.v.: Über Baumwollscharpie, Schwäbischer Merkur, 2.8. 1870
- [22] Brunschwyg, H.: Chirurgia. 1497. Reprint herausgegeben von Konrad Kölbl, München 1968
- [23] Brylinski, C. M.: Nutrition and wound healing: an overview, Ostomy / Wound Management 1995, Bd. 41, S. 14-16; 18; 20- 22; 25- 26
- [24] Carrel, A.: Artificial activation of the growth in vitro of connective tissue, Journal of Experimental Medicine 1913, Bd. 17, S. 14-19
- [25] Carrel, A.: Growth-promoting function of leucocytes, Journal of Experimental Medicine 1922, Bd. 35, S. 385- 391
- [26] Carrel, A.: Rejuvenation of cultures of tissues, Journal of the American Medical Association 1911, Bd. 57, S. 1611

- [27] Chauliac, G. de: La grande chirurgie, E. Nicaise, Paris 1890
- [28] Clark, R.F.: Regulation of Fibroplasia in Cutaneous Wound Repair, American Journal of Medical Sciences 1993, Bd. 306, S. 42- 48
- [29] Cohen, I.K.: Models of Wound Healing, The Journal of Trauma 1990, Bd. 30, Supplementum S149- S155
- [30] Cohen, S.: Isolation of a mouse submaxillary gland protein accelerating in cisor eruption and eyelid opening in the newborn animal, J. Biol. Chem. 1962, Bd. 237, S. 1555-1562
- [31] Cromack, D.T. et al.: Current Concepts in Wound Healing : Growth Factor and Macrophage Interaction, Journal of Trauma 1990, Bd. 30, S. 129- 133
- [32] Dakin, H.D.: The use of certain antiseptic substances in the treatment of infective wounds, British Medical Journal 1915, S. 318- 320
- [33] Deines, H.v.; Grapow, H.; Westendorf, W.: Übersetzung der medizinischen Texte, Grundriss der Medizin der alten Aegypter, Berlin 1958
- [34] Diabetes care and research group: The Saint Vincent Declaration, Diabetic Medicine 1990, Bd. 7, S.360
- [35] Dieffenbach, J.F.: Die operative Chirurgie. 2 Bände. Leipzig 1845 und 1848
- [36] Diegelmann, R.F. et al.: A subcutaneous implant for wound healing studies in humans, Journal of Surgical research 1986, Bd. 40, S. 229- 237
- [37] Diegelmann, R.F. et al.: Collection of leukocytes, fibroblasts, and collagen within an implantable reservoir tube during tissue repair, J. Leuk. Biol. 1987, Bd. 42, S. 667- 672

- [38] Domagk, G.J.P.: Ein Beitrag zur Chemotherapie der bakteriellen Infektionen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1935, Bd. 61, S. 250- 253
- [39] Dzondi, K.-H.: Über Verbrennungen und das einzige sichere Mittel, sie in jedem Grade schnell und schmerzlos zu heilen, Halle 1816
- [40] Ebert, R.H., Grant, L.: Experimental approach to inflammation, in: Zweifach, B.W. et al.: The Inflammatory Process, Academic Press New York, San Francisco, London 1974
- [41] Ehrlich, H.P., Hunt, T.K.: Effects of Cortisone and Vitamin A on Wound Healing, Annals of Surgery 1968, Bd. 167, S. 324- 328
- [42] Field, Ch. K.: Overview of wound healing in a moist environment, American Journal of Surgery 1994, Bd. 167, Supplementum 2S-6S
- [43] Fischer, A.: The nature of the growth-promoting substances in the embryonic tissue juice, Acta Physiologica Scandinavia 1941, Bd. 3, S. 54- 70
- [44] Flanigan, K.H.: Nutritional Aspects of Wound Healing, Advances in Wound Care 1997, Bd. 10, S. 48- 52
- [45] Fleischmann, W. et al.: Chirurgische Wundbehandlung, Chirurg 1998, Bd. 69, S. 222- 232
- [46] Fleischmann, W. et al.: Vakuumversiegelung zur Behandlung des Weichteilschadens bei offenen Frakturen, Unfallchirurg 1993, Bd. 96, S. 488- 492
- [47] Fleming, A.: The action of chemical and physiological antiseptics in a septic wound, British Journal of Surgery 1919, Bd. 7, S. 99- 129

- [48] Fleming, A.: On the antibacterial action of cultures of a penicillium with special reference to their use in the isolation of B. influenzae, British Journal of Experimental Pathology 1929, Bd. 10, S. 226- 236
- [49] Fontaine, R., Kim, M., Kieny, R.: Die chirurgische Behandlung der peripheren Durchblutungsstörungen, Helvetica Chirurgica Acta. 1954; Bd. 21, S. 499 ff.
- [50] Forrest, L.: Current Concepts in soft connective tissue wound healing, British Journal of Surgery 1983, Bd. 70, S. 133- 140
- [51] Friedrich, P.L.: Die aseptische Versorgung frischer Wunden unter Mittheilung von Thier- Versuchen über die Auskeimzeit von Infectionserregern in frischen Wunden, Archiv für klinische Chirurgie 1898, Bd. 57, S. 288- 310
- [52] Friedrich, P.L.: Die Behandlung infektionsverdächtiger und infizierter Wunden, einschließlich der panaritien, phlegmonösen, furunkulösen Entzündungen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1905, Bd. 31, S. 1027- 1032
- [53] Füller: Beitrag zum Gebrauch des Thymols bei der antiseptischen Behandlung von Wunden und besonders der Verbrennungen, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1879, Bd. 5, S. 527- 528, S. 541- 543
- [54] Georg, H. et al: Aufgeschobene Primärversorgung; klinische, tierexperimentelle, bakteriologische und histologische Untersuchungsergebnisse, Langenbecks Archiv für klinische Chirurgie 1965, Bd. 311, S. 413- 430
- [55] Gersdorff, Hans v.: Feldbuch der Wundartzney, Strassburg 1517
- [56] Graefe, C.F.: Normen für die Ablösung größerer Gliedmaßen, Berlin 1812
- [57] Grimbel, N.S. et al.: A study of epithelialisation in blistered burns, AMA Archives of Surgery 1957, Bd. 74, S. 800- 803

- [58] Grossich, A.: Eine neue Sterilisierungsmethode der Haut bei Operationen, Zentralblatt für Chirurgie 1908, Bd. 35, S. 1289- 1292
- [59] Gottrup, F. et al.: Models for use in wound healing research: a survey focusing on in vitro and in vivo adult soft tissue, Wound Repair and Regeneration 2000, Bd. 8, S. 83- 96
- [60] Goodson, W.H. 3rd., Hunt, T.K.: Development of a new miniature method for the study of wound healing in human subjects, Journal of Surgical Research 1982, Bd. 33, S. 394- 401
- [61] Haller, J.S.: Treatment of infected Wounds during the Great War, 1914 to 1918, Southern Medical Journal 1992, Bd. 85, S. 303- 315
- [62] Hasson, H.M. et al.: A new sutureless technique for skin closure, Archives of Surgery 1976, Bd. 11, S. 83- 84
- [63] Henle, J.: Von den Miasmen und Kontagien und von den miasmatisch-kontagiösen Krankheiten. Nachdruck aus: Pathologische Untersuchungen, Berlin 1840. In Sudhoff, K. (Hrsg.): Klassiker der Medizin, Leipzig 1910
- [64] Hilden, F. v.: Vom heißen und kalten Brand. Nach der 1603 publizierte 2. dt. Ausg. Hrsg. Hintzsche, Erich, Stuttgart 1965
- [65] Hinman, C.D.; Maibach, H.: Effect of air exposure and occlusion on experimental human skin wounds, Nature 1963, Bd. 200, S. 377- 379
- [66] Hohenheim, Theophrastus Bombastus von: Sieben Defensiones und Labyrinthus medicorum errantium, 1538, herausgegeben von Karl Sudhoff, Leipzig 1915

- [67] Howes, E.L. et al.: Retardation of wound healing by cortisone, *Surgery* 1950, Bd. 28, S. 177- 181
- [68] Hübner-Müller, C.: Taurolin in der Lokalbehandlung septischer Ulcera, *Zeitschrift für Wundheilung* 2000, Bd.5, S. 7- 9
- [69] Hunt, T.K. et al.: Effect of Vitamin A on reversing the inhibitory effect of Cortisone on healing of open wounds in animals and man, *Annals of Surgery* 1969, Bd. 170, S. 633- 640
- [70] Hunt, T.K.: Basic Principles of Wound Healing, *Journal of Trauma* 1990, Bd. 30, S. 122- 128
- [71] Joachim, N.: Papyros Ebers. Das älteste Buch über Heilkunde. Aus dem Ägyptischen zum ersten Mal vollständig übersetzt von Dr. med. N. Joachim, Berlin 1890
- [72] Kapferer, R.: Die Werke des Hippokrates. Die hippokratische Schriftensammlung in neuer deutscher Übersetzung, Stuttgart, 1938
- [73] Kern, V.v.: Die Leistungen der chirurgischen Klinik der hohen Schule zu Wien vom 18. April 1805, bis dahin 1824, Wien 1828
- [74] Kern, V.v.: Anleitung für Wundärzte zur Einführung einer einfachern, natürlicheren und minder kostspieligen Methode, die Verwundeten zu heilen. Aus dem Französischen von J.B. Schaul. Stuttgart 1810
- [75] Kiecolt-Glaser, J.K. et al.: Slowing of wound healing by psychological stress, *The Lancet* 1995, Bd. 346, S. 1194- 1196
- [76] Kiecolt-Glaser, J.K. et al.: Stress-related changes in proinflammatory cytokine production in wounds, *Archives of General Psychiatry* 1999, Bd. 56, S. 450- 456

- [77] Knighton, D.R. et al.: Classification and treatment of chronic nonhealing wounds - successful treatment with autologous platelet derived wound healing factors (PDWHF), *Annals of Surgery* 1986, Bd. 204, S. 322- 330
- [78] Koch, R.: Über die Cholerabakterien, *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 1884, Bd. 10, S. 725- 728
- [79] Koch, R.: Untersuchungen über die Ätiologie der Wundinfektionskrankheiten, Vogel, Leipzig 1878
- [80] Larrey, J.D.: Medizinisch- chirurgische Denkwürdigkeiten aus seinen Feldzügen, aus dem Französischen übersetzt, Band 1 u. 2, Leipzig 1813
- [81] Lauber, H.J.: Vitamine als Heilmittel in der Chirurgie, *Die Medizinische Welt* 1936, Bd. 10, S. 255- 259
- [82] Lazarou, S.A., Barbul, A. et al.: The wound is a possible source of posttraumatic immunosuppression, *Archives of Surgery* 1989, Bd. 124, S. 1429- 1431
- [83] Leibovich, S.J.; Ross, R.: The role of the macrophage in wound repair, a study with hydrocortisone and antimacrophage serum, *American Journal of Pathology* 1975, Bd. 78, S. 71- 91
- [84] Lick, R.F. et al.: Zum nahtlosen Wundverschluss durch Kleben, *Medizinische Klinik* 1967, Bd. 62, S. 321- 323
- [85] Lind, J.: An Essay on the Most Effectual Means of Preserving the Health of Seamen in the Royal Navy, J. Murray, London 1779
- [86] Lind, J.: A Treatise of the Scurvy, Sands, Murray and Cochram, Edinburgh 1753

- [87] Lindner, J.; Huber, P.: Biochemische und morphologische Grundlagen der Wundheilung und ihrer Beeinflussung, Medizinische Welt 1973, Bd. 24, S. 897-911
- [88] Linton, R.R.: John Homans' impact on diseases of the veins of the lower extremity, with special reference to deep thrombophlebitis and the post-thrombotic syndrome with ulceration, Surgery 1977, Bd. 81, S. 1- 11
- [89] Lippert, H.: Wundatlas, Wunde Wundbehandlung und Wundheilung, Heidelberg 2001
- [90] Lister, J.: On a new method of treating compound fracture, abscess, etc., The Lancet, 45. Jahrgang 1867, Bd. 1: S. 326- 329, S. 357- 359, S. 387- 389, S. 507-509; Bd. 2: S. 95- 96
- [91] Lister, J.: On recent improvements in the details of antiseptic surgery, The Lancet, 53. Jahrgang 1875, Bd 1, S. 365- 367, S. 401- 402, S. 434- 436, S. 468-470, S. 603- 605, S. 717- 719, S. 787- 789
- [92] Löhr, W.: Über die Lebertranbehandlung (mit und ohne Gipsverband) bei frischen Verletzungen, Verbrennungen und phlegmonösen Entzündungen, Zentralblatt für Chirurgie 1934, Bd. 61, S. 1686- 1698
- [93] Lobmann, R., Lehnert, H.: Diagnostik und Therapie des diabetischen Fußes, Diabetes und Stoffwechsel 1999, Bd. 8, Suppl. 5
- [94] Madaus, G.: Lehrbuch der biologischen Heilmittel, Georg Ohms Verlag, Hildesheim 1976, Nachdruck der ersten Auflage: Leipzig 1938
- [95] Majno, G., Gabbiani, G., Ryan, G.B. et al.: Contraction of granulation tissue in vitro: similarity to smooth muscle, Science 1971, Bd. 173, S. 548- 550

- [96] Marchand, F.: Der Process der Wundheilung mit Einschluss der Transplantationen, Deutsche Chirurgie 1901, Bd. 16
- [97] Mondeville, H. de: Die Chirurgie des H. v. Mondeville, Hrsg. Pagel, J.L., Langenbecks Archiv f. klin. Chir. 1890-1892, in Bd. 40 bis 42
- [98] Monro, A.: Remarks on the amputations of the larger extremities, Medical Essays and Observations, published by a Society in Edinburgh 1737
- [99] Müller, C.D. et al.: Die Hyperbare Oxygenation (HBO) bei Wundheilungsstörungen, Hartmann Wund Forum Ausgabe 1 / 1999, S. 17- 25
- [100] Müller, J.: Handbuch der Physiologie, Bd. 1, 2. Auflage, Koblenz 1835
- [101] Müllner, T. et al.: The use of negative pressure to promote the healing of tissue defects: a clinical trial using the vacuum sealing technique, British Journal of Plastic Surgery 1997, Bd. 50, S. 194- 199
- [102] Mulder, G.T.: The role of tissue engineering in wound care, Journal of wound care 1999, Bd. 8, S. 21- 24
- [103] Mulholland, J.H.: Protein Metabolism and Bedsores, Annals of Surgery 1943, Bd. 118, S. 1015- 1018
- [104] Neuber, G.A.: Zur Technik der aseptischen Wundbehandlung, Zentralblatt für Chirurgie 1892, Bd. 19, S. 393- 401
- [105] Nightingale, Florence: Notes on hospitals, 3rd ed., London 1863
- [106] Nola, G.T., Vistnes, L.M.: Differential Response of Skin and Muscle in the Experimental Production of Pressure Sores, Plastic and reconstructive Surgery 1980, Bd. 66, S. 728- 733

- [107] Oribasius: Oeuvres, Bussemaker and Daremberg, Paris 1873
- [108] Paget, J.: Clinical lecture on bedsores, Students Journal Hospital Gazette (London) 1873, Bd. 1, S. 144- 146
- [109] Papantonio, C.: Alternative Medicine and Wound Healing, Ostomy / Wound management 1998, Bd. 44, S. 44- 55
- [110] Paracelsus: Die große Wundarzney, Augsburg 1537
- [111] Paulus von Aegina: Des besten Arztes sieben Bücher. Übersetzt von J. Berendes, Leiden 1914
- [112] Pfolspeundt, H. v.: Buch der Bündth-Artzney von Heinrich von Pfolspeundt, Bruder des deutschen Ordens 1460., herausgegeben von A. Middeldorpf, Berlin 1868
- [113] Pirogoff, N.I.: Grundzüge der allgemeinen Kriegschirurgie, Leipzig 1864
- [114] Pirogoff, N.I.: Klinische Chirurgie, eine Sammlung von Monographien, Leipzig 1854
- [115] Pringle, J.: Observations on the diseases of the Army, in camp and garrison....., London 1753
- [116] Ratnoff, O.D.: Blood clotting mechanisms: an overview, in: Ogston, D., Bennet, B.: Haemostasis: Biochemistry, physiology and pathology, Wiley and Sons, London 1977

- [117] Ratschow, M.: Die peripheren Durchblutungsstörungen, Dresden; Leipzig: Steinkopff 1953, 5. umgearbeitete und ergänzte Auflage (erste Auflage: Dresden; Leipzig: Steinkopff 1939)
- [118] Ravitch M.M.; Rivarola, A.: Enteroanastomosis with an automatic instrument, Surgery 1966, Bd. 59,S. 270- 277
- [119] Redi, F.: Experiments on the generation of insects, translated by M. Bigelow from the 5th Ed. of 1688 ,(Italian Original, Florence 1668), Chicago 1909
- [120] Reichenbach, K. v.: Das Kreosot, ein neuentdeckter Bestandtheil des gemeinen Rauches, des Holzessigs und aller Arten von Teer, Eduard Anton, Halle 1833
- [121] Reverdin, J.L.: Greffe epidermique - Experience faite dans le service de M. le docteur Guyon, a l'hopital Necker, Bull. Soc. Imp. Chir. Paris 1869, 2 ser. 10, S. 511- 515
- [122] Reyher, C.: Über primäres Debridement der Schusswunden, in: International Medical Congress, Transactions, London 1881, vol. 2, S. 587- 597
- [123] Reyher, C.: Die antiseptische Wundbehandlung in der Kriegschirurgie, in: Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge 1878, Chirurgie, Nr. 30, S. 1207- 1262
- [124] Robertson, O.H.: A method of citrated blood transfusion, British medical Journal Jahrgang 1918, Bd. 1, S. 477- 479
- [125] Rollo, J.: A short account of the Royal Artillery Hospital at Woolwich..., Maurman, London 1801

- [126] Ross, R. et al.: A platelet-dependent serum factor, that stimulates the proliferation of arterial smooth muscle cells in vitro, Proceedings of the National Academy of Sciences USA 1974, Bd. 71, S. 1207- 1210
- [127] Rund, C.R.: Non conventional topical therapies for wound care, Ostomy / Wound Management 1996, Bd. 42, S. 18- 20; 22- 24; 26
- [128] Ryan, G.B., Majno, G.: Acute Inflammation – A Review, American Journal of Pathology 1977, Bd. 86, S. 185- 275
- [129] Sandison, J.C.: A new method for the microscopic study of living growing tissues by the introduction of a transparent chamber in the rabbit's ear, Anatomical Records 1924, Bd. 28, S. 281- 287
- [130] Sandison, J.C.: The transparent chamber of the rabbit's ear, giving a complete description of improved technic of construction and introduction, and general account of growth and behavior of living cells and tissues as seen with the microscope, The American Journal of Anatomy 1928, Bd. 41, S. 441- 471
- [131] Scheller, R. (Übersetzer): Aulus Cornelius Celsius über die Arzneiwissenschaft in acht Büchern. , Braunschweig, 1906
- [132] Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 1: Calciumalginat zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 4 / 1994, S. 23- 27
- [133] Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 2: Hydrogele zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 1 / 1995, S. 33- 36
- [134] Schenk, K.: Verbandstoffkunde Teil 3: Hydrokolloide zur feuchten Wundbehandlung, Hartmann Wund Forum Ausgabe 2 / 1995, S. 30- 33

- [135] Schilling, J.A. et al.: Wound healing: A comparative study of the histochemical changes in granulation tissue contained in stainless steel wire mesh and polyvinyl sponges cylinders, *Surgery* 1959, Bd. 46, S. 702- 710
- [136] Schink, W.: „Dringlichkeit mit aufgeschobener Operation“ nach Marc Iselin - eine Möglichkeit der Versorgung komplexer Gliedmaßenverletzungen, *Der Chirurg* 1967, Bd. 38, S. 353- 355
- [137] Schottmüller, H.: Wesen und Behandlung der Sepsis, *Verhandlungen des Deutschen Kongresses für Innere Medizin* 1914, Bd. 31, S. 257- 280
- [138] Schwann, Th.: Mikroskopische Untersuchungen ueber die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen, Berlin 1839
- [139] Simpson, J.Y.: Our existing system of hospitalism and its effects, *Edinburgh Medical Journal* 1869, Bd. 14, S. 816
- [140] Singer, A.J., Clark, R.F.: Cutaneous Wound Healing, *The New England Journal of Medicine* 1999, Bd. 341, S. 736- 746
- [141] Standl, E et al.: Zur Amputationshäufigkeit von Diabetikern in Deutschland, *Diabetes und Stoffwechsel* 1996, Bd. 5, S.29- 32
- [142] Stearns, M.L.: Studies on the development of connective tissue in transparent chambers in the rabbit's ear, *American Journal of Anatomy* 1940, Bd. 66, S. 133 ff.
- [143] Stromeyer, L.: *Maximen der Kriegsheilkunst* 1. und 2. Abtheilung, Hannover 1855
- [144] Sumner, F.W.: Prevention and treatment of septic wounds in warfare, *Indian Medical Gazette* 1914, Bd. 49, S. 433- 436

- [145] Táncoz, E. et al.: Keratinozytentransplantation und Tissue Engineering - Neue Ansätze in der Behandlung chronischer Wunden, Zentralblatt für Chirurgie 1999, Bd. 124, Suppl. 1, S. 81- 86
- [146] Theoderic: The surgery of Theoderic, Translated by Eldridge Campbell and James Colton, New York 1955; S. 1, 12
- [147] Thiersch, C.: Über Hautverpflanzungen, 15. Chirurgischer Kongreß zu Berlin 07.- 10.4. 1886, Verhandlung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, Beilage zum Centralblatt für Chirurgie 1886
- [148] Tommasoli: Le iniezioni di sieri artificiali come metodo per insorgiare la morte nelle scottature, Riforma medica (Napoli) 1897, Bd. 13, S. 39- 41
- [149] Turner, T.D.: Which dressing and why, in: Westby, S. (Hrsg.): Wound Care, Heinemann Medical, London 1985 (Erstveröffentlichung in: The Pharmaceutical Journal 1979, Bd. 222, S. 421)
- [150] Viljanto, J.: Cellstick: a device for wound healing studies in man. Description of the method, Journal of Surgical Research 1976, Bd. 20, S. 115- 119
- [151] Walther, Ph. v.: Abhandlung über topische Behandlung und über den Verband der eiternden Wunden, Journal für Chirurgie und Augenheilkunde von C. Graefe und Ph. v. Walther, Berlin 1826, Bd. 9, S. 177 ff. , S. 223 ff.
- [152] Waugh, W.G.: Experiments in the acceleration of wound healing, British Medical Journal Jahrgang 1940, Bd. 1, S. 249- 252
- [153] Wagner, F.: The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment, Foot and Ankle 1981, Bd. 2, S. 64- 122

- [154] Weinstein, M.L.: Update on wound healing: a review of the literature, *Military Medicine* 1998, Bd. 163, S. 620- 624
- [155] Wieman, T.J., Smiell, J.M., Su, Y.: Efficacy and safety of a topical gel formulation of recombinant human platelet-derived growth factor-BB (becaplermin) in patients with chronic neuropathic diabetic ulcers: a phase III randomised placebo-controlled double-blind study, *Diabetes Care* 1998, Bd. 21, S. 822- 827
- [156] Willenegger, H.: Lokale Antiseptika in der Chirurgie- Wiedergeburt und Weiterentwicklung, *Unfallchirurgie* 1994, Bd. 20, S. 94- 110
- [157] Winter, G.D.: Formation of the scab and the rate of epithelialisation of superficial wounds in the skin of the young domestic pig, *Nature* 1962, Bd. 193, S. 293- 294
- [158] Winter, G.D.; Scales, J.T.: Effect of air drying and dressings on the surface of a wound, *Nature* 1963, Bd. 197, S. 91- 92
- [159] Wirth, D.P. et al.: Wound healing and complementary therapies: a review, *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 1996, Bd. 2, S. 493- 502
- [160] Wiseman, R.: *Severall chirurgical treatises*, London 1676
- [161] Witte, M.B., Barbul, A.: General Principles of Wound Healing, *Surgical Clinics of North America* 1997, Bd. 77, S. 509- 528
- [162] Wokalek, H. et al.: Time course of wound healing, *Journal of biomaterials applications* 1991, Bd. 5, S. 337- 362
- [163] Wright, A.E.: The question as to how septic war wounds should be treated, *Lancet* 1916, 94. Jahrgang, Bd.2, S. 503- 513

- [164] Young, J.S. et al.: Some observation on the healing of experimental wounds in the skin of the rabbit, J Path. Bact. 1941, Bd. 52, S. 225- 246
- [165] Zimmermann, W.: Meine Erfahrungen in der Naturheilkunde: Heilpflanzen in der Wundbehandlung, Fortschritte der Medizin 1988, Bd. 106, Heft 11, S. 24-25; 1989, Bd. 107, Heft 5, S. 20- 22; 1989, Bd.107, Heft 7, S. 20

10.2. Sekundärliteratur zur Geschichte der Wundheilung und Wundversorgung:

- [166] Ackerknecht, E.H.: Zur Geschichte der Arteriosklerose, Gesnerus 1975, Bd. 32, S. 229- 234
- [167] Alexander, J.W.: The contributions of infection control to a century of surgical progress, Annals of Surgery 1985, Bd. 201, S. 423- 428
- [168] Andreassi, L.: History of keratinocyte cultivation, Burns 1992, Bd. 18, Supplementum 1, S2 –S4
- [169] Angelotti, N. ; Martini, P.:La terapia delle ulcere e delle ferite cutanee attraverso i secoli, Minerva Medica 1997, Bd. 88, S. 49- 55
- [170] Bäumer,F.; Henrich,H.A.: Historische Entwicklung der Lokalbehandlung von Verbrennungen, Fortschritte der Medizin 1989, Bd. 107, S. 319- 320
- [171] Benedum, J.: Aus der Geschichte der Wundbehandlung, Zentralblatt für Chirurgie 2000, Bd. 125, S. 84- 86
- [172] Benison, S.; Barger A.C.; Wolfe, E.L.: Walther B. Cannon and the mystery of shock: a study of anglo- american co-operation in World War I, Medical History 1991, Bd. 35, S. 217- 249; S. 224- 226

- [173] Bentley, J.P.: Excelsior: A Retrospective View of Collagen, Journal of Investigative Dermatology 1976, Bd. 67, S. 119- 123
- [174] Bernstein, J. G.: Systematische Darstellung des chirurgischen Verbandes, sowol älterer als neuerer Zeiten. Jena 1798
- [175] Blanken- Spindler, J.: Faits divers uit de geschiedenis van de wondverzorging, Tijdschrift vor Ziekenverpleging 1991, Bd. 101, S. 696- 699
- [176] Bliss, M.R.: Acute pressure area care: Sir James Paget's legacy, The Lancet 1992, Bd. 339, S. 221- 223
- [177] Bock, A.W.: Diätetische Wundbehandlung im Mittelalter, Diss. med. Leipzig 1929
- [178] Brantigan, C.O.: The history of understanding the role of growth factors in wound healing, Wounds 1995, Bd. 8, S. 78- 90
- [179] Brennan, S.S; Leaper, D.J.: The search for an ideal wound dressing, Bristol Medico- Chirurgical Journal 1984, Bd. 99, S. 77- 79
- [180] Brown, H.: Wound healing research through the ages; in: Cohen, I.K., Diegelmann R.F., Lindblad, W.J.: Wound healing – biochemical and clinical aspects (S. 5 –18), Saunders Philadelphia 1992
- [181] Brunn, W. v.: Zur Geschichte der Blutstillung, Die Medizinische Welt 1935, S. 107- 108
- [182] Caldwell, M.D.:Topical wound therapy - an historical perspective, Journal of Trauma 1990, Bd. 30, S. 116- 122

- [183] Certosimo, F.J.: Wound healing and repair, a review of the art and science, *General Dentistry* 1998, Bd. 46, S. 362- 369
- [184] Chelone, L.F.: *Leben und Werk des Phillip Ignaz Semmelweis*, Wien 1980
- [185] Churchill, E.D.: Healing by first intention and with suppuration, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 1964, Bd. 19, S. 193- 215; S. 199
- [186] Churchill, E.D.: The pandemic of wound infection in hospitals, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 1965, Bd. 20, S. 391- 404
- [187] Constable, J.D.: The state of burn care: past, present and future, *Burns* 1994, Bd. 20, S. 316- 324
- [188] Cope, Sir Z.: The treatment of wounds through the ages, *Medical History* 1958, Bd. 2, S. 163- 172
- [189] Crissey, J.T., Parish, L.C.: Wound healing: development of the basic concepts, *Clinics in Dermatology* 1984 Bd. 2 / 3, S. 1- 7
- [190] Donnelly, J.: Wound healing: From poultices to maggots, a short synopsis of wound healing through the ages, *Ulster Medical Journal* 1998, Bd. 67, S. 47- 51
- [191] Earle, A.S.: The germ theory in America: Antisepsis and asepsis (1867 – 1900), *Surgery* 1969, Bd. 65, S. 508- 522
- [192] Edlich, R.F.: The biology of wound repair and infection: a personal odyssey, *Annals of Emergency Medicine* 1985, Bd. 14, S. 1018- 1025
- [193] Farrar, G.E. jr.: Milestones in clinical pharmacology: wound healing, *Clinical Therapeutics* 1991, Bd. 13, S. 430- 434

- [194] Fischer–Homberger, E.: Die gerichtsmedizinische Wundbegutachtung vom 16. bis zum 18. Jahrhundert, Gesnerus 1983, Bd.40, S. 75- 80
- [195] Fischer–Homberger, E.: Zur Medizingeschichte des Traumas, Gesnerus 1999, Bd. 56, S. 260- 294
- [196] Forrest, R.D.: Early history of wound treatment, Journal of the Royal Society of Medicine, 1982, Bd. 75, S. 198- 205,
- [197] Forrest, R. D.: Development of wound therapy from the dark ages to the present, Journal of the Royal Society of Medicine 1982, Bd. 75, S. 268- 273
- [198] Frölich, H.: Einige der ältesten Abhandlungen über Schußwunden, Archiv für klinische Chirurgie 1882, Bd. 27, S. 593- 613
- [199] Gabbiani, G.: Some historical and philosophical reflections on the myofibroblast concept, Current topics in pathology 1999, Bd. 93, S. 1- 5
- [200] Gantz–Kohler, I.: Über Eigenschaften und Verhalten der Wundärzte in chirurgischen Schriften des 17. und 18. Jahrhunderts, Diss. Med. München 1983
- [201] Gortvay, G., Zoltan I.: Ignaz Philip Semmelweis, Leipzig 1967
- [202] Graner, J.L.: S.K. Livingstone and the Maggot Therapy of Wounds, Military Medicine 1997, Bd. 162, S. 296- 300
- [203] Gribel, F.: Die Entwicklung der Wundbehandlung von der Mitte des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, Diss. med. Berlin 1936 in: Abhandlungen zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften, Heft 15, Berlin 1936
- [204] Grosbius, S.; Goulon, M.: Le traitement du tétanos, Revue du praticien 1998, Bd. 48, S. 478- 481

- [205] Groß, D.: Die Verdrängung der Wundärzte aus der Heilkunde in Deutschland 1871/1872, Fortschritte der Medizin 1996, Bd. 114, S. 109- 112
- [206] Haller, J.S.: Treatment of infected wounds during the Great War, 1914 to 1918, Southern Medical Journal 1992, Bd. 85, S. 303- 315
- [207] Hardaway, R.M. 3rd.: Care of the wounded of the United States Army from 1775 to 1991, Surgery, gynecology & obstetrics 1992, Bd. 175, S. 74- 88
- [208] Hauben, D.J.: On the history of the free skin graft, Annals of plastic surgery 1982, Bd. 9, S. 242- 246
- [209] Hauben, D.J.: The evolution of wound healing by first intention (a short history of wound treatment) Qorot (Koroth) 1985, Bd. 8, Heft 11- 12, S. 77- 88
- [210] Horndasch, M.: Der Chirurg Napoleons: Das Leben des J. D. Larrey, Bonn 1948
- [211] Jackson, D.M.: A historical review of the use of local physical signs in burns, British Journal of Plastic Surgery 1970, Bd. 23, S. 211- 218
- [212] Kiene, S.: Zur Geschichte der Behandlung von Verbrennungswunden, in: Qualitätssicherung und Standardisierung der Wundbehandlung: Symposiumsbericht, Heidelberg, Leipzig: Barth 1995, S. 5- 13
- [213] Knapp.: Die Wunde: Pathophysiologie – Behandlung – Komplikationen, Stuttgart 1981
- [214] Konietzny, H.: Erkenntnisse in der Wundheilung seit Marchand, Diss. med. München 1952
- [215] Kowe, Ursula: Die Geschichte des Verbandstoffes, Diss. med. Bonn 1958

- [216] Kreymann, G.; Wolf, M.: Geschichte und Definition der Sepsis- Brauchen wir eine neue Terminologie?, *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie* 1996, Bd. 31, S. 9- 14
- [217] Krönlein, R.U.: Historische Anmerkungen zum Thema der Wundbehandlung, *Archiv für klinische Chirurgie* 1875, Bd. 18, S. 74- 97
- [218] Kuijjer, P.J.: Geschiedenis van het genezen; de wondhechting, *Ned. Tijdschr. Geneeskd*, 1998, Bd. 142, S. 473- 479
- [219] Majno, G.: *The Healing Hand – Man and Wound in the Ancient World*, Harvard University Press, Cambridge 1975, First Harvard University Press paperback edition 1991
- [220] Mc. Keown, K.C.: *The History of the Diabetic Foot*, *Diabetic Medicine* 1995, Bd. 12, S. 19- 23
- [221] Miguel Vidal, M.: *Heridas. Un paseo por la historia de sus cuidados*, *Revistas de Enfermería* 1991, Bd. 151, Heft 14, S. 74- 78
- [222] Mochmann, H.; Köhler, W.: *Meilensteine der Bakteriologie*, (1. Auflage Jena 1984), 2. Auflage Frankfurt am Main: Edition Wötzel, 1997, Kapitel Wundinfektionen: S. 94- 106
- [223] Mörl, F.: *Die Wundbehandlung im Wandel der Zeiten*, *Die Medizinische Welt*, Jahrgang 1968, S. 1083- 1088
- [224] Müller – Landgraf, I.: *Geschichte der Vitamine*, *Therapeutische Umschau* 1994, Bd. 51, S. 459- 461

- [225] Neureiter, F. v.: Anfänge gerichtlicher Medizin nach den Stadtrechten des deutschen Mittelalters, Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin 1935, Bd. 24, S. 1- 7
- [226] Piez, K.A.: History of Extracellular Matrix: A Personal View, Matrix Biology 1997, Bd. 16, S. 85- 92
- [227] Plehn, M.: Verbandstoffgeschichte, Stuttgart 1990
- [228] Quintal, D.; Jackson, R.: Leg Ulcers: A historical perspective, Clinics in Dermatology 1990, Bd. 8, S. 4- 12
- [229] Redwitz, E. v.: Über die Entwicklung und den heutigen Stand der Lehre von der Wundinfektion und der abortiven Wundantiseptik, Münchener Medizinische Wochenschrift 1927, Bd. 74, S. 1441- 1447; S. 1501- 1506
- [230] Rehounek, V.: Grundzüge frühgriechischer Wundbehandlung, Diss. med. Kiel, 1981
- [231] Reith, H.B.: Geschichte der Wundbehandlung, Zentralblatt für Chirurgie 1999, Bd. 124, Suppl. 1, S. 1- 5
- [232] Robinson, J.O.: Surgical drainage: An historical perspective, British Journal of Surgery 1986, Bd. 73, S. 422- 426
- [233] Röthel, H.: Die Geschichte der Wundheilung (I): Vorgeschichtliche Zeit und Antike, Hartmann Wund Forum 4 / 1996, S. 30- 33; (II): Mittelalter und jüngere Neuzeit, Hartmann Wund Forum 1 / 1997, S. 29- 32; (III): Das Zeitalter der Asepsis, Hartmann Wund Forum 2 / 1997, S. 29- 33
- [234] Rohde, H.: Einst und jetzt: Therapie offener Extremitätenfrakturen, Münchener Medizinische Wochenschr. 1972, Bd. 114, S. 600- 608

- [235] Sabath, L.D.: Some historical aspects of bacterial resistance, Bulletin of the New York Academy of Medicine 1987, Bd. 63, S. 330- 336
- [236] Sachs, V.: Einst und jetzt: Bluttransfusion- Zur Geschichte des Transfusionswesens bis zum zweiten Weltkrieg, Münchener Medizinische Wochenschrift 1968, Bd. 110, S. 73- 79
- [237] Schadewaldt, H.: Hospitalinfektionen im Wandel, Zbl. Bakt. Hyg. B 1986, Bd. 183, S. 91- 102
- [238] Schadewaldt, H.: Zur Geschichte des Wundverbandes, Langenbeck' s Arch. für Chir.1975, Band 339, S. 573- 585
- [239] Scharizer, E.: Wundbehandlung im 13. und 14. Jahrhundert, Monatszeitschrift für Unfallheilkunde 1962, Bd. 65, S. 121- 125
- [240] Schilling, J.A.: Advances in knowledge related to wounding, repair, and healing: 1885- 1984, Annals of Surgery 1985, Bd. 201, S. 268- 277
- [241] Schipperges, H.: Ein Jahrhundert Antisepsis und Asepsis: Der Chirurg 1967, Bd. 38, S. 149- 153
- [242] Schmitt, O.: Gerichtliche Medizin in den ersten geschriebenen Rechten germanischer Stämme, Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin 1953 / 1954, Bd. 42, S. 121- 132
- [243] Schmitt, W.: Anti- und Asepsis im Wandel der Zeiten, Zentralblatt für Chirurgie 1979, Bd. 104, S. 625- 630
- [244] Schmitt, W.: Chirurgische Infektionen, in: Chirurgie im Wandel der Zeit 1945 – 1983, Berlin 1983

- [245] Schrudde, J.; Fijalkowski, M.: Die Geschichte der chirurgischen Behandlung von Dekubitalulzera, Handchirurgie (, Mikrochirurgie, Plastische Chirurgie) 1986, Bd. 18, S. 367- 369
- [246] Sedlarik, K.M.; Johnson, A.: Wundheilung, Fischer-Verlag, Jena 1984: 2. Kapitel: Aus der Geschichte der Wundheilung und Wundbehandlung, S. 25- 41
- [247] Stelzner, F.: Zur Geschichte der Wundinfektion und der Asepsis, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1969, Bd. 94, S. 730- 732
- [248] Steudel, J.: Bau und Funktion der Haut in der Antike, Studium generale 1964, Bd. 17, S. 583- 588
- [249] Steudel, J.: Der Verbandstoff in der Geschichte der Medizin, Düren 1964
- [250] Teubner, E.: Zur Geschichte der Ligatur und des chirurgischen Nahtmaterials, Med. Welt 1973, Bd. 24, S. 946- 950
- [251] Thomsen, M.: Historical Landmarks in the Treatment of Burns, British Journal of Plastic Surgery 1977, Bd. 30, S. 212- 217
- [252] Turk, J.L.: Inflammation: John Hunter's A Treatise on the Blood, Inflammation and Gun-shot Wounds, International Journal of Experimental Pathology 1994, Bd. 75, S. 385- 395
- [253] Turnbull, G.J.: A review of post – traumatic stress disorder, Part I: Historical development and classification, Injury 1998, Bd. 29, S. 87- 91 (Part II: Treatment, Injury 1998, Bd. 29, S. 169- 175)
- [254] Vauvel, W.E., Enes-Gaiao, F.: Aus den Anfängen der Varizenbehandlung, Medizinische Welt 1976, Bd. 27, Heft 20, S. 991- 994

- [255] Wangenstein, O. H.: Some highlights in the history of amputation reflecting lessons in wound healing, *Bulletin of the History of Medicine* Bd. 41, 1967, S. 97- 129
- [256] Wangenstein, O.H.: Military surgeons and surgery, old and new: an instructive chapter in management of contaminated wounds, *Surgery*, 1967, Band 62, S. 1102- 1124
- [257] Wangenstein, O.H.: Some pre- Listerian and post- Listerian antiseptic wound practices and the emergence of asepsis, *Surgery, Gynecology & Obstetrics* 1973, Bd. 137, S. 677- 702
- [258] Wangenstein, O.H.: Surgical cleanliness, hospital salubrity and surgical statistics, historically considered, *Surgery* 1972, Bd. 71, S. 477- 493
- [259] Wangenstein, O.H.: Preludes to Lister and the interdependence of the sciences, *Surgery* 1965, Bd. 58, S. 931- 934
- [260] Wangenstein, O.H.: Wound management of Ambroise Paré and Dominique Larrey, great french military surgeons of the 16th. and 19th. century, *Bulletin of the History of Medicine* 1972, Bd. 46, S. 207- 234
- [261] Wangenstein, O.H.: Surgeons and wound management: historical aspects, *Connecticut Medicine* 1975, Bd. 39, S. 586- 574
- [262] Wangenstein, O.H.: Carl Reyher (1846–1890), great Russian military surgeon, his demonstration of the role of debridement in gunshot wounds and fractures, *Surgery* 1973, Bd. 74, S. 641- 649
- [263] Whipple, A.O.: *The story of wound healing and wound repair*, Springfield, C.C. Thomas 1963

- [264] Widmann, M., Mörgeli, Ch.: Bader und Wundarzt – Medizinisches Handwerk in vergangenen Tagen, Zürich 1998
- [265] Winkle, Stephan: Kulturgeschichte der Seuchen Düsseldorf / Zürich 1997, Kapitel Wundinfektionen, S. 289- 338
- [266] Winter, A., Grausam, H.: Ursprünge der gerichtlichen Medizin, Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 1991, Bd. 85, S. 280- 282
- [267] Wittkopp, A.: Die Entwicklung der Wundbehandlung unter besonderer Berücksichtigung der Leistungen Joseph Listers und seiner Zeitgenossen im 19. Jahrhundert, Diss. med. Aachen 1994 in: Studien zur Geschichte des Krankenhauswesens Bd. 35, Herzogenrath 1994
- [268] Wittkowski, J.A.; Parish, L.C.: Occlusive therapy in historical perspective, International Journal of Dermatology 1998, Bd. 37, S. 555- 558
- [269] Wolters, B.: Amerikanische Arzneipflanzen in der spanischen Kolonialzeit 1492 – 1825, Vortrag gehalten am 10. 6. 1999 anlässlich des 50-jährigen Bestehens des DFG-Sondersammelgebietes Pharmazie an der Universitätsbibliothek der TU Braunschweig
(<http://www.biblio.tubs.de/publikation/wolters/vortrag19990610.html>)
- [270] Wolzendorf: Zur Geschichte der Blutstillung im Alterthum und Mittelalter, Berliner klinische Wochenschrift 1867, Bd. 13, S. 428, 456, 470, 570
- [271] Wooden, A.C.: The Wounds and Weapons of the Revolutionary War from 1775 to 1783, Delaware Med. J. 1972, Bd. 44, S. 59- 65

10.3. Allgemeine medizinhistorische Sekundärliteratur:

- [272] Ackerknecht, E.H.: Geschichte der Medizin, 5. Auflage, Stuttgart 1986

- [273] Ackerknecht, E.H.: Therapie von den Primitiven bis zum 20. Jahrhundert, Stuttgart 1970

- [274] Buschan, G.: Über Medizin und Heilkunde im Leben der Völker, Berlin 1941

- [275] Darmstaedter, Ludwig: Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Berlin 1908

- [276] Diepgen, P.: Geschichte der Medizin Bd. 1 und 2, Berlin 1965

- [277] Eckart, W.U.: Geschichte der Medizin, dritte überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin 1998

- [278] Gurlt, E.: Biographisches Lexikon der hervorragenden Ärzte aller Zeiten und Völker, Berlin 1929

- [279] Gurlt, E.: Geschichte der Chirurgie, Band I- III, Hildesheim 1964

- [280] Haeser, H.: Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten, Jena 1881

- [281] Jetter, D.: Geschichte der Medizin, Stuttgart 1992

- [282] Jetter, D.: Das europäische Hospital von der Spätantike bis 1800, Köln 1986

- [283] Kuester, E.: Geschichte der neueren deutschen Chirurgie, Neue deutsche Chirurgie 1915, Bd.15

- [284] Richter, P.: Geschichte der Dermatologie, Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten Bd. 14, Berlin 1928
- [285] Rüster, D.: Alte Chirurgie, 3. Aufl. Berlin 1991
- [286] Toellner, R.: Illustrierte Geschichte der Medizin (deutsche Bearbeitung), Bd. 1-6, Salzburg 1986

Namensverzeichnis

| | |
|--|--|
| Abulkasis (?-1013)..... | 23, 24, 27 |
| Behring, Emil von (1854-1917)..... | 47, 52 |
| Beiersdorf, Paul C. (1836-1896)..... | 65 |
| Bergmann, Emil von (1836-1907)..... | 57, 60 |
| Bilguer, Johann Ulrich (1720-?)..... | 42, 43 |
| Billroth, Theodor (1829-1894)..... | 47 |
| Bock, Hieronymus (1498-1554)..... | 32 |
| Brunner, Conrad (1859-1927)..... | 2 |
| Bruns, Viktor von (1812-1883)..... | 56, 64 |
| Brunschwyg, Hieronymus (1450-1512)..... | 34 |
| Cannon, Walter Bradford (1871-1945)..... | 71, 72 |
| Carrel, Alexis (1873-1944)..... | 66, 67, 70, 72, 82, 83, 84 |
| Celsus, Cornelius (ca. 40 v.Chr.)..... | 15, 16, 19 |
| Chain, Ernst Boris (1906-1979)..... | 69 |
| Chauliac, Guy de (1300-1368)..... | 26 |
| Cohen, Stanley (geb. 1922 in Brooklyn / New York)..... | 83 |
| Cohnheim, Julius (1839-1884)..... | 45, 46 |
| Constantinus Africanus (1018-1087)..... | 24 |
| Cook, James (1728-1779)..... | 40 |
| Dakin, Henry D. (1880-1952)..... | 66, 67, 70, 72 |
| Dioscurides (40 -90 n.Chr.)..... | 11, 12, 31 |
| Domagk, Gerhard (1895-1964)..... | 68 |
| Ehrlich, Paul (1854-1915)..... | 41, 47, 52 |
| Erasistratos von Julis auf Keos (ca. 250 v. Chr.)..... | 8, 15 |
| Fleming, Alexander (1881-1955)..... | 67, 69 |
| Florey, Howard Walter (1898-1968)..... | 68, 69 |
| Fracastoro, Girolamo (1478-1553)..... | 30 |
| Friedrich, Paul Leopold (1864-1916)..... | 57, 64, 74 |
| Fürbringer, Paul (1849-1920)..... | 59 |
| Galen (129-199 n. Chr.)..... | 15, 16, 19 |
| Gersdorff, Hans von (1460-ca. 1520)..... | 34, 35 |
| Grossich, Antonio (1849-1929)..... | 60 |
| Halsted, William Steward (1852-1922)..... | 59, 60 |
| Heister, Lorenz (1682-1758)..... | 43 |
| Henle, Jacob (1809-1885)..... | 44, 49 |
| Hildanus, Fabritius (1560-1634)..... | 76 |
| Hippokrates (460-370 v.Chr.)..... | 4, 5, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 30, 50 |
| Hunter, John (1728-1793)..... | 37, 38 |
| Iselin, Marc (geb. 1898)..... | 75, 76 |
| Kern, Vinzenz von (1760-1829)..... | 61 |
| Kitasato, Shibasaburo (1852-1931)..... | 52 |
| Koch, Robert (1843-1910)..... | 46, 50, 51, 57, 60 |
| Landsteiner, Karl (1868-1943)..... | 72 |
| Larrey, Dominique Jean (1766-1842)..... | 41, 42 |
| Leeuwenhoek, Antoni van (1632-1723)..... | 36 |
| Lind, James (1716-1794)..... | 39 |

| | |
|---|------------------------|
| Lister, Joseph (1827-1912)..... | 54, 55, 56, 57 |
| Longoburgo, Bruno von | 26 |
| Lonicerus (1460-1525)..... | 31, 32 |
| Majno, Guido (geb. 1922 in Mailand)..... | 1, 4, 5, 6 |
| Malpighi, Marcello (1628-1694) | 36, 37 |
| Marchand, Felix (1846-1928)..... | 2 |
| Metschnikoff, Elias (1845-1916)..... | 46, 47 |
| Monardes, Nicolas (1493-1588) | 31 |
| Mondeville, Henri de (1260-1320) | 25, 26 |
| Morawitz, Paul (1879-1936)..... | 48, 80 |
| Morton, William Thomas Green (1819-1868)..... | 60 |
| Neuber, Gustav Adolph (1850-1932)..... | 57, 58, 59 |
| Nicolaier, Arthur (1862-1942)..... | 51 |
| Ogston, Alexander (1844-1929) | 51 |
| Oken, Lorenz (1779-1851) | 44 |
| Oreibasius von Pergamon (325-400 n. Chr.)..... | 23 |
| Paracelsus (1493-1541) | 30, 32, 33, 41 |
| Paré, Ambroise (1510-1590) | 34, 35 |
| Pasteur, Louis (1822-1895) | 50, 54, 60 |
| Paulus von Aegina (erste Hälfte des 7. Jahrhunderts n. Chr.)..... | 19, 23 |
| Pfolspeundt, Heinrich von (ca. 1460-?)..... | 34, 35 |
| Pirogoff, Nicolai I. (1810-1881) | 62, 63 |
| Ratschow, Max (1904-1963) | 95 |
| Reichenbach, Karl von (1788-1869) | 54 |
| Reverdin, Jaques Louis (1842-1929) | 53, 78 |
| Reyher, Carl (1846-1890)..... | 63 |
| Rhazes (850-932) | 23, 24, 25, 26, 27, 29 |
| Robertson, Oswald H. (1886-1966) | 72 |
| Roger von Salerno (2. Hälfte des 12. Jahrhunderts)..... | 25 |
| Rollo, John (?-1809)..... | 40 |
| Saliceto von Bologna (1210-1275) | 26 |
| Schleich, Carl Ludwig (1859-1922)..... | 61 |
| Schmucker, Johann Leberecht (1712-1784)..... | 43 |
| Schwann, Theodor (1810-1882) | 44, 50 |
| Semmelweis, Ignaz Phillip (1818-1865)..... | 49, 50 |
| Spallanzani, Lazzaro (1729-1799) | 36, 37 |
| Theden, Johan Christian Anton (1714-1797) | 42, 43 |
| Theoderich von Lucca (1205-1298)..... | 25, 26 |
| Thiersch, Carl (1822-1895) | 47, 53, 56, 78 |
| Unna, Paul Gerson (1850-1929) | 65, 96, 97 |
| Vigo, Giovanni da (1460-1520)..... | 33, 34 |
| Virchow, Rudolph (1821-1902)..... | 37, 44, 45, 46 |
| Volkman, Richard von (1830-1889) | 56 |
| Walther, Phillip von (1782-1849) | 62 |
| Wells, Horace (1815-1848) | 60 |
| Whipple, Allen Oldfather (1881-1963)..... | 1 |

11. Danksagung

Mein Dank gilt dem ehemaligen Mitarbeiter der Chirurgischen Universitätsklinik Münster Herrn Dr. med. Klaus Kramer (derzeit Chirurgische Universitätsklinik Ulm) für die Anregung zur Bearbeitung des Themas und für seinen Rat in Fragen der Wundversorgung. Besonders danken möchte ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Hans-Peter Kröner aus dem Institut für Ethik, Geschichte und Theorie der Medizin der Universität Münster für seine Unterstützung in allen medizinhistorischen Fragen. Schließlich danke ich meinen Eltern, die mich bei Korrekturarbeiten und der Fertigstellung des Manuskripts tatkräftig unterstützten.

12. Tabellarischer Lebenslauf

Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 12.06.1975 in Münster
Familienstand: ledig
Eltern: Dr.med. Peter Schlathölter, Internist
Birgit Schlathölter, geb. Stremming,
Grundschullehrerin

Schulbildung:

1981-1985: Albert-Schweitzer-Grundschule in Ibbenbüren
1985-1994: Johannes-Kepler-Gymnasium in Ibbenbüren
Juni 1994: Abitur

Studium:

Oktober 1994: Immatrikulation an der WWU-Münster
September 1997: Ärztliche Vorprüfung
August 1998: Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 2001: Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Juni 2002: Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Berufliche Laufbahn:

Juni 2002: Arzt im Praktikum in der fachübergreifenden
Gemeinschaftspraxis in Westerkappeln

November 2002: Arzt im Praktikum am von-Bodelschwingh-
Krankenhaus in Ibbenbüren, Innere Medizin

16.12. 2003: Erlangung der Approbation als Arzt, seitdem
Assistenzarzt am von-Bodelschwingh-Krankenhaus
in Ibbenbüren, Innere Medizin

Michael Schlathölter
Ibbenbüren, 17.11.2004