

A. D. Stäcker

Förderung der Wundheilung durch Bestrahlung mit polarisiertem Licht

Klinische Erfahrungen mit Evolite-Behandlung

Aus der Chirurgischen Abteilung (Chefarzt: Dr. A. D. Stäcker) des St. Joseph-Hospitals, Bremerhaven

Die Behandlung schlechtheilender Wunden ist nach wie vor ein Problem für Klinik und Praxis. Niederenergetisches Laserlicht wurde schon vor über 10 Jahren erfolgreich angewendet. Nach der Erkenntnis, daß dabei die physikalische Eigenschaft der Polarisation des Lichtes für die »Biostimulation« verantwortlich sein muß, wurde das sehr viel einfacher zu gewinnende polarisierte Licht in klinischen Versuchen eingesetzt.

In Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Mester über die Wirkung von Laserstrahlen auf biologische Systeme wurden verschiedene Effekte beschrieben. U.a. konnte die Wundheilung künstlicher Hautdefekte bei Mäusen bei Verwendung geringer Strahlenenergien beschleunigt werden (7, 8). Die Zugfestigkeit von geklammerten Hautwunden im Rattenversuch ergab signifikante Verbesserung unter Laseranwendung (6). Dieser Effekt wurde durch die Untersuchungen von Mutschenreiter und Mitarb. 1980 für die Laserbestrahlung bestätigt (4). Laser- und Rotlichtbestrahlung führten aber in diesen Versuchen an Ratten zu keiner beschleunigten Wundheilung und auch während der verschiedenen Heilphasen zu keiner signifikanten Änderung im Zellmuster der Wunden. Größere Erfahrungen in der Wundbehandlung beim Menschen wurden 1976 publiziert (9). Hier findet sich auch ein ausführlicher Literaturnachweis über Laseranwendung in der Medizin.

Als Ursache für die Förderung der Wundheilung wurde eine aktivierte Kollagenerzeugung, eine Fibroblastenaktivierung und eine am erhöhten Thymidincinbau erkennbare vermehrte Zellteilung unter Laserbehandlung angesehen (10). An menschlichen Lymphozyten konnte außerdem eine immunsuppressive Wirkung der Laserbestrahlung nachgewiesen werden, die aber auch in etwa dem gleichen Maße für linear polarisiertes inkohärentes Licht gleicher Wellenlänge gilt (11).

Theoretische und experimentelle Grundlagen

Die physikalischen Eigenschaften des Lasers, welche ihn vom »normalen« Licht unterscheiden, sind folgende:

Monochromatismus (Licht nur einer Wellenlänge). Kohärenz (Schwingungsgleichheit), Möglichkeit zur Erzeugung extrem hoher Energiebündel und Polarisation (Schwingungen in einer Ebene).

Im Analogieschluß zu den Erfahrungen, daß linear polarisiertes inkohärentes Licht laserähnliche Wirkung hat (11), daß die Wirkung auf die Wundheilung von der Wellenlänge weitgehend unabhängig war und daß niederenergetische Laserbestrahlung eine solche Wirkung zeigte, läßt den Schluß zu, daß die Polarisation des Lichtes die wesentliche Eigenschaft für die Wundheilungsförderung ist (3, 13).

Ein hypothetisches physikalisches Modell für die Laserstimulation wurde entwickelt, nach welchem eine Beeinflussung der Zellmembran durch polarisiertes Licht denkbar ist, welches die »Biostimulation« erklären könnte (5).

Die ersten klinischen Erfahrungen mit der Anwendung polarisierten (inkohärenten, verschiedene Wellenlänge umfassenden) Lichtes wurden 1981 in Budapest gemacht (3, 2). In Anlehnung an die Erfahrung mit Laser wurde eine Lichtenergie von 4 Joule/cm² appliziert. Das dabei verwendete Gerät strahlte polarisiertes Licht aus mit einer Wellenlänge von etwa 500-800 nm.

Wir begannen unsere ersten klinischen Versuche **mit** einem solchen Gerät **im** Mai 1982. Der Indikationsbereich für die Anwendung orientierte sich an der Erfahrung aus der Lasertherapie und betraf Ulcera cruris, Dekubitalulzera, Hautdefekte vor und nach Transplantationen, sekundär oder verzögert heilende Wunden und Amputationsstümpfe- und -Defekte, bes. bei Diabetikern.

Da der Lichtkegel des zunächst verwendeten Gerätes aufgrund des Spektrums sehr hell war, wurde bei einem weiter entwickelten Gerät unter Verwendung einer anderen Polarisationsmethode das Spektrum in den Infrarotbereich erweitert, ohne die auf die Oberfläche einfallende Energie wesentlich zu ändern, weil ein größerer Abstand zwischen Bestrahlungsquelle und Wunde gewählt wurde. Der bei dem ursprünglichen Modell notwendige Abstand von 5 cm zur Erzielung einer Oberflächenenergie von etwa 4 Joule/cm^2 , erwies sich in der Praxis als schwer einzuhalten, und die ursprüngliche Helligkeit des Lichtkegels blendete sehr stark. Der bei dem neuen Modell notwendige Abstand von rund 20 cm zwischen Gerät und Wunde ist sehr **viel** leichter zu handhaben, und das Licht ist durch seine längere mittlere Wellenlänge blendungsfrei. Die jetzt verwendete Evolite®-Lichtquelle* hat bei 20 Zentimeter Abstand zwischen Linse (Lichtaustrittspunkt) und Wundoberfläche eine Leistungsdichte von $0,163 \frac{\text{J/s}}{\text{cm}}$.

Dies **führt** bei einer Belichtungszeit von 30 s zu einem **Energieeinfall** von $4,89 \text{ J/cnr}$ auf der Wundoberfläche. Das Gerät strahlt ein linear polarisiertes Lichtbündel aus im spektralen Bereich elektromagnetischer Wellen von 500 nm bis 3000 nm, enthält also keinen ultravioletten Anteil.

Nach unseren ersten positiven Eindrücken **in** der klinischen Anwendung erschienen experimentelle Untersuchungen über den Einfluß polarisierten Lichtes auf Zellkulturen und im Tierexperiment von Interesse. Entsprechende Untersuchungen werden

Hersteller: AMS, Auerbach/Opf., Vertrieb Firmii Krauth. Hamburg.

Abb. 1 a: Patientin A. Sch. 80 J. Superinfiziertes Ulcus cruris bei AVK.

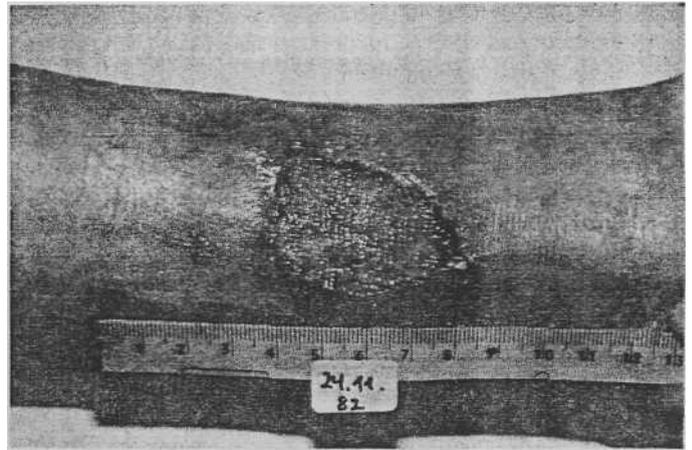


Abb. 1b: Nach 14tägiger Evolite-Bestrahlung und etwas antibiotischem Puder.

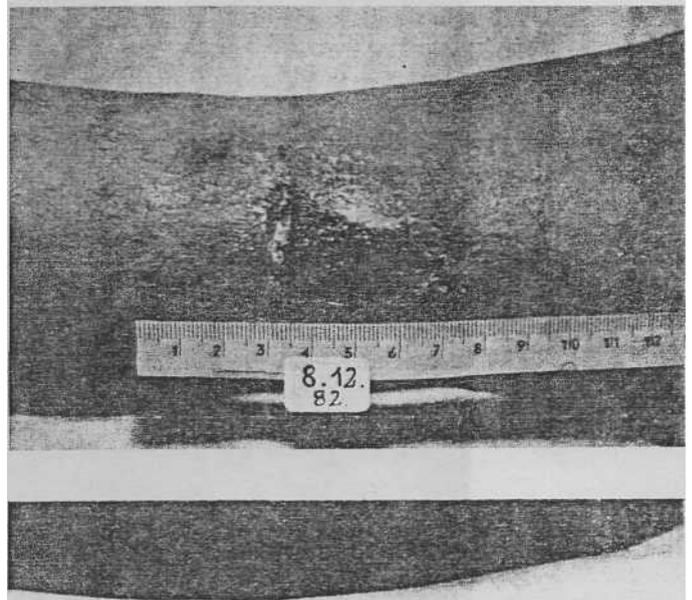
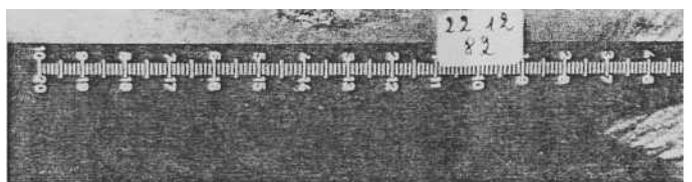


Abb. 1c: Unter Evolite-Bestrahlung eingehheilte Reverdin-Plastik der Patientin.



in Budapest durchgeführt und sind z.T. noch nicht abgeschlossen bzw. noch nicht publiziert. Während beim Bestrahlen mit nicht polarisiertem Licht keine Unterschiede zu Kontrollen bestehen, zeichnen sich bei Fibroblastenkulturen im Vergleich dazu durch Evolite-Bestrahlung positive Wachstums- bzw. Stoffwechseleffekte ab (12). Während im Tierexperiment der Heilungsprozeß tiefer exzidiert

Brandwunden unter Normallichtbestrahlung und bei den Kontrollen gleich ablief, zeigten Evolite- und auch laserbestrahlte Wunden eine signifikant bessere Abheilungstendenz (1).

Wir selbst haben an Bakterienkulturen (Staph. aureus, Proteus) den Einfluß von polarisiertem Licht untersucht. Verschiedene Bestrahlungszzeiten hatten gegenüber Kontrollen kei-



Abb.2a: Patientin E. P. 74 J. Diabetische Gangrän des Vorfußes, Teilamputation Z.n. Nekrosenabtragung. Behandlung mit granulierenden Salben.

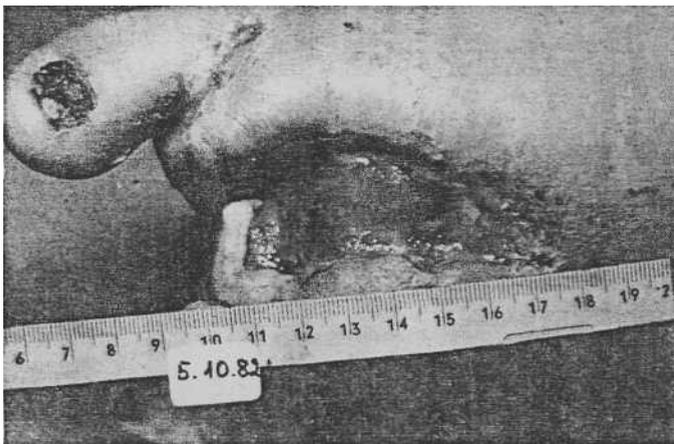


Abb. 2b: Nach drei Wochen rasche Wundschumpfung und beginnende Epithelisierung mit Evolite-Bestrahlung.

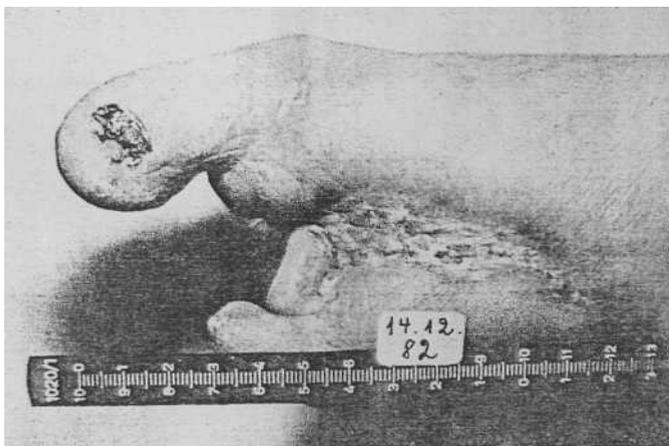


Abb.2c: Nach weiteren neun Wochen mit zwischenzeitlicher Reverdin-Plaslik vollständige Ausheilung.

ne Veränderungen des Bakterienwachstums der Kulturen, weder im positiven noch negativen Sinne, zur Folge.

Klinische Anwendung

An der hiesigen Klinik wurden bisher Wunden bei über 200 Patienten

mit dem Evolite-Gerät behandelt. Es handelte sich um ein gemischtes Krankengut aller Altersklassen, vorzugsweise aber um ältere Patienten mit schlechter Wundheilungstendenz bei Diabetes, allgemeiner Arteriosklerose, Hypertonie und Adipositas.

Im einzelnen kam die Evolite-Bestrahlung zur Anwendung bei den oben bereits erwähnten Indikationen.

Die Wunden wurden zur Behandlung von Nekrosen und Sekret gereinigt. Die Wundoberfläche wurde dann täglich einmal mit senkrecht einfallendem Lichtbündel in deckender Fläche bestrahlt, wobei der Lichtkegel einen Abschnitt von 4-5 cm² für 30 s abdeckt. Die Wundränder mit dem frischen Epithel wurden in die Bestrahlung mit einbezogen. So ergaben sich je nach Größe der Wundoberfläche Gesamtbestrahlungszeiten von ½ bis mehreren Minuten. Eine Zeittaktuhr im Gerät gibt alle 30 s ein Signal. Bei noch sezernierenden Wunden werden anschließend einfache Mullgazeverbände angelegt, nur bei manchen trockenen Wunden und frischen Transplantaten salbenarme Gaze unter den Verband gegeben. Lagen eitrig Beläge vor, wurde, je nach Keimtestung, Nebacetin- oder Refobacin-Puder dünn aufgestreut.

Ergebnisse

Allgemein konnten folgende Wirkungen auf die Wunden festgestellt werden:

○ Beschleunigung der Bildung von Granulationsgewebe auch in schlecht durchbluteten Gebieten bei arteriellen (Verschlusskrankheit) und venösen (PTS) Ulzera, Dekubitalulzera, Defekten nach diabetischer Gangrän, wo bekanntlich unter konventioneller Therapie kaum Granulationsgewebe entsteht.

○ Schnellere Reinigung und Sekundärschluß über Granulationsgewebe bei infizierten oder therapeutisch offen gelassenen Wunden: z.B. bei infizierten Laparotomie-wunden, Pilonidalsinus, Amputationsstümpfen, auch bei alten Patienten. Karzinomkranken und unter anderen ungünstigen Bedingungen.

○ Förderung der Epithelbildung vom Wundrand und aus kleinsten Epithelresten. Nach Hauttransplantation ist das Anwachsen des Epithels nach wenigen Tagen zu verzeichnen und auch auf Wunden, die allgemein eine Transplantation nur schwer annehmen.

- ORasche Rückbildung feuchter Wundsekretion.
- O Schmerzlinderung.
- O Positive Effekte wurden auch beobachtet bei Ödem und Stichkanalrötung sonst primär heilender Wunden, und damit ein günstigeres kosmetisches Resultat erzielt.
- O Unmittelbar nach der Behandlung zeigten fast alle Wunden im Bereich auch spärlicher Durchblutung eine deutlich frisch-rote Farbe, die durch eine unmittelbare Kapillarerweiterung zu erklären ist.
- O Negativ zu beurteilen war eine Austrocknungstendenz frischen Fettgewebes bei freiliegender Subkutanschicht, obwohl keine Erwärmung bei der beschriebenen Bestrahlungsdosierung am Gewebe erzielt wird; die Oberflächentemperatur steigt durch eine 30-Sekundenbestrahlung nur um $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$.

Die nachfolgend beschriebenen drei Kasuistiken mögen stellvertretend für viele die günstigen Resultate demonstrieren.

- O Bei einer 80jährigen Patientin mit einer subtotalen Popliteastenose und allgemeiner Arteriosklerose bestand seit Monaten ein therapieresistentes Ulkus am re. Unterschenkel. Abbildung 1a zeigt den Defekt, der erfolglos mit verschiedenen Salben, Salbengaze etc. behandelt worden war. Nach 14 Tagen Evolite-Bestrahlung kommen frische Granulationen und vom Rande her bereits Epithelisierung (Abb. 1 b). Die anschließend durchgeführte Reverdin-Plastik wurde vom 2. Tag nach der Operation an weiter bestrahlt und führte zu einer vollständigen Ausheilung des Defekte (Abb. 1c).
- O Bei einer 74jährigen Patientin mit schwerem Diabetes mellitus und Herzinsuffizienz kam es zu einer ausgedehnten diabetischen Gangrän im Bereich des 2. bis 4. Strahles bis zum Mittelfuß. Ein arterielles Verschlusleiden der größeren Gefäße bestand nicht. Nach operativer Wundbehandlung und schrittweisem Abtragen weiterer Nekrosen folgte Evolite-Bestrahlung, Abbildung 2a zeigt den Zustand nach einigen Tagen der

Behandlung. Nach knapp drei Wochen zeigt der Defekt dann deutliche Epithelisierungstendenz und gute Granulation sowie zunehmende Wundschumpfung (Abb. 2b). Nachfolgend gelang dann unter Zuhilfenahme einiger Reverdin-Läppchen schließlich eine vollständige Ausheilung des Defektes innerhalb der nächsten zwei Monate (Abb. 2c).

- O Bei einer 83jährigen Patientin mit einer schweren arteriellen Durchblutungsstörung und leichterem Diabetes mellitus kam es zu einer Vorfußgangrän, die die Amputation des 1. Strahles im Mittelfußbereich erforderlich machte. Der Infekt konnte unter antibiotischer Behandlung begrenzt werden. Unter schrittweiser Abtragung der Nekrosen erfolgte die Evolite-Bestrahlung.

Abb.3a: Patientin M. K. 83 J. Kombination eines Diabetes mit schwerer arterieller Verschlusskrankheit. Mittelfußamputation im 1. Strahl.



Abb.3b: Nach drei Wochen Evolite-Bestrahlung saubere Granulation und deutliche Wundschumpfung.

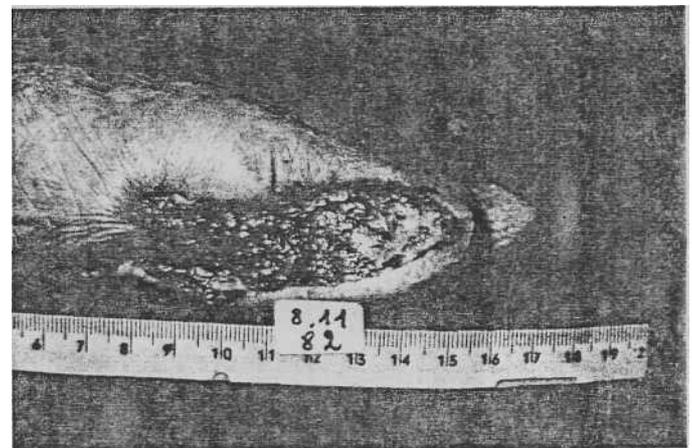
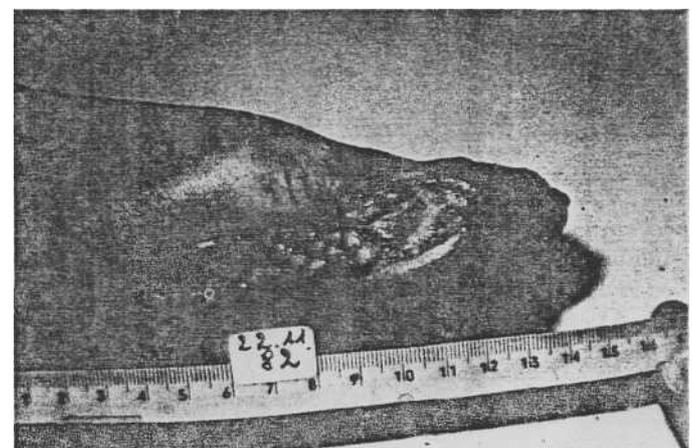


Abb. 3c: Gut eingehheilte Reverdin-Plastik im größten Teil der Wunde unter frühzeitiger Evolite-Bestrahlung. Im vorderen Wundbereich noch freiliegendes Bindegewebe.



lung bei äußerst ungünstigen Umständen (weitgehend kompletter Verschluss der Ober- und Unterschenkelarterien des li. Beines), hier unter gleichzeitiger Anwendung eines antibiotischen Puders (Abb. 3a). Dennoch wurde eine gute Granulation unter der Bestrahlung erzielt (Abb. 3 b) und schließlich war auch eine Defektdeckung durch Transplantation des größten Wundbereiches möglich (Abb. 3c). Die Patientin wurde wieder gehfähig.

Diskussion

Der heilungsfördernde Effekt einer Wundbestrahlung mit linear polarisiertem inkohärentem Licht beruht nach unseren Erfahrungen in erster Linie auf einer unspezifischen Aktivierung der Fibroblasten, Kapillargefäße und Epithelien. Dabei spielt wahrscheinlich eine immunsuppressive Wirkung, wie sie auch für die Laserbestrahlung nachgewiesen wurde, eine wichtige Rolle (11). Unsere Ergebnisse lassen eine abgestufte Wirksamkeit bei den unterschiedlichen Wunden erkennen. Die eindrucksvollsten Verbesserungen wurden bei sekundärheilenden infizierten Wunden, danach bei Defekten im Zusammenhang mit diabetischer Gangrän gesehen. Von ebenfalls guten Erfolgen kann man bei der Behandlung von Unterschenkelgeschwüren sprechen, wobei auch arteriell bedingte gut ansprechen. In der Frühbehandlung (ab 2. Tag) von frischen Hauttransplantationen, Reverdin- wie Thiersch-Plastiken, ist das Verfahren bei uns zur Routine geworden.

Bei Dekubitalgeschwüren ist zu differenzieren: frische oberflächliche Defekte sprachen mit rascher Epithelregeneration gut an, während tiefe Defekte zunächst einer ausgedehnten chirurgischen Therapie der Nekrosen bedurften, ehe Erfolge zu verzeichnen waren. Logischerweise ist eine »Biostimulation« nekrotischen Gewebes hier auch nicht zu erwarten. In der Abheilungsphase waren aber ausgezeichnete Heilungsbeschleunigungen zu sehen. Unsere Erfahrungen an Verbrennungswunden sind aufgrund

einer geringen Fallzahl zu begrenzt, um eine wirkliche positive Wirkung bestätigen zu können. Immerhin wurde bei einem Fall doppelseitiger Verbrennung der Hände, bei dem auf der einen Seite konventionell, d.h. mit Badebehandlung und Refobacin-Creme, auf der anderen Seite mit Bad, Wundtrocknung und Evolite-Bestrahlung behandelt wurde, auf beiden Seiten ein annähernd gleicher Heilungsfortschritt gesehen.

Wir haben die Evolite-Bestrahlung nicht auf primär heilende Wunden ausgedehnt, abgesehen von den oben erwähnten Fällen von Wundödem und Stichkanalinfekt, und können deshalb auch keine Aussage über verbesserte Zugfestigkeit machen, wie sie nach Untersuchungen beim Laser (6, 4) zu erwarten sind. Die Verbesserung der Zugfestigkeit primär heilender Wunden wurde unlängst durch eine in China durchgeführte Untersuchung auch für polarisiertes Licht bestätigt, wobei die Richtung der Polarisierung im Verhältnis zur Wundachse eine Rolle spielen soll (13).

Der negative, die Fettzellen schädigende Einfluß der Evolite-Bestrahlung ist der einzig unerwünschte Nebeneffekt. Durch Abtragung der oberflächlich entstehenden Nekrosen ist er aber leicht zu beheben. In einzelnen Fällen beobachteten wir auch bei mehrwöchiger Therapie eine gewisse »Resistenz«, d.h. daß nach anfänglich gutem Ansprechen der Wunde schließlich keine weiteren Fortschritte eintraten, so bei manchen Dekubitalgeschwüren und einzelnen Unterschenkelgeschwüren, hier oft vor der endgültigen Ausheilung.

Besonders eindrucksvoll im positiven Sinne waren andererseits aber einige Fälle, die nach weitgehender Heilung aus der stationären Behandlung entlassen wurden, weil der Krankheitsverlauf eine weitere Klinikbehandlung nicht rechtfertigte. Die weitere hausärztliche konventionelle Therapie führte dann rasch zu einer Verschlechterung der Wundverhältnisse, die dann unter erneuter Evolite-Therapie, die wir dann ambulant wieder aufnahmen, zur Heilung kamen.

Neben den positiven Heilungschancen für therapieresistente Wunden und der Beschleunigung der Wundhei-

lung ist vielleicht auch die Einsparung von teuren Salben und aufwendigen Verbänden von Bedeutung.

Der notwendige zeitliche Aufwand der Wundversorgung entspricht weitgehend dem der konventionellen Therapie. Nach unseren Erfahrungen kann die Evolite-Behandlung von Wunden unter den genannten Indikationen allgemein empfohlen werden.

Zusammenfassung

Es wird über die klinischen Erfahrungen bei der Behandlung von problematischen Wunden mit polarisiertem Licht einer definierten Energiemenge berichtet. Beschleunigung der Granulationsbildung und Epithelisierung, Abnahme der Wundsekretion und des Wundschmerzes wurden beobachtet. Nach theoretischen Überlegungen ist ein Einfluß auf die Zellmembran und eine immunsuppressive Wirkung zu diskutieren. Hauptindikation für die Anwendung sind sekundär heilende Wunden, Defekte nach diabetischer Gangrän, Ulcus cruris arterieller und venöser Genese und frische Hauttransplantationen.

Literatur

- (1) Barabás, J.: Comparison of the Effect of polarized and unpolarized light on Wound Healing of Rats. Semmelweis University of Medicine, Budapest (in Druck), 1983. - (2) Bazso, E., S. Z. Varju, P. Szegő, K. Rózsa, P. Apai: Application of Incoherent Wide Band Polarized Light To Promote Healing Of Wounds Hungarian Academy of Sciences. KFKI 92: Budapest. 1982. - (3) Fenyő, M.: Optics and Lasertechnology 1984; 209. - (4) Hutschenreiter, G., D. Haina, K. Paulini, C. Schumacher: Z. exp. Chir. 1980; 13: 75. - (5) Kertesz, H., M. Fenyő, E. Mesier, G. Baihon: Optics and Laser Technology 1982; 2: 31. - (6) Kovacs, I. B., Ii. Mesier, P. Görög: Expertientia 1974; 30: 1275. - (7) Mesier, E., G. Ludany, M. Sellyei, B. Szende, G. Gyenes, G. I. Tola: Langenbecks Arch. klin. Chir. 196X; 322: 1022. - (N) Mester. I.: Der stimulierende Effekt von Laserstrahlen geringer Energie auf biologische Systeme. Laser und angewandte Strahlentechnik 1. 1970. - (9) Mester, E., E. J. Nagy, H. Bácsy, A. Korenyi-Both, J. Namenyi, I. Kovacs, S. Isza: Laser in der Medizin-experimentelle und klinische Erfahrungen. Medizinische Physik in Forschung und Praxis, de Gruyter, W., Berlin - New-York, 1976. - (10) Mester, E.: J. R. 1980; 3: 121. - (11) Mester, E., S. Nagyluska, W. Waidelich, S. Tisza, P. Greguss, D. Haina, A. Mester: Auswirkung direkter Laserbestrahlung auf menschliche Lymphocyten. Arch. Dcrmtl. Res. 1975; 263: 241. Springer-Verl. - (12) Neumark, T.: Untersuchungen an Zellkulturen mit Evolite-Bestrahlung. Nationalinstitute of Rheumatism an Physiotherapie. Budapest (pers. Mitteilung), 1983. - (13) Xiong, H. Y.: The Significance of Laser's Polarization and its Orientation in Biostimulation (in Druck). 1983.

(Anschrift des Verf.: Dr. A. D. Stacker, Chirurgische Klinik, St.-Joseph-Hospital, Wiener Straße 1, D-2850 Bremerhaven)