

Die Bedeutung des pH-Wertes für die Wundheilung

Die Kenntnisse über den pH-Wert des Wundmilieus sowie über die gezielte Beeinflussung dieses pH-Wertes könnten für zukünftige Wundtherapien – insbesondere für chronische Wunden – einen optimierenden Faktor darstellen.

Zusammenfassung

Der pH-Wert im Milieu chronischer Wunden beeinflusst direkt oder indirekt zahlreiche Faktoren der Wundheilung. Es ist seit mehr als drei Jahrzehnten ein Dogma in der Therapie chronischer Wunden, dass ein niedriger pH-Wert ein für die Wundheilung förderliches Milieu darstellt. Es existieren jedoch bislang sehr wenige klinische Untersuchungen, die diese These belegen. Zudem gab es immer wieder Publikationen, die zeigen konnten, dass Teilaspekte der Wundheilung wie beispielsweise die Einheilrate von Hauttransplantaten durch ein alkalisches Wundmilieu günstig beeinflusst werden.

In diesem Übersichtsartikel wird die Weltliteratur zu dem Themenkomplex des pH-Wertes des Wundmilieus und dessen Beeinflussung der Wundheilung vorgestellt und kritisch diskutiert. Es wird gezeigt, dass es keinen pH-Wert in Wunden gibt, der sämtliche Phasen der Wundheilung positiv beeinflusst. Jedoch kann es hilfreich sein, den pH-Wert des Wundmilieus zu bestimmen und gezielt zu beeinflussen, um in einzelnen Phasen der Wundheilung therapeutische Strategien individuell festzulegen oder diese zu ermöglichen.

Einleitung

Der pH-Wert beschreibt logarithmisch die reziproke Konzentration der freien Wasserstoff-Ionen. Die Skala der Messwerte wird in Werte von 0-14 eingeteilt. Zahlreiche endogene und exogene Faktoren, wie beispielsweise die Temperatur, können auf die Konzentration von Wasserstoff-Ionen und somit auf den zu messenden pH-Wert einen wesentlichen Einfluss ausüben.

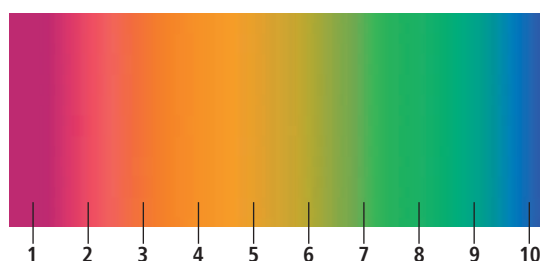
pH-Wert intakter Haut

Bereits 1892 wurde erstmalig von Hesus und 1928 erneut von Schade und Marchioni das saure Milieu der intakten Hautoberfläche beschrieben. Dieser auch als physiologischer „Säuremantel“ bezeichnete pH-Wert der Haut wird abhängig von Lokalisation und Alter der Probanden mit Werten von 4-6 angegeben und scheint von essenzieller Bedeutung für deren vollständige Funktion und insbesondere für deren Resistenz gegenüber Noxen zu sein. Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der gemessenen pH-Werte der intakten Haut konnten nicht festgestellt werden. Der physiologisch saure pH-Wert der Haut resultiert u. a. aus der Lösung von Aminosäuren, Fettsäuren,

Der pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Maß für die Säurekonzentration in wässrigen Lösungen und beschreibt damit die Stärke der sauren bzw. basischen Wirkung einer Lösung. Basen sind chemische Verbindungen, die mit Säuren Salze bilden bzw. in wässriger Lösung Hydroxid-Ionen abspalten (basische = alkalische Reaktion). Der Begriff pH leitet sich von pondus Hydrogenii oder potentia Hydrogenii ab (lat. pondus = Gewicht, potentia = Kraft,

hydrogenium = Wasserstoff). Üblicherweise werden pH-Werte zwischen 0 und 14 angegeben. Ein pH von < 7 entspricht einer sauren Lösung, ein pH von > 7 einer alkalischen Lösung. Der Mittelwert von pH 7 wird als neutral bezeichnet. Nahezu alle chemischen Reaktionen in wässrigen Lösungen laufen in diesem Bereich ab. Gemessen wird der pH-Wert mit Indikatorlösungen, Indikatorpapieren oder mit einem pH-Meter.



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 Magensaft, Batteriesäure | 6 Milch |
| 2 Zitronensaft | 7 destilliertes Wasser, Blut |
| 3 Essig | 8 Darmsaft |
| 4 Cola, Sauerkraut | 9 Seife |
| 5 Haut, Mineralwasser | 10 Waschmittel, Ammoniak |

pH-Wert in Wunden

Tab. 1

Exogene Einflussfaktoren auf den pH-Wert einer Wunde

Azidose	Alkalose
Histiolyse	Nekrose
CO ₂ -Anreicherung	Bakterien
Lactat	Débridement
Pus	

Pyrrolidincarbonsäuren und weiteren sauren Stoffwechselprodukten. Somit kann das Lactat-Bicarbonat-Puffer-System in seiner Dissoziation partiell verschoben werden, es stellt sich reaktiv ein saurer pH-Wert ein.

pH-Wert und Bakterien

Wunden sind oft mit endogenen fäkalen, oralen und dermalen Mikroorganismen besiedelt. Auch wenn insbesondere für die Staphylococcus-aureus-Kolonisation chronischer Wunden eine Verzögerung der Wundheilung beschrieben wurde, ist bislang wissenschaftlich nicht eindeutig geklärt, ob eine bakterielle Besiedelung obligat die Wundheilung verzögert. Dennoch stellt die Reduktion der absoluten Bakterienmenge ein wesentliches Therapieziel in der modernen Wundbehandlung dar. Es existieren Hinweise darauf, dass durch eine bakterielle Kolonisation der pH-Wert intakter Haut alkalischer werden kann. Hingegen wurde die Ausbildung einer Azidose insbesondere in putriden Wunden beobachtet, ohne dass jedoch ein kausaler Zusammenhang zwischen der Höhe des pH-Wertes und dem Grad der bakteriellen Kontamination oder der Art der Bakterien festgestellt werden konnte.

Die meisten humanpathogenen Keime werden in ihrem Wachstum in einem pH-Wert-Bereich < 6,0 und insbesondere zwischen pH 4-5 gehemmt, wohingegen deren pH-Optimum mit 6,2-7,8 angegeben wird. So konnte bei Patienten mit Hemiplegie oder Diabetes mellitus gezeigt werden, dass nach Senkung des pH-Wertes der intakten Haut durch topische Verwendung von sauren Externa die Bakteriendichte deutlich reduziert wird. Ein Grund könnte die veränderte Aktivität, die beispielsweise für Enzyme von Staphylokokken in unterschiedlichen pH-Wert-Bereichen beschrieben wurde, sein. So sind die meisten Staphylokokken-Enzyme in alkalischen Milieus weniger aktiv, wohingegen in sauren Milieus vermehrt Proteasen ausgebildet werden. Beispielsweise konnte für das Staphylokokken-Enterotoxin C2 (SEC2) gezeigt werden, dass sich die dreidimensionale Struktur abhängig von dem umgebenden pH-Milieu ändert und somit eine differenzierte Aktivität resultiert. Die Modifikation des pH-Wertes im Milieu chronischer Wunden könnte daher über eine gezielte Reduktion der bakteriellen Kolonisation einen relevanten Faktor in der verzögerten Heilung chronischer Wunden beeinflussen.

Auch der Therapieerfolg von weiteren adjuvanten therapeutischen Maßnahmen kann durch den pH-Wert des Wundmilieus moduliert werden. So konnte in vitro beobachtet werden, dass die Aktivität eines neuen Glycopeptid-Antibiotikums (Oritavancin, LY333328) gegenüber vancomycin-resistentem *E. faecium* im sauren Milieu bei einem pH-Wert von 6,4 verglichen mit den pH-Werten 7,4 und 8,4 signifikant reduziert ist. Auch Gentamycin hat bei pH 7,8 eine 90fach bessere Wirksamkeit verglichen mit pH 5,5, wohingegen Chloramphenicol, Clindamycin und die meisten β -Laktam-Antibiotika nicht durch ein saures Milieu inaktiviert werden. Höhere pH-Werte scheinen demnach für eine Antibiotikatherapie förderlich zu sein. Jedoch zeigte sich bei alkalischen pH-Werten auch eine Förderung des Wachstums einer iatrogen induzierten Kolonisation der Haut mit *Candida albicans*. Die Autoren diskutierten einerseits eine erhöhte Virulenz von *Candida albicans* und andererseits eine reduzierte Resistenz der Haut durch Erhöhung des umgebenden pH-Wertes.

pH-Wert in Wunden

Im Rahmen der Abheilung akuter Wunden wird initial eine physiologische Azidose beobachtet, die wesentlich durch die Produktion organischer Säuren und durch eine Stase bedingte CO₂-Anreicherung verursacht wird. Eine CO₂-Vermehrung kann auch durch erhöhten O₂-Bedarf einer heilenden Wunde entstehen. Die Generierung von Milchsäure (Lactat) durch Glykolyse wird insbesondere durch eine gesteigerte Kollagensynthese bedingt, die um den 20. Tag nach Entstehung einer Wunde ihr physiologisches Maximum erreichen soll. Als ein weiterer Faktor für die Förderung eines sauren Wundmilieus wird die Bildung von Eiter beschrieben, wohingegen bei einem alkalischen Wundmilieu die Ausbildung von Nekrosen beobachtet werden konnte (Tab. 1).

In chronischen Wunden ist die physiologische Interaktion zwischen Gewebeaufbau und -abbau zugunsten der katabolen Prozesse gestört. Daher finden sich im Milieu chronischer Wunden zahlreiche proteolytische Enzyme. Greener et al. haben die pH-Wertabhängigkeit der Proteasen Cathepsin G, Elastase, Plasmin und Matrix-Metalloprotease-2 (MMP-2) untersucht. Es wurden 19 Wundsekrete von Patienten mit chronischen Wunden gesammelt. Die Wundsekrete hatten einen pH-Wert von 7,5-8,9; etwa die Hälfte der Präparate zeigten einen pH-Wert zwischen 8,1-8,3. Das Optimum der Enzymaktivität konnte für MMP-2, Elastase und Plasmin bei 8,0, für Cathepsin G bei 7,0 ermittelt werden und entspricht somit den in chronischen Wunden gefundenen pH-Werten. Die Autoren zeigten, dass eine Verschiebung des pH-Wertes beispielsweise auf 6,0 eine Senkung der Enzymaktivität um 40-90 % bewirken kann.



Der Autor:
 PD Dr. med. Joachim Dissemond,
 Universitätsklinikum Essen,
 Klinik und Poliklinik für
 Dermatologie, Venerologie
 und Allergologie,
 Hufelandstraße 55,
 45122 Essen,
 E-Mail: joachimdissemond@
 hotmail.com

Literatur beim Autor

Es konnte für chronische venöse Ulzera und druckinduzierte Ulzera gezeigt werden, dass das Wundmilieu meist alkalisch ist und lediglich in der Phase der Epithelisation sich in ein saures Milieu verändert. Bei 50 Patienten mit einem Ulcus cruris venosum konnten pH-Werte von 7,3-8,9 mit einem Mittelwert bei 7,7 ermittelt werden. In einer weiteren klinischen Untersuchung von 15 Patienten mit einem Ulcus cruris konnten im Ulcus pH-Werte von 7,5-7,96 ermittelt werden. Wohingegen die intakte Haut der Unterschenkel dieser Patienten in einem Abstand von 10 cm zum Ulcus pH-Werte von 6,2-6,64 aufwiesen.

Es wurden auch 24 Messungen bei acht Patienten mit druckinduzierten Ulzera verschiedener Wundstadien durchgeführt, in denen gezeigt werden konnte, dass im Stadium I ein pH-Wert von 5,7, im Stadium II von 6,9 und im Stadium III ein pH-Wert von 7,6 vorlag. Der pH-Wert unterscheidet sich somit signifikant im Stadium III vom Stadium I und II. War die Wunde im Stadium II jedoch bereits epithelisiert, fand sich bei einem pH-Wert von 6,0 kein signifikanter Unterschied zur intakten Haut, jedoch ein signifikant niedrigerer pH-Wert, verglichen mit nicht epithelisierten Ulzera des gleichen Stadiums. Bei den 17 Messungen der drei untersuchten Patienten mit einem Ulcus cruris venosum konnte im Stadium II ein durchschnittlicher pH-Wert von 6,1 und im Stadium III von 7,5 ermittelt werden. Auch hier war der pH-Wert im Stadium III signifikant höher als im Stadium II. Fand sich Schorf im Ulcus, war der pH-Wert mit 6,1 nicht signifikant unterschiedlich, verglichen mit intakter Haut bzw. epithelisierten Ulzera. Wurde der Schorf jedoch durch die Applikation eines Hydrokolloidverbandes gelöst, ergab sich mit einem pH-Wert von 7,5 eine signifikante Erhöhung des pH-Wertes.

Auch durch ein chirurgisches Débridement änderte sich der pH-Wert der initial mit Nekrose bedeckten



Abb. 1
Messung des pH-Wertes in einem Ulcus cruris mittels Flachmembran-Glassonde

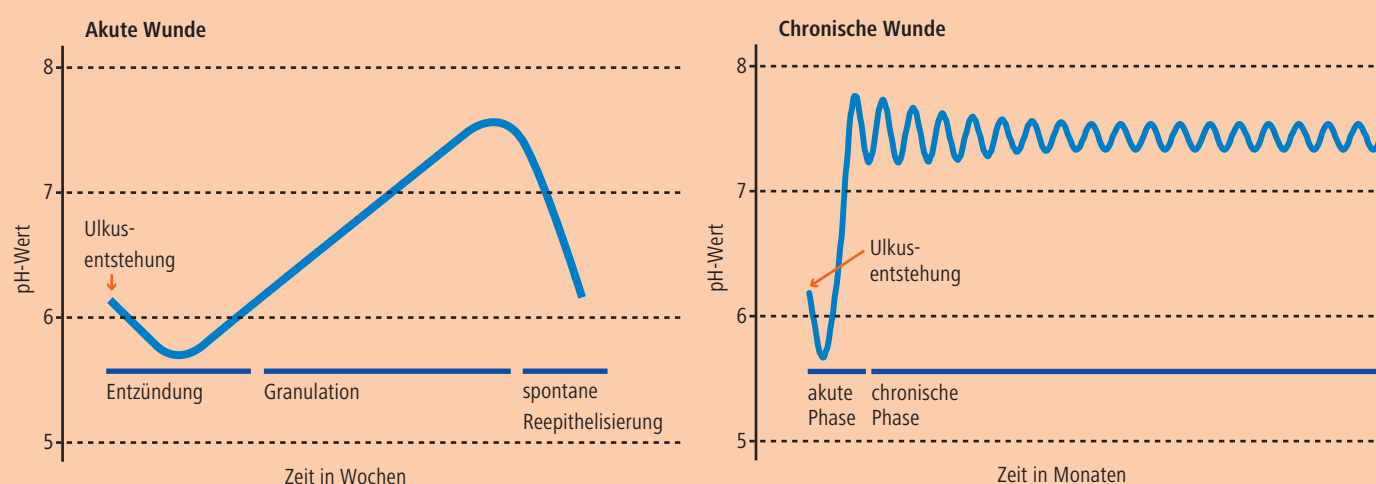
Ulzera von 5,7 auf 8,4. Somit scheint ein Débridement, unabhängig von der Entfernung von Schorf oder Nekrose, den pH-Wert von chronischen Wunden in alkalische Bereiche zu verschieben. Schließlich wurde noch der pH-Wert unterschiedlicher Areale epithelisierender Wunden von vier Patienten gemessen. Es zeigte sich, dass das Zentrum der Wunde mit 7,6 einen signifikant höheren pH-Wert aufwies als der bereits reepithelisierende Randbereich mit 5,9. Leider finden sich in der Publikation weder Angaben über die exakten Messbedingungen noch darüber, nach welchen Kriterien die Patienten den einzelnen Stadien der Wundheilungsstörung zugeteilt wurden.

pH-Wert in der Wundtherapie

Der Einfluss des pH-Wertes des Wundmilieus auf die Wundheilung ist insbesondere im Rahmen einer so genannten Wundbettpräparation in den Mittelpunkt des Interesses gerückt worden. Bereits seit mehr als 30 Jahren wurde von verschiedenen Arbeitsgruppen postuliert, dass eine therapeutisch induzierte Azidose innerhalb des Wundmilieus zu einer Progredienz der Wundheilung führen kann. Als ein wesentlicher kausaler Faktor wurde von den Autoren neben einer Hem-

Verlauf des pH-Wertes im Wundmilieu

Abb. 2



Proteolytische Enzyme und pH-Wert

Tab. 2

DNase	Aktiv: pH 4,5 - 5,5 (Fibrinabbau) Aktiv: pH 7,0 - 8,0 (DNA-Abbau) Isoelektrischer Punkt: pH 4,7 - 5,0
Fibrinolysin	Aktiv: pH 7,0 - 8,0 Isoelektrischer Punkt: pH 5,5
Kollagenase	pH-Optimum: 6,0 - 8,0
Krill-Enzyme	pH-Optimum: alkalischer Bereich
Papain	Aktiv: pH 3,0 - 12,9 pH-Optimum: 7,0
Plasmin	pH-Optimum: 7,0
Streptodornase	Maximale Aktivität: pH 7,5
Streptokinase	Aktiv: pH 7,3 - 7,6
Sutlilain	pH-Optimum: 6,0 - 6,8
Trypsin	pH-Optimum: 7,0

Herstellerangaben und Daten unabhängiger Autoren zu Eigenschaften bezüglich des pH-Wertes proteolytischer Enzyme, die in der Therapie von Wunden eingesetzt werden.

mung der bakteriellen Kolonisation die als Bohr-Effekt bekannte Steigerung der zellulären Sauerstoffverfügbarkeit benannt. Es wurde propagiert, dass wenn der pH-Wert der Wundoberfläche abnimmt gleichzeitig der $TcPO_2$ des Wundrandes steigt. Eine Erklärung für dieses Phänomen könnte der steigende Laktatgehalt sein, der für eine forcierte Wundheilung förderlich sein soll. Darüber hinaus werden aber auch andere Faktoren wie beispielsweise die Proliferation der Fibroblasten durch eine Induktion einer Azidose gefördert.

Feuchte Wundtherapie

Durch die Applikation eines Hydrokolloidverbandes auf intakte Haut änderte sich der durchschnittlich ermittelte pH-Wert im Wundmilieu nicht. Bei Verwendung moderner Wundauflagen in der Therapie chronischer Wunden können jedoch zahlreiche Veränderungen induziert werden. So wird im Sekret chronischer Wunden unter nicht permeablen Verbänden ein saureres Wundmilieu gefunden als bei der Verwendung eines permeablen Wundverbandes. Dieses saure Wundsekret aus Wunden, die mit okklusiven synthetischen Verbänden behandelt wurden, zeigte in weiterführenden In-vitro-Untersuchungen, dass durch dessen Zusatz ein Bakterienwachstum gehemmt und die Fibroblastenproliferation gefördert werden kann. Auch wir konnten in eigenen Untersuchungen zum pH-Wert des Milieus chronischer Wunden im Rahmen einer modernen Wundtherapie in 247 Messungen bei 39 Patienten zeigen, dass individuell vorliegende pH-Werte verschiedener chronischer Wunden sehr unterschiedlich sein können und innerhalb dieser Untersuchungen pH-Werte von 5,45-8,65 aufweisen. Sowohl in akuten als auch in chronischen Wunden haben wir im Rahmen einer modernen Wundtherapie

einen mittleren pH-Wert um 7,4 finden können. Bei fortlaufender Beobachtung einzelner Patienten zeigten sich jedoch auch größere individuelle Unterschiede der pH-Wert-Messungen von bis zu 1,73 innerhalb eines Zeitraumes von zwölf Monaten.

In einer prospektiven klinischen Untersuchung wurden 36 Patienten mit einem Ulcus cruris venosum randomisiert, in zwei Gruppen eingeteilt und zweimal wöchentlich mit unterschiedlichen Emulsionen behandelt. Gruppe I erhielt eine ungepufferte Emulsion mit einem pH-Wert von 7,3. Gruppe II wurde mit einer Phosphatpuffer-Emulsion mit einem pH-Wert von 6,0 behandelt. Für die Objektivierung der Wundheilung wurde die Ausdehnungsrate des Epithels bestimmt. In der Gruppe I wurde eine Epithelausdehnung von 3,3 mm/Tag und in der Gruppe II von 22,6 mm/Tag gefunden. Diese Unterschiede waren hoch signifikant. Darüber hinaus berichteten die Autoren, dass alle Ulzerationen der Patienten der Gruppe II abheilten, jedoch die Ulzera bei zwei Patienten der Kontrollgruppe nicht abgeheilt sind.

In einer weiteren offenen prospektiven klinischen Studie mit 20 Patienten mit Ulcus cruris venosum wurde für 24 Wochen eine Therapie mit einem Vierlagen-Verband und einer modernen Wundaufgabe durchgeführt. Der pH-Wert der Patienten betrug im Median initial pH 7,4 und final 6,6 bei den Patienten, die sich unter Therapie besserten. Darüber hinaus konnte bei den Patienten, die von der Therapie profitierten, eine negative Korrelation zwischen dem pH-Wert und den ermittelten $TcPO_2$ -Werten objektiviert werden.

Biochirurgie

Es existieren auch Therapien wie die Behandlung mit Fliegenmaden, die über eine Verschiebung des pH-Wertes in alkalische Bereiche eine Förderung der Wundheilung erzielen sollen. Diese als Biochirurgie bezeichnete Therapie mit Maden der Gattung *Lucilia sericata* beruht unter anderem auf der Sekretion der Maden von Phenylacetat, Phenylacetaldehyd, Allantoin, Urea, Ammoniak und Calciumcarbonat. Es wurde diskutiert, dass insbesondere bei bakteriell kontaminierten Wunden die Alkalisierung des Wundmilieus einen bakteriostatischen oder sogar bakteriolytischen Effekt induziert.

Proteolytische Enzyme

Die Aktivität von Enzymen wird direkt und indirekt von dem umgebenden Milieu beeinflusst. In der Wundtherapie werden verschiedene proteolytische Enzyme insbesondere für die Durchführung eines proteolytischen Débridements verwendet. Angaben der Hersteller und unabhängiger Autoren zufolge wurden der aktuellen Literatur die Angaben in Tabelle 2 über proteolytische Enzyme, die in der Therapie chronischer

Wunden Verwendung gefunden haben, entnommen. Wenn auch die zu ermittelnden Angaben zu den einzelnen Enzymen nicht vollständig vergleichbar sind, so fällt doch auf, dass viele Substanzen in den in Wunden gemessenen, zum Teil sehr unterschiedlichen pH-Wert-Bereichen nicht oder zumindest nicht maximal aktiv sein können.

Hauttransplantate

Es existieren einige wenige klinische Untersuchungen, die sich mit der Korrelation der pH-Wertes des Wundmilieus mit der Einheilrate von Hauttransplantaten beschäftigen. Leider sind diese Studien meist nicht gut vergleichbar, da nicht nur die verwendeten Messmethoden, sondern insbesondere auch die Grundkrankheiten der untersuchten Patienten sowie die verwendeten Transplantate und Beobachtungszeiträume sehr variieren. So konnte Glinz bei Patienten mit Wunden in 163 Messungen pH-Werte von 6,9-9,4 mit einem Maximum von 23 der 36 untersuchten Patienten bei pH-Wert 8,2 beobachten. Der Autor beschreibt pH-Werte des Granulationsgewebes unter einer Therapie mit NaCl getränkten Kompressen zwischen 7,4-8,2 als wesentlich günstiger für die vollständige Einheilung von 90 % der Transplantate als alle anderen gemessenen pH-Wert-Bereiche. Wie viele der Transplantate in den anderen pH-Wert-Bereichen anwachsen, wird jedoch nicht mitgeteilt. Leider fehlen in dieser Untersuchung auch Angaben über die Genese oder Bestanddauer der untersuchten Wunden. Zudem wurden verschiedene operative Vorgehensweisen wie beispielsweise Mesh-graft, Vollhautdeckung etc. angewendet.

Sayegh und Mitarbeiter konnten bei artefiziellen Wunden von Ratten beobachten, dass die Einheilrate von Hauttransplantaten mit dem ermittelten pH-Wert korreliert. So konnte bei einem pH 6,6 0-30 % Einheilung, bei pH 6,8 50-100 % Einheilung, bei pH 7,0 87-100 % Einheilung und ausschließlich bei einem pH von 7,2 100 % Einheilung dokumentiert werden. Es wurden auch die Einheilraten von Hauttransplantaten bei 25 Patienten mit Verbrennungen 2.-3. Grades untersucht. Es wurde bei pH 6,4 20 % Einheilung, pH 6,6 35 % Einheilung, pH 6,8 66 % Einheilung, pH 7,0 77 % Einheilung und bei pH 7,2 90 % Einheilung beobachtet. Schließlich untersuchte diese Arbeitsgruppe auch 18 Patienten mit 24 Ulzera unterschiedlicher Genese. Bei dem Vorliegen eines pH-Wertes $pH < 7,4$ ist kein Hauttransplantat angewachsen, wohingegen sich bei einem $pH > 7,4$ alle Hauttransplantate angewachsen zeigten. In einer Untersuchung von Ye wurde die Einheilrate von Hauttransplantaten bei Patienten mit akuten und chronischen Wunden unterschiedlicher Genese beobachtet. Bei den insgesamt 90 untersuchten Patienten konnte er zeigen, dass bei keinem der Patienten mit einem pH-Wert $< 7,0$ ein

Kernaussagen zum pH-Wert im Wundmilieu

Tab. 3

- Der physiologische pH-Wert intakter Haut ist sauer und unverzichtbar für deren funktionale Integrität, insbesondere in Bezug auf die Abwehr von Mikroorganismen.
- In akuten und chronischen Wunden zeigen sich unterschiedliche pH-Werte des Wundmilieus im zeitlichen Ablauf.
- Die pH-Werte variieren in unterschiedlichen Stadien der Wundheilung.
- In chronisch persistierenden Wunden wird überwiegend ein alkalischer pH-Wert gefunden.
- Der pH-Wert im Wundmilieu ist ein dynamischer Faktor, der sich rasch verändern kann.
- Der pH-Wert steigt, wenn Nekrosen oder eine bakterielle Kontamination vorliegen.
- Der pH-Wert wird durch ein Débridement in alkalischere Bereiche verschoben.
- Der pH-Wert sinkt durch die Ausbildung von Eiter.
- Während der spontanen Reepithelisation sollte ein saurer pH-Wert vorliegen.
- Während einer Hauttransplantation sollte ein alkalischer pH-Wert vorliegen.

Transplantat angenommen wurde. Jedoch sind 99 % der Transplantate in Wunden mit einem pH-Wert $> 7,4$ eingewachsen.

Perspektive

Die Kenntnisse über den pH-Wert des Wundmilieus und weiterführende Untersuchungen über die gezielte Beeinflussung dieses pH-Wertes könnten einen entscheidenden Faktor in der zukünftigen Wundtherapie darstellen. So könnte das Resultat nach Messung des pH-Wertes insbesondere in der Behandlung chronischer Wunden berücksichtigt werden. Neben der Auswahl des jeweils für den Patienten individuell sinnvollsten Präparates könnte z. B. auch der optimale Zeitpunkt für die Durchführung einer Hauttransplantation festgestellt werden. Es ist darüber hinaus auch denkbar, zumindest temporär durch eine gezielte Verschiebung des pH-Wertes des Wundmilieus in Bereiche, die für spezifische Bakterien ein ungünstiges Milieu darstellen, insbesondere bei Infektionen oder Kolonisationen mit „Problemkeimen“ wie dem methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA), diese therapeutische Option mit in Erwägung zu ziehen.

Fazit

Es wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Aspekte der Wundheilung aufgezeigt, die direkt oder indirekt durch den pH-Wert beeinflusst werden (Tab. 3). Die Messung des pH-Wertes kann auch in der Praxis bei Behandlung von Patienten mit Wunden schnell, unkompliziert und kostengünstig vorgenommen werden, sodass eine regelmäßige Dokumentation einfach durchführbar ist. Da jetzt erste Präparate kommerziell verfügbar sind, die es ermöglichen, den pH-Wert des Wundmilieus gezielt zu beeinflussen, kann sich daraus ein bislang wenig genutztes Instrument zur Optimierung der Wundtherapie ergeben. Darüber hinaus ermöglicht das Wissen über den pH-Wert auch eine gezielte Auswahl sinnvoller Therapeutika. ■