

# Erkenntnisse, Grundlagen und Technik zur Optimierung der Wundheilung – Relevanz für die Ästhetische Chirurgie

**Autoren** \_Dr. med. Julia M. Reinke, Dr. med. Heiko Sorg

## \_Einleitung

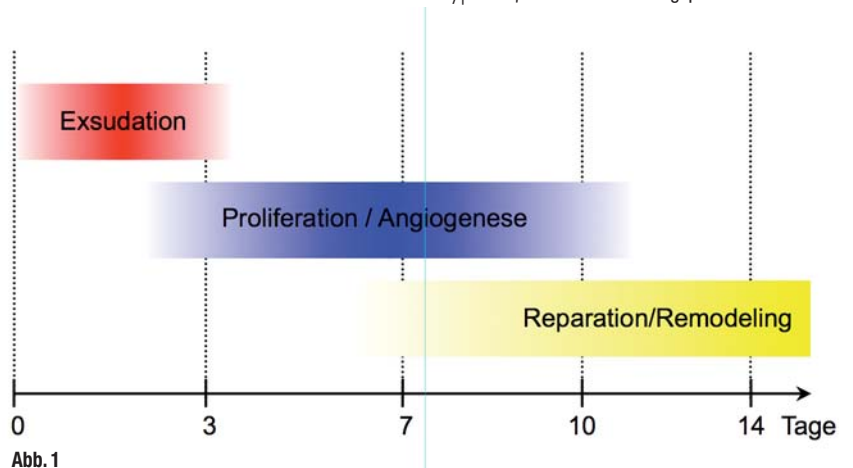
Die Haut ist als größtes Organ von besonderer Bedeutung für die Körperhomöostase des Menschen. Sie dient hier nicht nur als Hüllorgan zur Abgrenzung nach außen, sondern auch dem Stoffaustausch, dem Wärmehaushalt, ist UV-Strahlungsschutz, Kontakt- und Sinnesorgan, Stammzellreservoir und nicht zuletzt auch Repräsentationsorgan. Die Regeneration und Reparatur der Haut, aber auch anderer Gewebe und Organe, stellt daher seit jeher einen entscheidenden Selektionsvorteil und damit Überlebensfaktor in der Natur dar. Trotz erheblicher Fortschritte in der Forschung, welche das tiefe Verständnis des komplexen Zusammenspiels von Zellen im Rahmen der Wundheilung unter dem Einfluss verschiedenster Zytokine und Wachstumsfaktoren geklärt haben, bleiben noch viele Fragen offen. Die Ziele für Behandler und Patienten bleiben dennoch unverändert. Der Patient wünscht einen schnellen, unkomplizierten und aseptischen Wundverschluss und fordert zunehmend ein entsprechend ästhetisches Ergebnis mit geringer Narbenbildung ein. Hierfür ist insbesondere bei chirurgischen Eingriffen das Wissen um die entsprechenden Vorgänge in der Hautmikrozirkulation mit Gefäßneubildung, die ästhetischen Einheiten sowie die Einhaltung spezifischer Grundlagen und Techniken der chirurgischen Naht unabdingbar.

## \_Physiologische Mechanismen der Hautwundheilung

Eine Gewebeerletzung mit Störung der anatomischen Struktur und nachfolgendem Funktionsverlust wird als Wunde beschrieben. Die konsekutiven Heilungsvorgänge einer Wunde stellen einen komplex regulierten Prozess dar, der einer kollaborativen Leistung verschiedener Zellen bedarf. Die Wundheilung lässt sich im Allgemeinen als Defektverschluss durch vernarbendes Stützgewebe in Verbindung mit

einer Regeneration von Epithelien und Parenchymzellen definieren. Hierbei bestimmen insbesondere die Art und Schwere der Kontinuitätsunterbrechung der Haut und deren Folgezustände im Wesentlichen die Prognose der Wundheilung. So setzen die Wundheilungsvorgänge bereits Sekunden nach der Verletzung ein und können bis zu Jahren andauern. Morphologisch entspricht die Wundheilung einer Entzündungsreaktion mit Exsudation und Proliferation, die in verschiedene Phasen eingeteilt werden kann (Abb. 1). Vor allen anderen beruhen chirurgisch tätige Fachgebiete aufgrund ihrer Geschichte, ihrer Ausbildungsgänge und ihrer Aufgaben in der Krankenversorgung auf der Kenntnis von Wundheilungsvorgängen. Hier beschäftigt insbesondere die Plastisch-Rekonstruktive Chirurgie mit der Wiederherstellung der Haut und entsprechender Weichteile durch die Anwendung etablierter Techniken der Hauttransplantation, der lokalen Lappenplastiken und der freien mikrovaskulären Gewebetransplantation. Die Wiederherstellung der Oberflächenkontinuität kann hier jedoch nur unter dem Erhalt, dem Wiederanschluss oder der induzierten Neubildung von Blutgefäßen und damit der nutritiven Perfusion erreicht werden. Grundsätzlich ist dies durch arterielle Bypässe,

**Abb. 1** \_ Darstellung der Wundheilungsphasen.



**Abb. 1**

Angioplastien oder Stents möglich. Diese Verfahren stehen jedoch auf der Ebene der Mikrozirkulation nicht zur Verfügung. Die Fortschritte in der experimentellen wie auch klinischen Wundheilungsforschung beruhen daher maßgeblich auf dem wachsenden Verständnis und der Untersuchungsmöglichkeiten der Mechanismen, welche sich in der Mikrozirkulation abspielen.

Die Wiederherstellung des Gefäßnetzwerkes in der Haut und damit der Perfusion des Gewebes spielt im Rahmen der Wundheilung eine ganz besondere Bedeutung. Hier sind insbesondere die Gefäße der Mikrozirkulation Hauptbestandteil der nutritiven Perfusion. In einem 3-Schichten-System aufgebaut, bildet die unterste Schicht den Ursprung der Gefäße aus den tiefen Muskellogen, die den oberflächlichen Gefäßplexus zwischen Stratum reticulare und papillare und den tiefen zwischen Stratum papillare und der Subcutis versorgt. Aus dem tiefen Plexus entspringen Kapillarnetze, die hauptsächlich die nutritive Versorgung übernehmen. In die Papillenspitzen verlaufen die afferenten Schenkel der Kapillarschlingen, die aus dem oberen dermalen Plexus entspringen. Die Hautanhangsgebilde und hier insbesondere die Haarfollikel verfügen über ein eigenes, direkt von den arteriellen Plexus gespeistes Kapillarnetzwerk. In der peripheren Mikrozirkulation, welche auch unter dem Begriff der Endstrombahn zusammengefasst werden kann, findet der überwiegende Teil des Austauschs von Nährstoffen und Metaboliten statt. Eine inadäquate Gewebepfusion, die durch den Mangel an Nährstoffen und Sauerstoff oder der unzureichenden Wiederherstellung der Mikrozirkulation gekennzeichnet ist, stellt somit oft ein grundlegendes Problem von Wundheilungsstörungen, Hautnekrosen und chronischen Wunden dar. Die Regeneration der Hautmikrozirkulation macht daher einen geordneten Ablauf der Entwicklung neuer Kapillaren erforderlich. Dieser Prozess läuft hier im Wesentlichen in fünf Schritten ab, beginnend mit der Dilatation der wundnahen Blutgefäße, gefolgt von der Migration und Proliferation der Endothelzellen, Anastomosierung der neugebildeten Mikrogefäße sowie der Bildung und Inkorporation von Perizyten und

glatten Muskelzellen. Diese Abfolge macht deutlich, dass auch dieser Prozess an allen Schritten gestört werden und somit den gesamten Wundheilungsvorgang beeinträchtigen kann. Die Wundheilung und die Wundbehandlung sollten daher mit der Ausschaltung möglichst aller die Gefäßneubildung bzw. Gefäßregeneration beeinträchtigenden Mechanismen einhergehen. Das skrupellose chirurgische Débridement von bradytrophem und nekrotischem Gewebe spielt hier für die Gefäß- und Gewebeneubildung eine erhebliche Rolle. Durch die Wundsäuberung und Anfrischung der Wundränder sowie des Wundgrundes wird ein neues Mikromilieu geschaffen, das nun, durch Wegfall heilungshemmender Substanzen und Zellen, die Dynamik der physiologischen Wundheilung neu aufbauen kann. Erster Schritt in der Bildung neuer Gefäße ist die Bindung der Wachstumsfaktoren an die Endothelzellrezeptoren bestehender Gefäße, was zu einer Aktivierung intrazellulärer Signalkaskaden führt. Aktivierte Endothelzellen sezernieren proteolytische Enzyme, die die Basalmembran auflösen. Hierdurch ist es den Endothelzellen möglich, zu proliferieren und in die Wunde zu wandern, ein Prozess, der als „sprouting“ bezeichnet wird. Die Endothelzellen orientieren sich hierbei an oberflächlichen Integrinen und sondern an der Proliferationsfront Matrixmetalloproteinasen ab, welche das umliegende Gewebe lysieren und damit die weitere endotheliale Proliferation ermöglichen. Die neugebildeten Gefäßsprossen bilden kleine tubuläre Kanäle, die sich mit anderen zu einer Gefäßschleife verbinden. Anschließend erfolgen die Differenzierung der Schleifen zu arteriellen und venösen Schenkeln sowie die Reifung der Gefäßwand durch Rekrutierung von Perizyten und glatten Muskelzellen. Der beginnende Blutfluss im neuen Gefäß schließt die Angiogenese ab.

### Regeneration der Gefäßarchitektur in der Haut

Nach einer Verletzung der Haut kommt es insbesondere in der Proliferationsphase auch zur Wiederherstellung der Perfusion durch Neubildung von Gefäßen. In vollen vollschichtigen dermalen Hautwunden folgt der Prozess der Neovaskularisation und Angiogenese einem bestimmten zeitlichen und örtlichen Muster (Abb. 2). Zu Beginn formen die Gefäße einen inneren Ring zirkulär und damit parallel zum Wundrand verlaufender Gefäße, welche sich auch direkt innerhalb des Wundrandes befinden. Diese teilweise noch nicht perfundierten Gefäße zeichnen sich insbesondere durch unregelmäßige Gefäßkaliber und Blutfließgeschwindigkeiten aus. Sie stellen die vorderste Front der Gefäßneubildung in der sich regenerierenden Haut dar. An den inneren Gefäßbringen schließen sich nach außen hin radial angeordnete Gefäße an, welche die Verbindung zur Perfusion in

**Abb. 2\_** Schematische Darstellung neugebildeter Gefäßnetzwerke einer regenerierenden Hautwunde. Es ist die typische Formation der Neovaskularisation, bestehend aus zirkulär verlaufenden Gefäßen am Wundrand (orange), radiärer Gefäßnetzwerke (grün) sowie der nicht traumatisierten (physiologischen) und netzartig um die Haarfollikel verlaufenden Mikrozirkulation zu erkennen.

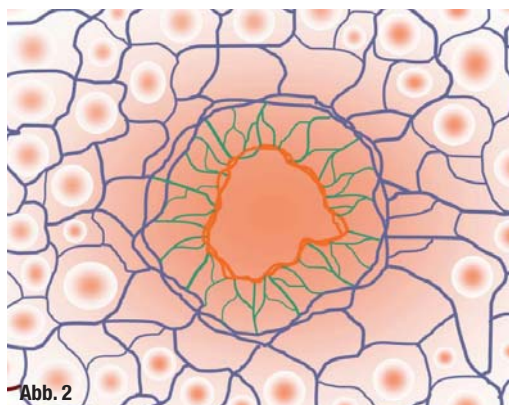


Abb. 2

nicht verletztem Gewebe wieder herstellen und damit die zirkulären Gefäße am Wundrand perfundieren. Sie sind in ihrer Gefäßarchitektur mit gleichbleibenden Gefäßdurchmessern und Blutfließgeschwindigkeiten deutlich homogener. Mit fortschreitender Wundheilung schrumpft der innere Gefäßring zunehmend und verschwindet schlussendlich vollständig. Die radial angeordneten äußeren Gefäße jedoch verbinden sich untereinander und bilden das neue dermale Gefäßnetzwerk, was über die Zeit hinweg eine ähnlich netzartige Struktur annimmt, wie in nicht verletztem Hautgewebe, jedoch ohne die Wiederherstellung der Hautanhangsgebilde, und insbesondere der Haarfollikel, bleibt aus. Die sonnenartige Darstellung der regenerierenden Hautgefäße wurde hier als *sola cutisse reficientis* bezeichnet. Durch dieses Wissen wird deutlich, dass die Wundrandschonung durch entsprechende chirurgische Techniken und die Verwendung spezieller Nahtmaterialien von immanenter Bedeutung für eine komplikationslose Hautwundheilung ist.

### Prinzipien der chirurgischen Naht

Der Einfluss der chirurgischen Technik auf die Wundheilung der Haut und die konsekutive Narbenbildung erstreckt sich von der Entstehung der Wunde über die Art der Gewebebehandlung bis hin zur Wahl und Verwendung des geeigneten Fadenmaterials. So ist bereits die Schnittführung und -technik für eine ästhetisch anspruchsvolle Narbe von essenzieller Bedeutung. Die streng senkrechte Inzision gewährleistet eine minimale Schnittkante und sollte unter Berücksichtigung der Hautspannungslinien (*relaxed skin tension lines*, RSTLs) und der jeweiligen ästhetischen Einheiten erfolgen, um eine möglichst reizlose, unauffällige und flache Narbe und ein ästhetisch ansprechendes Ergebnis zu erhalten. Hierzu werden seit 1861 die von Langer beschriebenen Hautspannungslinien verwandt. Das Einhalten der RSTLs sorgt für minimale Spannung auf die Wundränder und ermöglicht so eine reizlose Regeneration. Die Größe der Inzision bemisst sich nach dem Grundsatz: „So kurz wie möglich, aber so lang wie nötig.“ Hier ist zwar ein ausreichender Überblick für eine sorgfältige Operation notwendig, dennoch sollten möglichst kleine Inzisionen für minimale Narben gewählt werden. Die Einteilung des Gesichtes in ästhetische Einheiten erfolgte 1964 durch Converse. Die Nase bildet dabei eine Einheit, an welche die infraorbitale, die labiale, die orbitale, die supraorbitale und die frontale ästhetische Einheit angrenzen. Jede durch eine Verletzung oder Operation in Mitleidenschaft gezogene Einheit muss rekonstruiert werden, um ein als ästhetisch normal empfundenes Gesicht zu rekonstruieren. Auch die Positionierung der Inzision bedarf der kritischen Abwägung. Es bieten sich Areale an, die wenig sichtbar sind und unter minimaler Spannung stehen

(z.B. submammär, axillär, periareolär, im Haaransatz). Je nach geplanter Operation sollte die Schnittführung so erfolgen, dass eine zukünftig notwendige Folgeoperation, wie z.B. eine Lappenplastik, weiterhin möglich ist. An den Extremitäten sollten die Inzisionen parallel zur Längsachse, gerade oder mit einem leichten Schwung erfolgen, wohingegen die Passage eines Gelenkes niemals linear erfolgen darf, da anderenfalls eine Narbenkontraktur mit Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit droht. Die dezidierte Aufklärung des Patienten über die voraussichtliche Schnittführung, aber auch die mögliche Notwendigkeit der Schnitterweiterung und Änderung der Schnittführung sind obligatorisch. Dazu gehören das Anzeichnen der Inzision und die Aufklärung über alle mit einem Hautschnitt verbundenen Risiken (Wundheilungsstörung, Dehizensz, Keloïdbildung, Infektion, Re-Operation) und Erläuterung der Nachsorge (Fadenzug, Pflege, Sonnenkarenz, Kompressionsnachbehandlung).

Intraoperativ wird nach Berücksichtigung des o.G. mit dem 15er-Skalpell der Hautschnitt durchgeführt, lediglich für die Stichinzision oder bei der Ausschneidung und Präparation eines sehr kleinen Lappchens (Z-Plastik) empfiehlt sich die Verwendung des 11er-Skalpells. Je nach Entität der Operation ist ein ausreichender Sicherheitsabstand oder die Inzision am *Punctum maximum* des Befundes zu wählen.

Nach dem Hautschnitt kann der Wechsel auf eine Präparationsschere erfolgen oder ein Wechsel der Klinge notwendig werden. Beim Präparieren mit der Schere ist der stete Wechsel aus spreizen und schneiden sinnvoll. Das vorsichtige Spreizen ist dabei die Vorbereitung auf den folgenden kontrollierten Schnitt, um so wenig Gewebe wie notwendig zu kompromittieren.

Die Entwicklung chirurgischer Strategien zur Kontrolle der Narbenbildung dient der Minimierung chirurgischer und mechanischer Folgen auf den Hei-

Patient	Behandler
Hauttyp und -qualität (Kortison, Bestrahlung) Alter und Komorbidität	Ausrichtung der Inzision Debridement
Lokalisation und evtl. vorgegebene Ausrichtung	Atraumatische Behandlung der Wundränder
Spannung am Wundrand (durch Trauma/Tumor)	Sorgfältiger, spannungsfreier, trockener Wundverschluss
Alter der Wunde (Primär-, Sekundärverschluss oder chronische Wunde)	Technik des Wundverschlusses (Stich- und Knotentechnik)
	Naht- und Operationsmaterial
	Wundverband
<b>Tab. 1</b>	Nachbehandlung

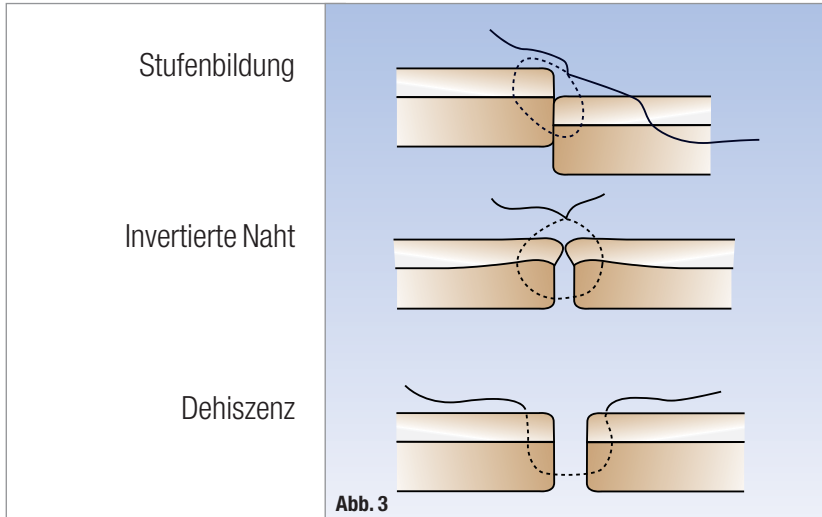


Abb. 3

Abb. 3\_ Fehlerquellen beim Wundverschluss.

Abb. 4\_ Nahttechniken.

lungsprozess. Die in Tabelle 1 und Abbildung 3 dargestellten Faktoren, von denen die künftige Narbenqualität abhängt, sind hierbei zu berücksichtigen, dennoch kann es bei gleichartigen Patienten zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen der Narbenqualität kommen. Die individuellen immunologischen und patho-physiologischen Faktoren sind bis dato noch nicht vollständig erschlossen und entziehen sich

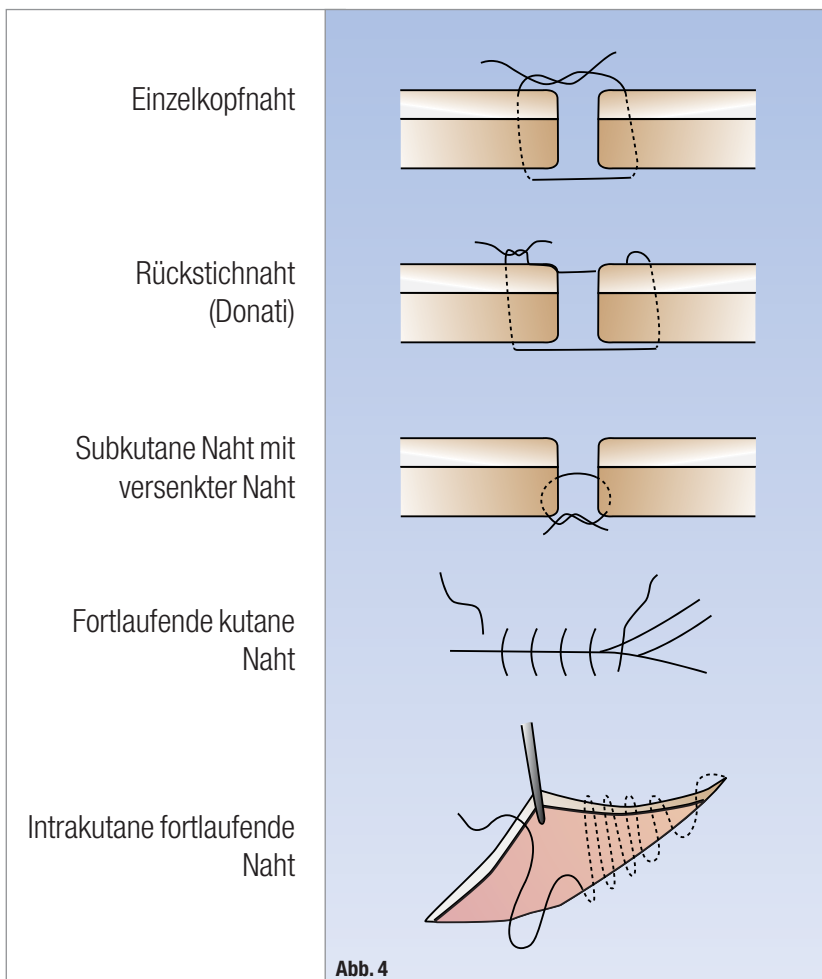


Abb. 4

daher derzeit der Berücksichtigung. Die einzelnen Nahttechniken mit ihren Eigenschaften und Vorteilen sind in Abbildung 4 näher dargestellt. Die Einzelkopfnah eignet sich als Wundverschluss, der das Abfließen von Wundsekret ermöglicht. Sie bietet dem Chirurgen ein hohes Maß an Flexibilität die Abstände der Adaptation und den individuellen Adaptationsdruck zu modulieren. Die Rückstichnähte nach Donati oder Allgöwer gewährleisten eine gute Eversion der Wundränder und eine hohe Stabilität. Sie sind für anspruchsvolle Wundränder, wie z.B. bei chronischen, schlecht durchbluteten Wunden, gut geeignet. Besonderes Augenmerk sollte auf den Druck der Wundränder gelegt werden, anderenfalls drohen Ischämie und verzögerte oder sogar fehlende Wundheilung. Die subkutane Naht ist obligatorisch beim schichtweisen Wundverschluss. Sie dient als Unterstützung für eine spannungsfreie Adaptation der Wundränder und ermöglicht dadurch die Regeneration an gut perfundierten Wundrändern. Auch die Erhöhung der Reißfestigkeit und Vermeidung von Scherkräften unterstützen die Wundheilung. Die fortlaufende Naht ist der Goldstandard für das Einnähen von Hauttransplantaten, sie bietet Vorteile durch gute Spannungsverteilung und fehlende Knoten, die häufig Prädispositionsstellen für Irritationen sind. Areale mit sehr wenig Spannung und ohne nennenswerte Sekretion sind geeignet für einen fortlaufenden, intrakutanen Hautverschluss. Dieser resultiert in einem optimalen Narbenbild, da er ohne sichtbaren Ein- und Ausstich auskommt. Technisch wichtig – nach kritischer Prüfung der Indikation für einen solchen Hautverschluss – die streng intrakutane Vorgehensweise zu respektieren, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Ein Hautverschluss kann durch eine Vielzahl von Techniken erzielt werden. Abgesehen von Fäden können auch Klammern, Kleber und Tape-Verbände eingesetzt werden. Wesentlich sind immer der schichtweise Verschluss und die spannungsfreie Adaptation der Wundränder. In den ersten drei Wochen der Wundheilung stellt die Adaptation der Wundränder durch die chirurgische Naht die entscheidende Ruhigstellung dar. Sollten nicht resorbierbare Materialien verwendet werden, ist eine Entfernung des jeweiligen Materials innerhalb von fünf Tagen im Gesicht und innerhalb 12–14 Tagen an den übrigen Körperpartien notwendig, um ein cross-hatching (vernarbte Einstichstellen) entlang des Wundrandes zu vermeiden. Eine Ruhigstellung durch Wundtapes oder entsprechend angelegte Schienen kann zusätzlich den Zug und die Bewegung auf eine Wunde reduzieren und somit Wundheilungsstörungen mit sekundären Eingriffen und entsprechender Narbenbildung verhindern. Für eine komplikationslose Wundheilung ist zudem auf die Anlage evertierter Wundränder zu achten. Dabei spielt auch der Druck der adaptierten Wundränder eine entscheidende Rolle (Scherkräfte vs. Hypoper-

fusion). Eine schlechte Narbe kann durch verschiedene Komplikationen und Entwicklungen im Heilungsprozess ästhetisch nicht ansprechend sein. Abbildung 5 zeigt eine Darstellung der möglichen Komplikationen, die während der Wundheilung oder im Verlauf der Narbenreifung auftreten können und die es zu vermeiden gilt.

Auch das Keloid ist – insbesondere bei den Hauttypen 3 und 4 – eine mögliche Komplikation, über die der Patient im Vorfeld unterrichtet werden muss. Die Unterscheidung von hypertropher Narbe und Keloid ist wichtig. Das Keloid muss eher zu den Tumoren gerechnet werden, da es auch in das zunächst gesunde, die Narbe umgebende Gewebe eindringt, während die hypertrophe Narbe eine auf die Wundränder begrenzte Gewebevermehrung bezeichnet und als Komplikation der Wundheilung bezeichnet werden kann.

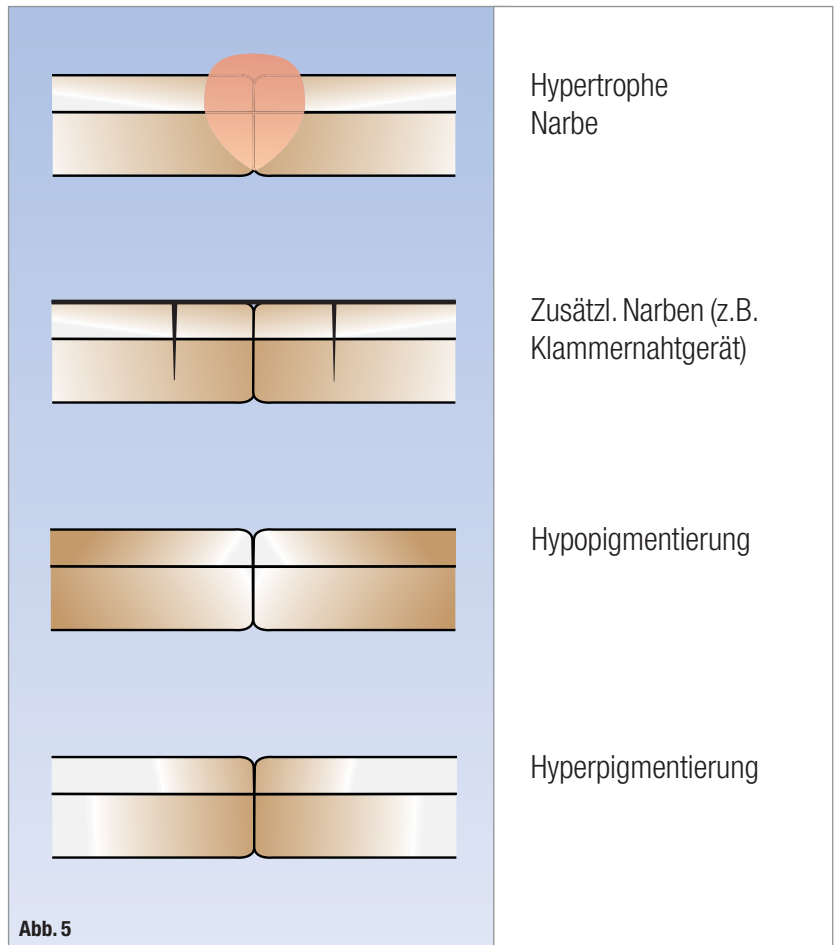
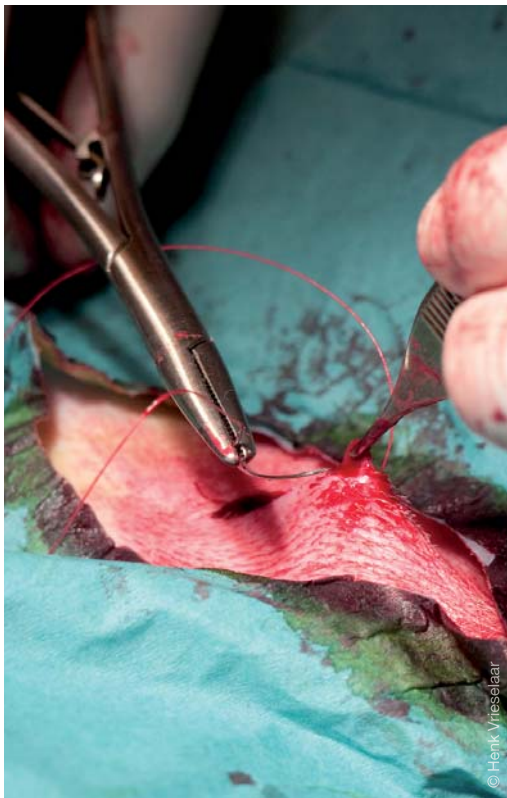


Abb. 5

Abb. 5\_ Komplikationen der Wundheilung.

### Kriterien der Narbenbildung

- Anzustreben ist es, der Farbe, Kontur und Textur der umliegenden Haut so nahe wie möglich zu kommen
- Traumatisch ungünstig sind: Quetschung, Risswunden mit unregelmäßigen Wundrändern, große Verschmutzung der Wunde und Fremdkörpereinsprengung, Lazeration, Infektion
- Chirurgisch ungünstig sind: schlechtes Debridement, Spannung, Stufenbildung, Verziehen der Wundränder (dog ear), zu dickes/dünnes Nahtmaterial, zu feste Knoten (fehlende Durchblutung) und zu locker adaptiertes Gewebe (Scherkräfte verhindern Wundheilung), zu lange einliegendes Nahtmaterial, kein Einsatz von Klammernahtgeräten, invertierte Wundränder
- Behandlungsregime post OP: Wundhygiene und -pflege, Antibiose, zeitgerechter Fadenzug, Immobilisation vs. frühes Beüben, Krankengymnastik, Ergotherapie, Sonnenkarenz, Narbenmassage, ggf. Kompressionsbehandlung

### Vor Revision:

Besteht Aussicht auf weitere Verbesserung? Narbenreifung dauert zwischen vier Monaten und 24 Monaten.

Besteht eine funktionelle Beeinträchtigung?

→ Ggf. ausschneiden bzw. Z- oder W-Plastiken, Expanderbehandlung?

### \_Kontakt

face

#### Dr. med. Heiko Sorg

Klinik für Plastische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
 Medizinische Hochschule Hannover  
 Carl-Neuberg-Straße 1  
 30625 Hannover  
 Tel.: 0511 532-0  
 Fax: 0511 532-8890  
 E-Mail: Sorg.Heiko@mh-hannover.de