

## TOPIC TATTOO

# Tattoos: Wie kommt die Farbe in die Haut und wie lässt sie sich wieder entfernen?

Silas Paras Soemantri, Kristina Hoffmann, Klaus Hoffmann, Bochum

*Der Duden definiert eine Tätowierung als ein Bild oder ein Motiv, das mit einem Farbmittel in die Haut eingebracht wird. Dabei müssen die Farbmittel die Eigenschaft haben, dass sie nicht löslich sind. In aller Regel werden daher feste Strukturen eingebracht, die in der Haut, und dort v.a. intrazellulär in Fibroblasten, aber auch in Makrophagen, ähnlich einem Implantat liegen bleiben. Auch wenn Tätowierungen in den letzten Jahrzehnten noch häufiger geworden sind, sind Reste solcher Techniken schon bei der Gletscherleiche Ötzi oder auch Mumien aus Ägypten nachzuweisen. Wesentliche Risiken der Tätowierung sind eine Infektion bei unhygienischem Vorgehen sowie immunologische Reaktionen. Besonders problematisch sind die Spaltprodukte der verschiedenen verwendeten Farbstoffe. Zur Entfernung nicht mehr gewünschter Tattoos ist das Verfahren einer Photothermolyse mittels Laser am vielversprechendsten. Je nach Farbe der Tätowierung kommen Laser unterschiedlicher Wellenlänge zum Einsatz, wobei auch Hauttyp und Alter des Patienten sowie die Lokalisation und das Alter der Tätowierung eine Rolle für die Auswahl des Lasers spielen. Die Lasertherapie geht nicht ohne Hitzeschäden am Gewebe einher; hier könnten Picosekunden-Laser oder weitere Neuentwicklungen einen Vorteil gegenüber den üblichen Nanosekunden-Lasern bieten.*

## Gesellschaftliche Bedeutung von Tattoos

Tätowierungen sind in der jüngeren Generation so häufig geworden, dass man mittlerweile schon von der Bodymodification-Generation spricht. Als psychologischen Hintergrund sieht man hier insbesondere eine Art Freiheitsbegehren, ein Statement für eine Überzeugung oder schlicht und einfach den Wunsch, sich von anderen in irgendeiner Weise zu unterscheiden. Tattoos werden heute als absolute Normalität angesehen, dies gilt gerade für die jüngere Generation. Der Wunsch nach Bodymodifications ist aber so alt, wie wir rückblickend Forschung betreiben können. Bereits Ötzi, die Gletscherleiche, hatte Tätowierungen. Gleiches gilt für Mumien aus dem alten Ägypten. Tätowierungen haben aber auch gesellschaftliche Bedeutung.

In der Südsee waren Stammeskrieger, bestimmte Kasten oder auch einfach ethnische Zugehörigkeiten durch ihre Tätowierung zu erkennen. In Japan, die

Gesellschaft mit der wohl längsten Tradition von Tätowierungen, fanden sich Tätowierungen häufiger bei weniger angesehenen Bevölkerungsschichten wie Prostituierten oder Kriminellen. In der Neuzeit bedeuten diese Tätowierungen gerade in Japan immer noch eine Stigmatisierung. Auch im moderneren Westeuropa bedeutet eine Tätowierung bisweilen, vorurteilsbehaftet, eine Stigmatisierung.

Viele Menschen glauben auch heute noch, dass Tätowierungen mit einem geringeren Bildungsgrad, sozialem Status oder Einkommen verbunden sind. Bei einer Studie, die an der Ruhr-Universität Bochum gemeinsam mit allen Tätowierverbänden durchgeführt wurde, zeigte sich das Gegenteil [13]. Die Gesellschaft für Konsumforschung hat eine repräsentative Umfrage durchgeführt, die erstmals sichere Zahlen für Deutschland geliefert hat. Zu Beginn 2014 wurden 2000 deutschsprachige Männer und Frauen ab 16 Jahren in Deutschland befragt. Dabei fand sich bei 10% der weiblichen

Bevölkerung und 8% der männlichen Bevölkerung ein Tattoo. Schaut man sich die Altersgruppe der unter 25-Jährigen an, waren es 14%, in der Altersgruppe zwischen 25 und 34 Jahren 22,3% und in der Altersgruppe von 35–44 Jahren 14,7% der Bevölkerung, die tätowiert waren. Man darf also mittlerweile durchaus von einem Massenphänomen sprechen.

Schaut man sich die Korrelation zwischen dem Vorhandensein eines Tattoos und der **Schulbildung** an, so findet sich beim Vergleich von Menschen mit einem Haupt- oder Volksschulabschluss und solchen mit einem Mittel-, Real-/Fach- oder Handelsschulabschluss und denjenigen, die eine Hochschulreife haben, ein erkennbarer Trend, es zeigen sich aber keine signifikanten Unterschiede (9,4% versus 10,4% versus 6,0%).

Berücksichtigt man in der Gesamtschau auch Menschen, die möglicherweise noch ein **Piercing** tragen, kommt es im Sinne der neudeutschen Formulierung der Bodymodifications zu noch sehr viel höheren

Zahlen. Dann beträgt der Anteil von Menschen mit Körperschmuck in Deutschland ca. 40%, wobei der Anteil bei Frauen, gerade wegen des Piercings, deutlich höher liegt als bei Männern. Es konnte zudem ein Zusammenhang zwischen einer niedrigen sozialen Herkunft und Tattoos, die im Nachhinein als misslungen empfunden werden, gezeigt werden. Somit kann ausweislich dieser Studie gesagt werden, dass die Bodymodifications zur Normalität in der Bevölkerung gehören.

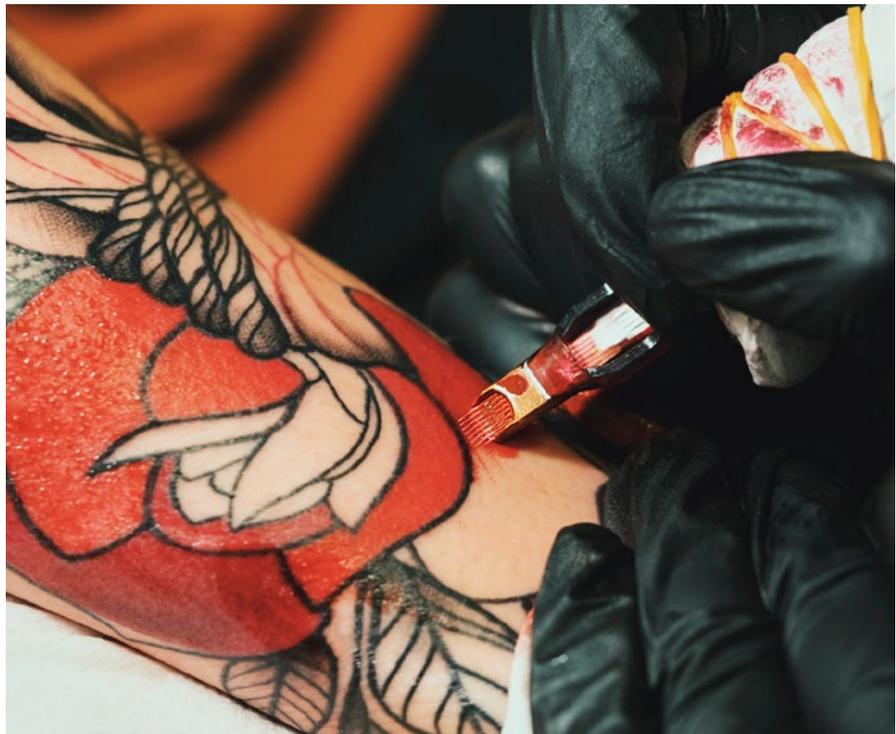
## Technik der Tätowierung

Das Tätowiermittel wird von einem Tätowierer, heute zumeist mit einer Tätowiermaschine, die mit einer oder mehreren Nadeln bestückt ist, punktuell in die Haut gestochen. Die Auswahl der Nadeln richtet sich dabei nach den gewünschten Effekten – von einer Linie bis hin zu Schattierungen oder größeren deckenden Flächen. In aller Regel wird dazu zunächst ein Motiv gezeichnet und im Umkehrbild auf die Haut gebracht, sodass es dann entsprechend einer Vorlage in die Haut eingestochen werden kann.

Das Farbmittel wird dabei in unterschiedlichen Lagen der Dermis abgelegt. Das tiefe Stechen ist notwendig, da sich ansonsten das Farbmittel durch die schnelle Erneuerung der Epidermis innerhalb von einigen Wochen reduzieren würde.

## Tattoo-Partikel in Makrophagen

Dauerhaftes Einbringen in die Haut bedeutet ein Einbringen in die mittlere Dermis mit unterschiedlicher Tätowiermitteldichte. Die Tätowiermittel verdichten sich dabei insbesondere um die Gefäße herum. Man hat bisher angenommen, dass diese sich im Wesentlichen intrazellulär in Fibroblasten ansammeln. Die **intrazelluläre Ablagerung** findet sich in



den meisten histologischen Studien, die durchgeführt wurden. Neuere Studien zeigen jedoch, dass es möglich ist, dass sich Tattoo-Material auch dauerhaft in Makrophagen sammelt (Abb. 1). Hier wird ganz offensichtlich ein ganz erheblicher Teil des Materials eben nicht verdaut, sondern sogar von Makrophage zu Makrophage weitergegeben. Ein Teil des Materials geht dabei natürlich verloren, sodass Tattoos über die Zeit verwaschen aussehen und die Farben verblassen.

Gleichsam ist bekannt, dass über **lymphatische Wege**, insbesondere kleinste Partikel in die Lymphknoten weitertransportiert werden [8]. Man geht bei den Tattoos davon aus, dass diese zwischen 10 und 100 nm groß sind. Je kleiner ein Tattoo-Partikel ist, umso schwieriger ist er in die Haut zu implantieren, da erhebliche Teile über die Lymphwege und durch die Makrophagenreaktion abgetragen werden. In aller Regel werden die Tätowiermittel daher mit Schellack, Titaniumdioxid oder anderen Beimengungen in die Haut selbst eingebracht. Trennt man die

einzelnen Teile eines Tätowiermittels auf, ist nur ca. ein Drittel des eingebrachten Materials das eigentliche Tätowiermittel, der Rest sind Hilfsstoffe.

## Medizinische Risiken der Tattoos

Nimmt man die zuvor genannten Zahlen, so darf man davon ausgehen, dass in der deutschen Bevölkerung zwischen 8 und 10 Millionen Menschen tätowiert sind. Eine erhebliche Anzahl an tätowierten Menschen ist, was Krankheiten betrifft, bislang epidemiologisch unauffällig, soweit man dies wissenschaftlich beurteilen kann. Die immer wieder geäußerte Annahme, dass Tätowierungen krank machen können, ist bislang wissenschaftlich nicht belegt. Man darf dabei jedoch nicht verkennen, dass Tattoo-Farbstoffe dann, wenn sie in den Körper eingebracht werden, z.B. durch UV-Strahlung, aber auch durch körpereigene Prozesse zersetzt werden können und die Spaltprodukte **toxische bis hin zu kanzerogenen Wirkungen** haben

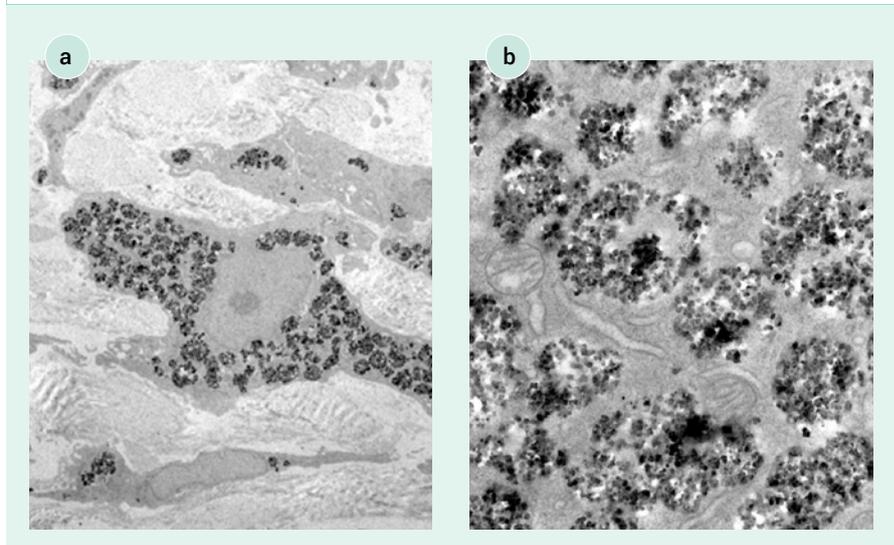
könnten. Inwieweit dies tatsächlich zu Krankheiten führt, bleibt umstritten. Zumindest ist es so, dass das Bundesamt für Risikobewertungen auf die Probleme der Abspaltung und ihre Folgen hinweist.

Ein weiteres besonderes wichtiges Problem bei der Betrachtung zu Tätowierungen ist die Frage, wie Tätowierungen eingebracht werden. Es ist sicherlich so, dass Tätowierungen in professionellen Tattoo-Studios unproblematischer sind als von Laien eingebrachte Tätowierungen, wenn man es vom Hygienestandpunkt her betrachtet. Bei unsachgemäßem, **unhygienischem Arbeiten** können natürlich verschiedene Infektionen übertragen werden. Es sind Infektionen beschrieben, die bis hin zum Verlust von Gliedmaßen gereicht haben.

Die **direkte toxische Wirkung** der eingebrachten Farbstoffe ist durch die Tätowiermittelverordnung, die wir in Deutschland haben, und verschiedene europäische Kontrollmechanismen zwar in ihrer Brisanz nicht vollständig gelöst, aber doch deutlich entschärft. Schwermetalle und Ähnliches mehr werden nicht mehr eingebracht. Die deutsche Tätowiermittelszene kämpft daher dafür, klare Regeln, saubere Farben sowie einen professionellen Umgang mit denselben zu organisieren. Diese Bestrebung unterscheidet Europa von anderen Industrienationen wie z. B. den Vereinigten Staaten, wo die FDA (Food and Drug Administration) eher kein Interesse (schon aus haftungsrechtlichen Gründen) an der echten Kontrolle der eingebrachten Tätowiermittel zeigt.

Neben den toxischen Wirkungen, die etwas häufiger auf den Farbstoff Grün gesehen werden, gilt es zudem auch **allergische Reaktionen** auf die eingebrachten Stoffe zu beachten [10]. Diese treten in aller Regel gegen rote Bestandteile der Tätowiermittel auf. Diese werden in der

Abbildung 1a, b. Elektronenmikroskopische Aufnahme im Längsschnitt (a) und Querschnitt (b) von intrazellulärem Tattooopigment (Carbon black) in aggregierter und agglomerierter Form.



Haut an spezifische Proteine gekoppelt (Hapten) und wirken so allergen [9]. Allerdings ist die Häufigkeit deutlich seltener als angenommen. Genaue Zahlen sind nicht bekannt. In Zentren, die schwerpunktmäßig tätowierte Menschen behandeln, wie z. B. die Hautklinik der Ruhr-Universität Bochum, wird durchschnittlich ein Patient im Monat mit einer derartigen schwer zu kontrollierenden allergischen Reaktion auf Rot gesehen. Diese kann granulomatös sein oder sämtliche andere Formen einer immunologischen Abwehrreaktion zeigen [11]. Gegen rote Bestandteile der Tätowiermittel treten deshalb häufiger allergische Reaktionen auf, weil diese Farben besonders häufig sensibilisierende Metalle wie Quecksilber oder Quecksilbersulfid (Zinnober) und Azo-Pigmente enthalten. Aber auch anderweitige organische und nichtorganische Substanzen, z. B. Kadmium, die für rote Farbstoffe verwendet werden, können verzögerte Hypersensitivitätsreaktionen auslösen [12].

In aller Regel hilft dann nur die Exzision des entsprechenden Tätowiermaterials,

bei schwächeren Reaktionen kann kurzfristig eine lokale Immunsuppression mit einer glukokortikoidhaltigen Creme oder die Unterspritzung mit einer Kristallsuspension versucht werden. In vielen Fällen sind derartige Versuche aber frustrierend, sodass eine Exzision unumgänglich wird. In keinem Fall kann hier eine Laserung eingesetzt werden, da auf diese Weise weitere Allergene freigesetzt werden können, die eine bereits bestehende Allergie verstärken würden [3].

Sicherheit bei der Einschätzung, ob ein Mensch auf die Farbstoffe reagieren wird, gibt es bislang nicht. Nicht selten gibt es Fälle, bei denen bereits mehrere farbige, Rot enthaltende Tätowierungen bestehen und es erst bei der letzten eingebrachten Tätowierung zu einer immunologischen Reaktion kommt. Eine absolute Sicherheit gibt es daher nicht.

Die wesentlichen bekannten Risiken bei einer Tätowierung sind somit die immunologische Reaktion oder Infektion. Bedacht werden muss beim Einbringen eines Tattoo-Farbstoffs auch immer die Frage der

**Langzeitwirkung** im Körper selbst, die nach heutigem Wissen eher unproblematisch zu sein scheint. Genauere Daten hierzu gibt es bislang aber nicht.

Sieht man sich die Spaltprodukte aus Tattoo-Farbstoffen im Labor an, so kann man die Besorgnis der hieran beteiligten Wissenschaftlicher allerdings mehr als gut verstehen. Dies gilt umso mehr, als dass in einem bundesweiten Überwachungsplan 2007 gezielt Tätowiermittel angeschaut und auf Schwermetalle, Konservierungsstoffe sowie auf Keimbelastung untersucht wurden. Diese immer wieder zitierten Studien zeigten zum Teil sehr bedenkliche Ergebnisse. Eine mittlerweile gegründete europäische Forschungsgemeinschaft aus Wissenschaftlern und Tattoo-Verbänden, die erstmals 2013 in Kopenhagen getagt hat, zeigte aber, dass die Situation sich mittlerweile deutlich entschärft hat.

Zudem wurde ein Meldesystem etabliert, das „Rapid Exchange of Information System“ (RAPEX), ein europäisches Schnellwarnsystem, das vor gefährlichen Verbraucherprodukten warnt und über bedenkliche Inhaltsstoffe in Tätowierfarben berichtet.

## Entfernung von Tattoos

### Verschiedene Pigmente

Das Problem bei der Tattoo-Entfernung ist, dass der behandelnde Arzt nicht weiß, wieviel Pigment eingebracht wurde, in welcher Tiefe es sich befindet und um welches Pigment es sich tatsächlich gehandelt hat. Die Pigmentgrößen werden auf den Farbpigmentbehältern nämlich in aller Regel nicht angegeben. Es könnte sich somit um Partikel von 10 nm bis hin zu 100 nm Größe handeln.

Bezüglich der Behandlung mit Lasern kommt eine weitere Erschwernis hinzu.

Zum einen liegen die Partikel, wie bereits beschrieben, intrazellulär, zum anderen neigen diese zur Aggregation und zur Agglomeration, sodass größere Verbände entstehen.

Eine weitere Schwierigkeit sind gemischte Pigmente: Sofern Mixturen von Pigmenten und/oder multiple Farben verwendet wurden, kann eine vollständige Entfernung der Tätowierung mit Lasern unter Umständen nicht erreicht werden. Verschiedene Farben werden normalerweise gemischt, um verschiedene Helligkeiten und Lichteffekte zu erzeugen. Ein anderer Faktor, der zum Misserfolg führen kann, ist die Tatsache, dass die meisten Tattoo-Pigmente nicht kontrolliert werden und verschiedene Elemente und chemische Bestandteile beinhalten können. Sollten die exakten Bestandteile eines Tattoo-Pigments nicht bekannt sein, kann auf die Tattoo-Entfernung eine paradoxe Verdunklung des Pigments entstehen, welches schwierig zu entfernen ist. Des Weiteren sind weiße, orange, gelbe und braune Tattoo-Farben schwierig zu behandeln.

Man darf heute bei der Tattoo-Entfernung davon ausgehen, dass insbesondere die Entfernung mittels Laser die zielführende Methode ist.

Die **nichtselektive Tattoo-Entfernung** besteht hauptsächlich aus folgenden Verfahren:

- mechanisch (Salabrasion und Exzision),
- chemisch (Trichloressigsäure) und
- thermisch (Elektrokauterisierung, Kryotherapie und kontinuierliche Wellen-Laserung).

Diese invasiven Methoden variieren stark in ihrer Wirksamkeit und ziehen immer Narben und Fehlpigmentierungen nach sich.

Die heutige Technologie zur **selektiven Tattoo-Entfernung** beinhaltet den Gebrauch von **pulsativen Lasern**, namentlich „q-switched“-oder „quality-switched“-Lasern, welche Nanosekunden-Pulse produzieren, indem sie auf einmal die gesamte Energie, welche in der Vorbereitungsphase generiert wird, aus dem Lasermedium entlassen. Dieses Konzept basiert auf dem Prinzip der **Photothermolyse**, welche den Gebrauch einer Wellenlänge, welche das Tattoo-Pigment adressiert und den Einsatz von Hitze am Pigment impliziert (wobei die Länge des Pulses kürzer ist als die thermale Relaxationszeit des Pigments). Dies erlaubt die selektive Zerstörung der Zielpigmente in der Haut ohne das umliegende Gewebe zu schädigen.

Zurzeit existieren 4 verschiedene Typen von **QS-Nanosekunden-Lasern** mit folgenden Wellenlängen, welche breit zur Tattoo-Entfernung eingesetzt werden:

- 532 nm (Nd:YAG),
- 1064 nm (Nd:YAG),
- 755 nm (Alexandrit) und
- 694 nm (Rubin).

Wellenlängen von 1064 nm (Nd: YAG) und 755 nm (Alexandrit) werden zur Entfernung schwarzer und blauer Tätowierungen eingesetzt, 694 nm (Rubin) Wellenlänge für blaue, schwarze und grüne Tätowierungen, 532 nm (Nd: YAG) Wellenlänge für rote Tätowierungen. Neben der Farbe sind Typ, Alter und Lokalisation der Tätowierung, Patientenalter und Hauttyp des Patienten entscheidend für die Wahl des richtigen Lasers und der individuellen Parameter für jeden Patienten. Abhängig von der Breite an vorhandenen Farben variiert zudem unter Umständen die Anzahl an einzusetzenden Lasern.

Momentan werden QS-Nanosekunden-Laser erfolgreich zur effektiven und

sicheren Tattoo-Entfernung eingesetzt. Vorübergehende oder permanente Hypopigmentierungen werden bei kürzeren Wellenlängen beobachtet, z. B. bei 532 nm (Nd:YAG) oder 755 nm (Alexandrit) und 694 nm (Rubin), da sie das in der Epidermis vorhandene Melanin adressieren. Dies ist der Grund dafür, dass kürzere Wellenlängen für dunkle Hauttypen nicht empfohlen werden. Längere Wellenlängen wie 1064 nm (Nd:YAG) auf der anderen Seite sind bei dunklen Hauttypen als sicher eingestuft, da sie mit geringerer Melaninabsorption einhergehen. Derweil sind auch geringere Fluenzen bei der Therapie dunkler Hauttypen mit Nd:YAG-Systemen empfohlen (Fluenz bezeichnet die Energiedichte mit der Einheit  $\text{J}/\text{m}^2$ , als flächenbezogenen Energieeintrag über einen definierten Zeitraum integriert). Narbenbildung ist selten nach Behandlungen mit QS-Lasern beobachtet worden, da Wasser nicht mehr das Zielchromophor ist.

## Photothermal Effekt

Obwohl der genaue Mechanismus noch nicht vollständig bekannt ist, sind die bekannten Effekte der Lasertherapie auf das Pigment:

- 1) photothermal/photochemisch und
- 2) photoakustisch/photomechanisch.

Die Konversion von aufgenommener Energie in Hitze (photothermal Effekt) bricht die chemischen Verbindungen innerhalb des Pigments auf und verursacht die Modifikation des Pigments. Zur selben Zeit verursacht die ultrakurze Erhitzung der Partikelschale eine Erhitzung des umliegenden Gewebes via schneller thermaler Expansion, welche in Wellen abläuft. Diese Wellen können die umliegenden Zellstrukturen und tätowierten Bestandteile mechanisch zerstören (photoakustischer/photomechanischer Effekt).

## Mechanismen der Zerstörung des Tattoos

### Photothermisch

- I Selektive Photothermolyse
- I Thermische Reaktionen (thermal confinement):
  - I Optimale Erwärmung
  - I Minimaler Kollateralschaden
- I Laserparameter:
  - I Starke Absorption durch das Zielgewebe (Wellenlänge)
  - I Pulsdauer  $\leq$  Relaxationszeit

### Photomechanisch

- I Mechanische Kräfte:
  - I Druck auf das Zielgewebe
  - I Minimaler Kollateralschaden
- I Laserparameter:
  - I Starke Absorption durch das Zielgewebe (Wellenlänge)
  - I Pulsdauer konsistent mit der Propagation der akustischen Wellen

Um die Kriterien der photomechanischen Wirkung zu erzielen, ist eine sehr kurze Pulsdauer zwischen Pico- und Nanosekunden erforderlich.

Die hieraus resultierenden, fragmentierten Partikel werden anschließend durch 3 Mechanismen abgebaut:

- 1) durch transepidermale Elimination,
- 2) durch das lymphatische System,
- 3) durch Phagozytose durch andere Zellen (inflammatorische oder ortsständige Zellen) in der Dermis [1] sowie durch fortwährende Rephagozytose (d. h. Wiederaufnahme) nach erfolgtem Zelltod.

Histologische Auswertungen zeigen, dass die Tattoo-Pigmente danach ausschließlich in intrazytoplasmatischen Lysosomen vorkommen, was ein Resultat der aktiven Phagozytose in den dermalen Zellen ist, sowie Makrophagen und Fibroblasten. In elektronenmikroskopischen Aufnahmen von schwarzen Tätowierungen direkt nach der Behandlung mit einem 1064 nm-Nd:YAG-Laser konnten Vakuolen in der Dermis festgestellt werden. Diese Vakuolen sind ge-

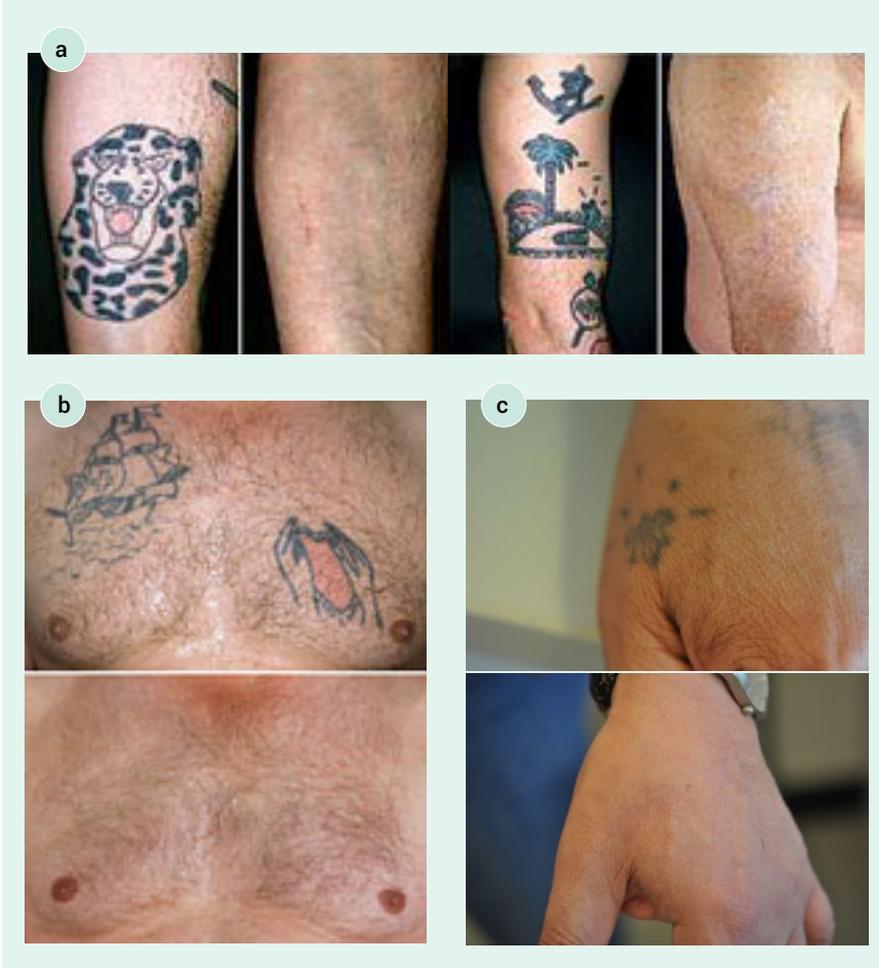
kennzeichnet von „remnants“ der pigmenthaltigen Zellen, flachen Zellkernen und geschädigten Lysosomen. Zellen ohne Pigment, welche sich in der Nähe der Vakuolen befanden, waren nicht betroffen.

Eine Woche nach der Behandlung konnte eine moderate inflammatorische Reaktion in der Dermis nachgewiesen werden, die Pigmentpartikel waren vollständig phagozytiert und intrazellulär in Makrophagen und Fibroblasten nachweisbar. Einen Monat nach der Behandlung befanden sich alle Pigmentpartikel innerhalb der Lysosomen mit einhergehender milder inflammatorischer Reaktion rund um die dermalen Gefäße.

## Pico statt Nano

Obwohl QS-Nanosekunden-Laser sicher und effektiv in der Behandlung von Tätowierungen angewandt wurden und

Abbildung 2 a – c. Klassische Tattoo-Entfernungen mit dem Laser



oft schmerzvoll und häufig sind viele Sitzungen notwendig, um eine zufriedenstellende Clearance zu erreichen. Es könnte argumentiert werden, dass dies von der Größe der Pigmentpartikel von 40–300 nm in vivo abhängig ist und deren thermale Relaxationszeit sich meistens im Picosekundenbereich abspielt. Zum Beispiel hat das am häufigsten verwendete Pigment „carbon black“, welches einen Durchmesser von 40 nm hat (aber sich wie oben erwähnt zu größeren Agglomeraten zusammenfindet), eine thermale Relaxationszeit von ungefähr einer Nanosekunde. In diesem Fall kann eine thermal getriggerte Zerstörung des Pigments nur durch Picosekundenpulse erreicht werden. Dies bedeutet, dass eine

effektiver ist und geringere Fluenzen (Energiedichte, s. oben) als Nanosekunden-systeme benötigt.

Die daraus resultierenden ultrakurzen Pulse mit höheren Spitzentemperaturen sollten darüber hinaus verschiedene Nebeneffekte, wie Fehlpigmentierungen oder Hitzeübertragung auf das umliegende Gewebe verringern. Vereinfacht gesagt: Hält man einen Finger nur kurz an ein heißes Bügeleisen, passiert nichts, ein längerer Kontakt jedoch führt zu einer Verbrennung. Ähnlich ist es mit dem Wechsel von Nano- auf Picosekunden-Laser bei der Tattoorentfernung – je kürzer der Kontakt, umso geringer der thermale Kollateralschaden.

Zum jetzigen Zeitpunkt wurden **verschiedene Studien von QS-Picosekunden-Lasern**, in vitro und in vivo, durchgeführt, um die Hypothese des potenziellen Benefits zu untermauern. In einer Split-Tattoo-Studie haben Ross et al. in 75% von einem besseren Clearing des Tattoos zugunsten der Picosekunden-Technologie, im Gegensatz zu den eingesetzten Nanosekunden-Lasern (QS-Nd:Yag-Laser) jeweils nach 4 Behandlungen, berichtet [6]. Elektronenmikroskopisch glichen sich die Befunde und es konnten keine Nebeneffekte festgestellt werden. In einer tiergestützten Studie, in welcher ein Picosekunden Titanium:Sapphire-Laser (795 nm, 500 Picosekunden) mit einem QS-Alexandrit-Laser (755 nm, 50 Nanosekunden) verglichen wurde, wurden deutlich bessere Clearings aufseiten des Picosekunden-Lasers ohne Nebeneffekte festgestellt [4]. Izikson et al. verglichen Picosekunden (758 nm, 500 Picosekunden) und QS-Nanosekunden-Alexandrit-Laser (755 nm, 30–50 Nanosekunden) im Tiermodell und berichteten, dass Picosekunden-Laser ein besseres Tattoo-Clearing nach der ersten Behandlung erreichten [5]. Hinzu kommt, dass zwei andere klinische Studien bei der Benutzung von QS-Picosekunden-Alexandrit-Lasern (755 nm mit 500–900 und 750–900 Picosekunden) eine bessere Clearance bei weniger Behandlungen erreichten [2, 7].

### Cutera Enlighten und Picosure

Das Studienobjekt, der **Cutera Enlighten-Laser**, ist ein QS-Nd:YAG-Laser mit doppelter Wellenlänge und doppelter Pulsdauer, was eine Behandlung mit 1064 nm Wellenlänge oder Frequenzverdoppelt 532 nm KTP ermöglicht, wobei man zwischen 2 Nanosekunden oder 750 Picosekunden Pulsdauer wählen kann. Mittlerweile steht zudem mit 670

nm eine dritte Wellenlänge zur Entfernung von grünen, blauen und violetten Farben sowie benignen Läsionen zur Verfügung. Der Cutera-Enlighten hat eine CE-Kennzeichnung erhalten sowie eine FDA-Zulassung für die Nutzung bei chirurgischen und kosmetischen Anwendungen in der dermatologischen und plastischen Chirurgie. Die 532-nm- und 670-nm-Wellenlängen des Enlighten-Laser-Systems sind indiziert für die Behandlung von benignen Pigmentläsionen sowie Tattoofarben bei Patienten mit einem Fitzpatrick Hauttyp I–III, die 1064 nm Wellenlänge hingegen bei allen Hauttypen.

Das Vergleichsobjekt, der **Picosure-Laser** der Firma Cynosure, ist ein QS-Alexandrit-Laser, welcher ebenfalls unter Verwendung einer Picosekundenpulsdauer mit 755 oder 532 nm Wellenlänge behandelt. Auch dieses Lasersystem hat eine CE-Kennzeichnung und eine FDA-Zulassung in der Benutzung bei chirurgischen und kosmetischen Anwendungen in dermatologischer

und plastischer Chirurgie erhalten. Die 755-nm-Wellenlänge des Picosure ist indiziert bei der Entfernung benigner Pigmentläsionen sowie bei der Behandlung von Aknenarben bei allen Hauttypen, sofern die Fokus-Linse genutzt wird. Die 532-nm-Wellenlänge ist nur für die Entfernung von Tätowierungen bei den Hauttypen I–III indiziert.

## Fazit

Im Zuge der zunehmenden Popularität und Verbreitung von Tätowierungen in

der allgemeinen Bevölkerung und ihrer wachsenden Akzeptanz in unserer modernen Gesellschaft wird dann auch die Nachfrage bezüglich der Entfernung von Tätowierungen weiter zunehmen. Die Picosekundenlaser bieten diesbezüglich gegenüber den traditionellen Nanosekundenlasern tendenzielle Vorteile, insbesondere was die Effizienz in der Entfernung sowie das Nebenwirkungsprofil angeht. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten ist eine Behandlung mit dieser neuen Technologie bislang auf ausgesuchte Zentren konzentriert.

Dr. med. Klaus Hoffmann | Silas Paras Soemantri

Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie  
Ruhr-Universität Bochum | St. Josef-Hospital  
Gudrunstraße 56 | 44791 Bochum  
[k.hoffmann@klinikum-bochum.de](mailto:k.hoffmann@klinikum-bochum.de) | [s.soemantri@klinikum-bochum.de](mailto:s.soemantri@klinikum-bochum.de)

*Bei Dr. med. Hoffmann bestehen folgende Interessenkonflikte:  
Vortragstätigkeit für Lumenis, Cynosure und Cutera.  
Herr Soemantri gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.*

## Literatur

- Baranska A, Shawket A, Jouve M et al. Unveiling skin macrophage dynamics explains both tattoo persistence and strenuous removal. *J Exp Med* 2018; 215(4): 1115–1133
- Brauer JA, Reddy KK, Anolik R et al. Successful and rapid treatment of blue and green tattoo pigment with a novel picosecond laser. *Arch Dermatol* 2012; 148(7): 820–823
- Forbat E, Al-Niaimi F. Patterns of Reactions to Red Pigment Tattoo and Treatment Methods. *Dermatol Ther (Heidelb)* 2016; 6(1): 13–23
- Herd RM, Alora MB, Smoller B, Arndt KA, Dover JS A clinical and histologic prospective controlled comparative study of the picosecond titanium:sapphire (795 nm) laser versus the Q-switched alexandrite (752 nm) laser for removing tattoo pigment. *J Am Acad Dermatol* 1999; 40(4): 603–606
- Izikson L, Farinelli W, Sakamoto F, Tannous Z, Anderson RR. Safety and effectiveness of black tattoo clearance in a pig model after a single treatment with a novel 758 nm 500 picosecond laser: a pilot study. *Lasers Surg Med* 2010; 42(7): 640–646
- Ross V, Naseef G, Lin G et al. Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond Q-switched neodymium: YAG lasers. *Arch Dermatol* 1998; 134(2): 167–171
- Saedi N, Metelitsa A, Petrell K, Arndt KA, Dover JS Treatment of tattoos with a picosecond alexandrite laser: a prospective trial. *Arch Dermatol* 2012; 148(12): 1360–1363
- Schreiber I, Hesse B, Seim C et al. Synchrotron-based-XRF mapping and  $\mu$ -FTIR microscopy enable to look into the fate and effects of tattoo pigments in human skin. *Sci Rep.* 2017; 7(1): 11395
- Serup J, Hutton Carlsen K. Patch test study of 90 patients with tattoo reactions: negative outcome of allergy patch test to baseline batteries and culprit inks suggests allergen(s) are generated in the skin through haptization. *Contact Dermatitis* 2014; 71(5): 255–63
- Serup J. Atlas of Illustrative Cases of Tattoo Complications. *Curr Probl Dermatol* 2017; 52: 139–229
- Serup J. Diagnostic Tools for Doctors' Evaluation of Tattoo Complications. *Curr Probl Dermatol* 2017; 52: 42–57
- Sowden JM, Byrne JP, Smith AG, Hiley C, Suarez V, Wagner B, Slater DN. Red tattoo reactions: X-ray microanalysis and patch-test studies. *Br J Dermatol.* 1991; 124(6): 576–80
- Trampisch HJ, Brandau K. GFK-Studie Tattoos und Piercings in Deutschland. Ruhr-University Bochum. 21.05.2014