



Rudolf Vasold

Gesundheitsrisiko durch Tätowierungspigmente

Ein neues Verfahren quantifiziert die eingebrachten Farbstoffe

Rudolf Vasold¹, Eva Engel¹, Burkhard König¹, Michael Landthaler² und Wolfgang Bäuml²

¹Institut für Organische Chemie, ²Klinik und Poliklinik für Dermatologie der Universität Regensburg

Zusammenfassung

In der westlichen Welt tragen mehr als 100 Mio. Menschen eine Tätowierung. Für farbige Tätowierungen werden zum Teil sehr komplexe Moleküle in die Haut eingebracht. Durch Sonnenlicht oder im Zuge einer Lasertherapie kann es zur Spaltung dieser Pigmente in toxische oder sogar krebserregende Substanzen kommen. Ein neues Verfahren ermöglicht es, die eingebrachten Pigmente quantitativ zu bestimmen.

Schlüsselwörter: Tätowierung, Haut, Pigmentkonzentration, Extraktion

Summary

In the western world, more than 100 million people decorate their skin with tattoos. For colored tattoos, partly very complex molecules are inserted into the skin. These pigments can be cleaved – by sunlight or by laser irradiation – into potentially toxic or even carcinogenic components. A new procedure enables us to quantify the inbrought pigments.

Key words: tattoo, skin, pigment concentration, extraction

Wie viele Menschen tragen eine Tätowierung?

In den letzten Jahren sind Schmucktätowierungen und Permanent-Make-up (tätowierte Lidstriche, Lidschatten und Lippenkonturen) vor allem unter Jugendlichen enorm populär geworden. Nach einer aktuellen Umfrage aus den USA, veröffentlicht im Juni 2006, sind 24 % der Befragten tätowiert, die Zahlen in Europa sind ähnlich (12). In Deutschland haben laut einer Umfrage des demoskopischen Instituts Allensbach von 2003 etwa 9 % der Bevölkerung mindestens eine Tätowierung, bei jungen Menschen (Alter: 16–29 Jahre) sind es 23 %. Dadurch hat die Zahl

der tätowierten Menschen in Deutschland eindeutig die 7-Mio.-Grenze überschritten (11).

Pigmente aus Autolacken besonders beliebt

Viele farbige Pigmente, die zum Tätowieren verwendet werden, wurden ursprünglich zum Färben oder Lackieren von Konsumgütern produziert (z. B. für Autolacke). Die Tätowierer setzen diese Pigmente gern ein, weil sie nahezu unlöslich sind und damit für eine brillante, beständige Tätowierung in der Haut sorgen. Bis vor Kurzem waren nur wenige Daten zur chemischen Struktur von Tätowierungsfarbstoffen bekannt. In der Vergangenheit wurden häufig



Abb. 1: Beispiel eines typischen schwarzen Tattoos mit Tribal-Motiv (Oberarm)

anorganische Pigmente wie Titandioxid (weiß), Cadmiumsulfid (gelb), Chromoxid (grün), Cadmiumselenid (rot) und Eisenoxid (schwarz) verwendet (13). Neuere Untersuchungen an handelsüblichen farbigen Tätowierungspigmenten haben gezeigt, dass diese im Wesentlichen aus industriellen organischen Pigmenten in Form von Azo- oder polyzyklischen Verbindungen bestehen (1). Eine erste repräsentative Marktrecherche über schwarze Tätowierungsfarbstoffe hat ergeben, dass diese hauptsächlich aus „carbon black“ (Ruß) und Nebenprodukten der Rußherstellung bestehen (Abb. 1).

Mögliche Gesundheitsgefahren durch Tätowierungsfarben

Zunächst scheint es, dass Tätowierungspigmente in der Haut in der Regel gut vertragen werden. Allerdings kommt es dann doch immer wieder zu unerwünschten Reaktionen, die seit Jahren in der Fachliteratur beschrieben werden (2). Dazu zählen insbesondere allergische oder Fremdkörperreaktionen. Besonders häufig scheinen rote Tätowierungspigmente (Abb. 2) unerwünschte Reaktionen in der Haut auszulösen. Eine neue Übersicht zu unerwünschten Hautreaktionen ist in einem Bericht der europäischen Kommission zu finden (14). Inzwischen wird in der medizinischen Fachliteratur auch über das Auftreten von Hauttumoren nach Tätowierungen berichtet, ein ursächlicher Zusammenhang ist jedoch derzeit noch nicht nachgewiesen (4).

Einfluss des Sonnenlichts auf Tätowierungen

Von zunehmendem Interesse ist der Einfluss von Sonnenstrahlung auf Tätowierungsfarbstoffe. So konnte kürzlich am National Center for Toxicological Research, U.S. Food & Drug Ad-



Abb. 2: Beispiel einer Tätowierung mit überwiegend rotem Farbanteil (Oberarm)



Abb. 3: Der rote Naphthol-AS-Farbstoff Pigment Red 22 (PR 22)



Abb. 4: Pigment Red 22 (PR 22), gelöst in THF. Farbveränderung von orange nach gelb nach 150 min UVB-Bestrahlung (13,5 J/cm²)

ministration, mittels Solarsimulatoren in vitro nachgewiesen werden, dass UV-Licht bestimmte Azo-Pigmente, wie das weit verbreitete gelbe Pigment (Pigment Yellow 74: PY 74), spalten und kanzerogene Amine erzeugen kann (3). In eigenen Untersuchungen konnten wir durch die Exposition des roten Farbstoffes PR 22 (Abb. 3) im natürlichen Sonnenlicht bzw. im künstlichen UVB-Licht zeigen, dass es UV-induziert zu einer drastischen Farbveränderung der Farbstofflösungen kommt (Abb. 4). Dabei konnten die aus der Laserbehandlung postulierten Spaltprodukte, das karzinogene Amin 2-Methyl-5-Nitroanilin (2-MNA) und das toxisch wirkende 4-Nitrotoluol (4-NT), chromatografisch nachgewiesen werden, mittels LC/MS-Kopplung (Flüssigchromatografie gekoppelt mit Massenspektrometrie) und quantitativer HPLC (Hochleistungs-Flüssigchromatografie) (Abb. 5) (9).

Die Toxizität und Karzinogenität chemischer Verbindungen und ihrer lichtinduzierten Spaltprodukte hängen unter anderem von deren Konzentration in der Haut ab. Bedenkt man, dass sich viele tätowierte Menschen in der Sonne aufhalten bzw. sich einer medizinisch indizierten Therapie mit UV-B-Licht unterziehen, ist es wichtig, die Konzentration von Tätowierungspigmenten in der Haut zu bestimmen. Damit könnte man eventuelle Risiken einschätzen. Bisher war völlig unklar, welche Menge an Pigment beim Tätowieren in die Haut eingebracht wird.

Lasertherapie und Tätowierungen

Seit Jahren werden Tätowierungen im Rahmen der medizinischen Lasertherapie mit hochintensiven Lichtimpulsen gütegeschalteter Laser entfernt (9). Das Risiko der Narbenbildung ist dabei in den meisten Fällen relativ

gering. Ziel dieses gewebeschonenden Verfahrens ist es, die in der Dermis liegenden Kristalle aus Tätowierungspigmenten (Durchmesser: wenige µm) soweit zu verkleinern, dass sie über das Gefäßsystem abtransportiert werden können. Die dabei entstehenden Spaltprodukte können jedoch toxisch oder krebs-erregend sein.

Die Verminderung der Pigmentkonzentration in der Haut führt in der Regel zu einer sichtbaren Aufhellung der Tätowierung. Klinische Studien haben gezeigt, dass der Behandlungserfolg neben der Pigmentkonzentration unter anderem auch von der Pigmentfarbe abhängt (10).

Wieviel Farbstoff wird in die Haut gestochen?

Das Einschätzen von Gesundheitsgefahren durch Tätowierungsfarben und deren lichtinduzierte Spaltprodukte setzt voraus, dass man die Menge an Farbpigmenten kennt, die in die Haut eingebracht werden. Die Menge an Pigment pro tätowierte Fläche war bislang unbekannt.

Die Quantifizierung von Pigmenten und deren möglichen Spaltprodukten setzt voraus, dass diese Substanzen aus der Haut wieder extrahiert werden können. Bisher gab es keine Methoden, diese zum Teil schwerlöslichen Verbindungen quantitativ aus Hautgewebe zu extrahieren.

Erstmals quantitative Extraktion

Deswegen wurde von unserer Arbeitsgruppe weltweit erstmals ein quantitatives Extraktionsverfahren etabliert. Da unter In-vivo-Bedingungen davon auszugehen ist, dass das Pigment intrazellulär liegt, musste in diesem Verfahren die Haut komplett aufgelöst werden. Im Rahmen dieser Hautlyse durften allerdings

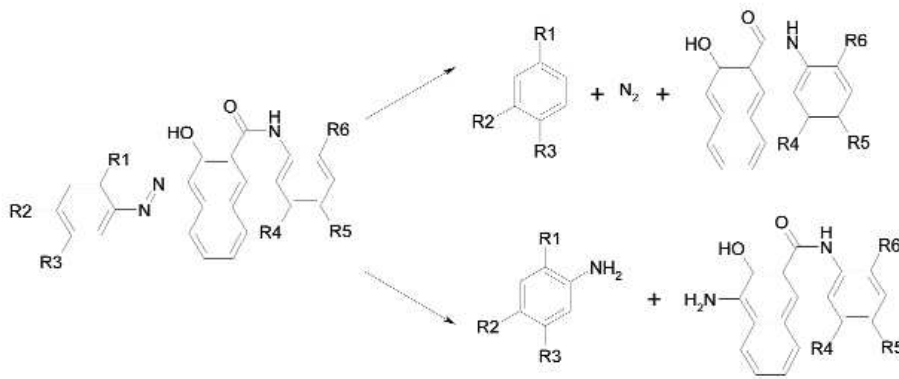
weder die Pigmente noch deren Spaltprodukte angegriffen werden, denn sonst wäre das Ergebnis unzuverlässig.

Zunächst wurden deswegen bekannte Tätowierungspigmente (PR 22, PR 9) hoch rein synthetisiert, in bekannter Konzentration mit lysiertem Hautgewebe vermischt und anschließend im Sinne von Recovery-Experimenten aus diesem Lysat wieder extrahiert. Das eigens entwickelte quantitative Extraktionsschema umfasste eine Kombination von chemischer Lösung und enzymatischer Lyse. Durch die Testung verschiedener Zwischenschritte und Reagenzien konnten wir dann das optimale Verfahren finden, das aus wässriger Lösung bzw. Hautlysat hervorragende Wiederfindungsraten >94 % lieferte (6).

Unsere Tätowierungsstudien

Dieses quantitative Extraktionsverfahren war die Basis für unsere anschließenden Tätowierungsstudien. In diesen Studien wurde exzidierte Schweine- und Menschenhaut mit PR 22 in verschiedenen Konzentrationen und mit verschiedenen Nadelformen und -größen fachgerecht tätowiert (Abb. 6). Die frische Schweinehaut stand regelmäßig und in standardisierter Form zur Verfügung und diente als Modell für die Menschenhaut, da sie sich durch ähnliche Eigenschaften (Diffusion, Permeabilität) auszeichnet.

So konnten wir erstmals die Menge an Farbstoff quantitativ bestimmen, die durch Tätowieren in die Haut eingebracht wird. Wir konnten zeigen, dass je nach Tätowierungstechnik und Pigmentkonzentration pro cm² Tätowierung im Mittel 2,5 mg Tätowierfarbstoff in die Haut und damit in den Körper eingebracht wird (7). Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt, dass professionelle



R1	R2	R3	R4	R5	R6	Pigment
Cl	H	Cl	H	H	OCH ₃	PR 9 (I8)
CH ₃	H	NO ₂	H	H	H	PR 22 (Cardinal Red)

Abb. 5: Azoform der Pigmente PR 22 und PR 9, die als farbgebende Komponenten in den Tätowfarben Cardinal Red (CR) und I8 enthalten sind. Für beide Komponenten ist das mögliche Zersetzungsschema abgebildet.

Tätowierer etwas weniger (etwa 0,6 mg/cm²) Pigment in die Haut einstechen.

Diese Daten können nun als Grundlage dienen, um ein eventuelles Gesundheitsrisiko von Tätowierungen zu bewerten. Darüber hinaus bilden die Daten eine erste Basis, mit der man abschätzen kann, wie viele Pigmente in der Haut durch eine Lasertherapie zerstört und wie viele – möglicherweise toxische – Spaltprodukte dabei entstehen können.

Keine gesetzlichen Kontrollen und Auflagen

Seit Jahrhunderten lassen sich Menschen mit unterschiedlichsten Farbmitteln tätowieren. Die dabei in die Haut eingestochenen Substanzen unterliegen bislang keinerlei gesetzlicher Kontrolle. Deshalb sollte die Zusammensetzung der Farbmittel offengelegt werden. Die verwendeten Substanzen sollten gesundheitlich unbedenklich sein, zumindest nach den Regeln der Kosmetikverordnung. Beides ist trotz der Millionen von Betroffenen bis heute nicht der Fall. Aufgrund einer Initiative des Europaparlaments von 2003 hat das Scientific Committee on Cosmetics and Non-Food Products (15) eine Expertengruppe beauftragt, den Stand der Dinge zu evaluieren. Auch sollen mögliche Schritte hinsichtlich einer gesetzlichen Kontrolle von Tätowierungen und der dabei verwendeten Substanzen

beraten werden. Leider ist das Inkrafttreten einer europaweiten Regelung noch immer nicht absehbar.

In Deutschland gelten für das Tätowieren und die dabei verwendeten Substanzen neuerdings zumindest die Vorschriften des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches, da es sich bei Tätowierungspigmenten weder um Kosmetika noch um Arzneimittel handelt.

Interessanterweise ist der Einsatz vieler der verwendeten Tätowierungspigmente auf der Hautoberfläche durch die Kosmetikverordnung verboten (Annex IV der Cosmetics Directive of the EU) – werden diese Stoffe aber in die Haut eingestochen, gibt es bislang keine Einschränkungen (8).

Literatur

- Bäumler W et al.: Q-switch laser and tattoo pigments: first results of the chemical and photophysical analysis of 41 compounds. *Lasers Surg Med* 2000; 26: 13-21
- Blumental G et al.: Pseudolymphomatous reaction to tattoos. Report of three cases. *J Am Acad Dermatol* 1982; 6: 485-488
- Cui Y et al.: Photodecomposition of pigment yellow 74, a pigment used in tattoo inks. *Photochem Photobiol* 2004; 80 (2): 175-184
- Engel E et al.: Azo pigments and a basal cell carcinoma at the thumb. *Dermatology* 2008; 216: 76-80
- Engel E et al.: Photochemical cleavage of a tattoo pigment by UVB radiation or natural sunlight. *JDDG* 2007; 5 (7): 583-589

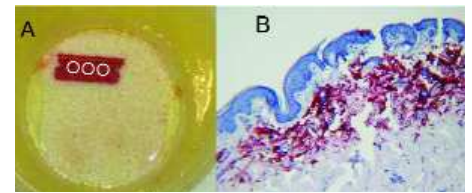


Abb. 6: Schweinehaut, in Agarose-Gel eingebettet und bereits tätowiert (A). Die drei Kreise zeigen die Stellen der Probenentnahmen für das Extraktionsverfahren. Das Pigment lagert sich bandförmig in die Dermis ein (histologischer Schnitt), die Stichkanäle sind noch deutlich zu sehen (B).

- Engel E et al.: Establishment of an extraction method for the recovery of tattoo pigments from human skin using HPLC diode array detector technology. *Anal Chem* 78; (18): 6440-6447
- Engel E et al.: Modern tattoos cause high concentrations of hazardous pigments in skin. *Contact Dermatitis* 2008; 58: 228
- Engel E., Vasold R, Bäumler W: Tätowierungspigmente im Fokus der Forschung. *Nachrichten aus der Chemie* 2007; 55: 847-851
- Anderson RR, Parrish JA: Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 1983; 220: 524-527
- Fritzemeier CU: Entfernen von Tätowierungen: derzeitige Möglichkeiten und Ergebnisse (Teil 2). *Haut* 2007; 18 (6): 240-242
- Institut für Demoskopie Allensbach: Körperkult bei den Jüngeren: Tattoos und Piercings. *Allensbacher Berichte* 2003; 24: 1
- Laumann AE, Derick AJ: Tattoos and body piercings in the United States: a national data set. *Journal of the American Academy of Dermatology* 2006; 55 (3): 413-421
- Lehmann G, Pierchella P: Tattoo pigments / Tätowierungsfarbstoffe. *Dermatosen in Beruf und Umwelt* 1988; 36 (5): 152-156
- Papameletiou D et al.: Risks and health effects of tattoos, body piercing and related practices. Report of the European Commission (EC), the Joint Research Centre (JRC), the World Health Organization (WHO) 2004. http://europa.eu.int/comm/consumers/cons_safe/_news/eis_tattoo_proc_052003_en.pdf
- SCCNFP: Consultation paper of the SCCNFP on risks and health effects from tattoos, body piercing and related practices. 2003

Korrespondenzadresse

Dr. Rudolf Vasold
 Institut für Organische Chemie
 Universität Regensburg
 Universitätsstr. 31
 93053 Regensburg
 E-Mail:
rudolf.vasold@chemie.uni-regensburg.de