

Der Stromunfall

©Andreas Fangmann (05/2004)

für Rettungsassistenten/innen



Gliederung

- Physikalische Grundlagen
- Niederspannungsunfall
- Hochspannungsunfall
- Blitzunfall

Physikalische Grundlagen

■ *WAS IST STROM ?*

- ☐ Man unterscheidet Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom
- ☐ Unter Strom versteht man die Bewegung von elektrisch geladenen Teilchen (Elektronen) zwischen zwei Punkten

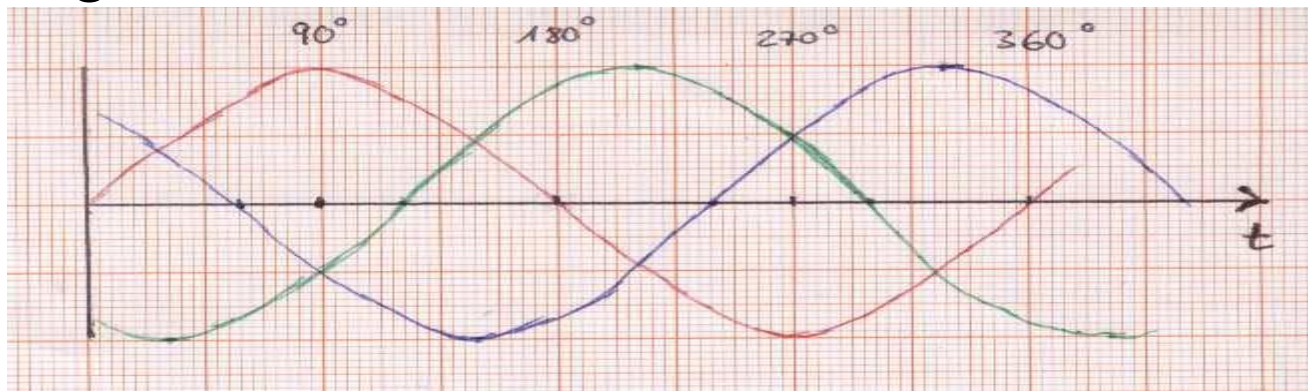
Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom

Bei **Gleichstrom** fließen die Elektronen kontinuierlich in eine Richtung. Diese Stromart finden wir u.a. im Telefonnetz, bei der Elektro-eisenbahn oder in Weidezäunen

Bei **Wechselstrom** pendeln die Elektronen hin und her. Die Anzahl der Richtungsänderungen pro Sekunde werden als Frequenz mit der Einheit Hertz (Hz) bezeichnet. Bekanntestes Beispiel ist der normale Haushaltsstrom mit 50 Hz bei 230 V.

Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom

Bei **Drehstrom** handelt es sich um 3 Wechselströme, die um 120° verschoben fließen. Man findet diesen Strom bevorzugt in Werkstätten mit großen Maschinen oder auf Bauernhöfen, aber auch im Haushalt (z.B. bei einem Saunaanschluss). Dieser Drehstrom hat eine Spannung von 380 V.



Spannung

- Grundvoraussetzung für Stromfluss ist das Vorliegen einer **Spannungsdifferenz**.
Spannung kann man sich erklären als die Energie, mit der die Elektronen von A nach B wandern wollen. Die Spannungsdifferenz zwischen zwei Punkten A und B werden gemessen in **Volt (V)**. Vögel überleben auf *einer* Hochspannungsleitung, weil es keine Spannungsdifferenz gibt, solange sie nur eine Leitung berühren.

Spannung

- Die Spannungsdifferenz kann zwischen zwei stromführenden Teilen selbst und/oder zwischen Erde, einer Person, einem Tier etc. und einem stromführenden Leiter bestehen.
- Der Mensch ist dann gefährdet, wenn er als Leiter zwischen A und B fungiert. Bei sehr hoher Spannung kann es sogar zur Energieübertragung durch die Luft kommen, es entsteht ein **Lichtbogen**.

Lichtbogen

- Die Länge eines Lichtbogens beträgt ca.
1 cm/1000 V

Dies bedeutet, dass bei Hochspannungsleitungen von 380 kV ein Lichtbogen von bis zu 4 m entstehen kann.

Bei Eisenbahnsurfern besteht ebenfalls die Gefahr eines Lichtbogens, der bis 15 cm lang sein kann (15000 Volt bei Bundesbahn). **CAVE bei feuchter Witterung/Nebel!**

Zulässige Annäherung an spannungsführende Teile nach DIN VDE 0132

Nennspannung Mindestabstand

bis 1 kV	1 m
1-100 kV	3 m
110-220 kV	4 m
220-380 kV	5 m (10 m!)
Oberleitung (DB)	1,5 m

Typische Spannungsbereiche

<i>Netz</i>	<i>Spannung</i>	<i>Spannungsart</i>
Telefon	60 V	Gleichspannung
Haushaltsnetz	230 V	Wechselspannung
Straßenbahn	500 V	Wechselspannung
Eisenbahn	15000 V	Wechselspannung
Hochspannung	Bis 380 kV	Wechselspannung
Blitz	10-30 MV	

Stromstärke

- Entscheidend für das Ausmaß der Schädigung ist nicht die Spannung, sondern die Dauer und Stärke des fließenden Stroms.
- Die Stromstärke wird gemessen in Ampere (A).
- Die Stromstärke wird durch den Widerstand bestimmt (kleiner Widerstand = starker Strom, großer Widerstand = kleiner Strom!)

Stromstärke

- Stromstärken $< 0,5 \text{ mA}$ werden nicht wahrgenommen
- Stromstärken zwischen $15 \text{ und } 25 \text{ mA}$ führen zu Muskelkontraktionen
- Stromstärken $> 25 \text{ mA}$ können Kammerflimmern auslösen
- Stromstärken $\text{ab } 50 - 80 \text{ mA}$ führen oftmals zu Bewusstlosigkeit und Kreislaufstillstand

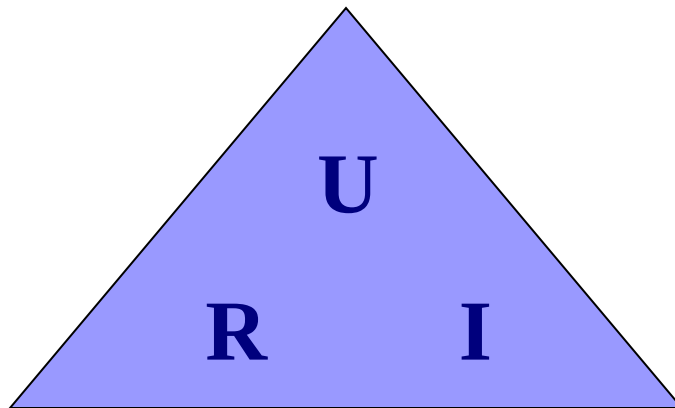
Widerstand

- Der Widerstand (Einheit: Ohm (Ω)) ist entscheidend für die Stromstärke und somit für das Ausmaß der Verletzung!
- Der Hautwiderstand ist abhängig von der Hautfeuchte. Nasse Hände verringern den Widerstand enorm und führen somit zu starken Stromstärken.
- Eine gute **Isolierung** (Gummimatte, Holzleiter) erhöht den Widerstand und verringert somit die Stromstärke!

Das Ohmsche Gesetz

- Das Ohmsche Gesetz beschreibt die Beziehung zwischen Spannung (U), Widerstand (R) und Stromstärke (I).

Widerstand (R) * Stromstärke (I) = const.



$$U = R * I$$

$$R = U / I$$

$$I = U / R$$

Niederspannungsunfall

- Bei Spannungen $< 1000 \text{ V}$ spricht man von Niederspannung
- Vorkommen: Besonders Elektrounfälle im Haushalt
 - nicht isolierte Leitungen
 - spielende Kinder
 - Fön in der Wanne (akzidentell oder suizidal)
 - ...

Niederspannungsunfall

- Haushaltsstrom ist aufgrund seiner Wechselstromeigenschaft mit einer Frequenz von 50 Hz besonders gefährlich.
- Die größte Gefahr besteht durch Irritation

Herz(-muskel) → Kammerflimmern

Nerven → Sensibilitätsstörungen

Gehirn → zentrale Fehlfunktion / Lähmung

Muskulatur → Kontraktion / „Loslassgrenze“

Niederspannungsunfall

Herz

- Die Folgen für das Herz können nach einem Stromunfall sein:
 - VES / SVES
 - Kammerflattern / Kammerflimmern
 - Herzinfarktzeichen durch Koronarspasmen (ANGINA ELECTRICA)

(Es gibt keine klaren Aussagen darüber, ob nach unauffälligem Primär-EKG noch Rhythmusstörungen auftreten können oder nicht.)



Niederspannungsunfall

Nervensystem

- Das Nervensystem ist aufgrund seiner elektrischen Leitfähigkeit für den Angriff externer Elektrizität geradezu prädestiniert.
 - Bewusstlosigkeit
 - Desorientiertheit, Amnesie
 - Krampfanfall
 - Lähmungen
 - Sensibilitätsstörungen
 - Schmerz

Niederspannungsunfall

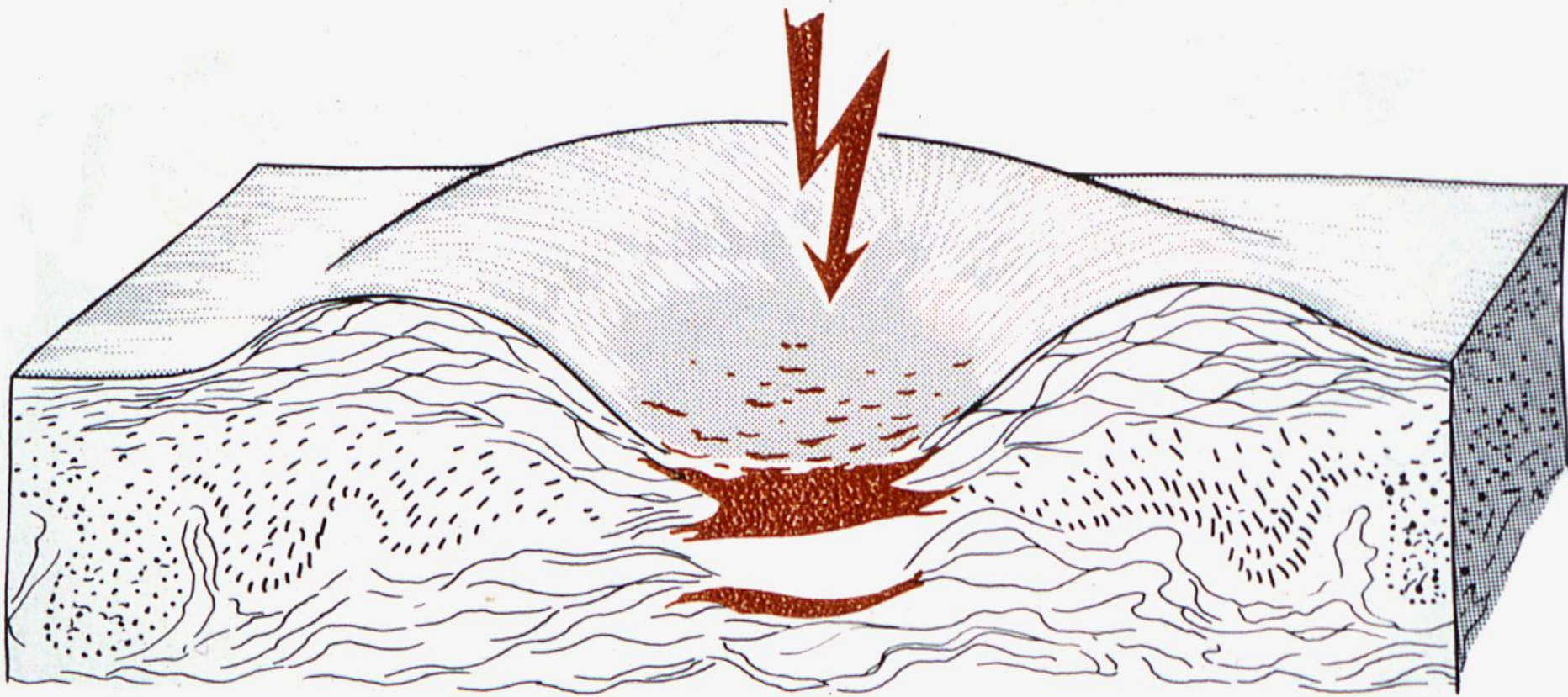
Muskulatur

- Bei der Muskulatur kann es zur **tetanischen Muskelkontraktion** kommen.
- Da die Beugermuskeln stärker ausgeprägt sind als die Strecker, kann eine stromführende Leitung nicht losgelassen werden.
- Eine **Spastik der Atemmuskulatur** kann zur Dyspnoe bzw. Apnoe führen.
- Die massiven Tetaniekräfte können zu Muskelverletzungen, -abrissen bis hin zu Knochenbrüchen führen!

Niederspannungsunfall

Vorgehen

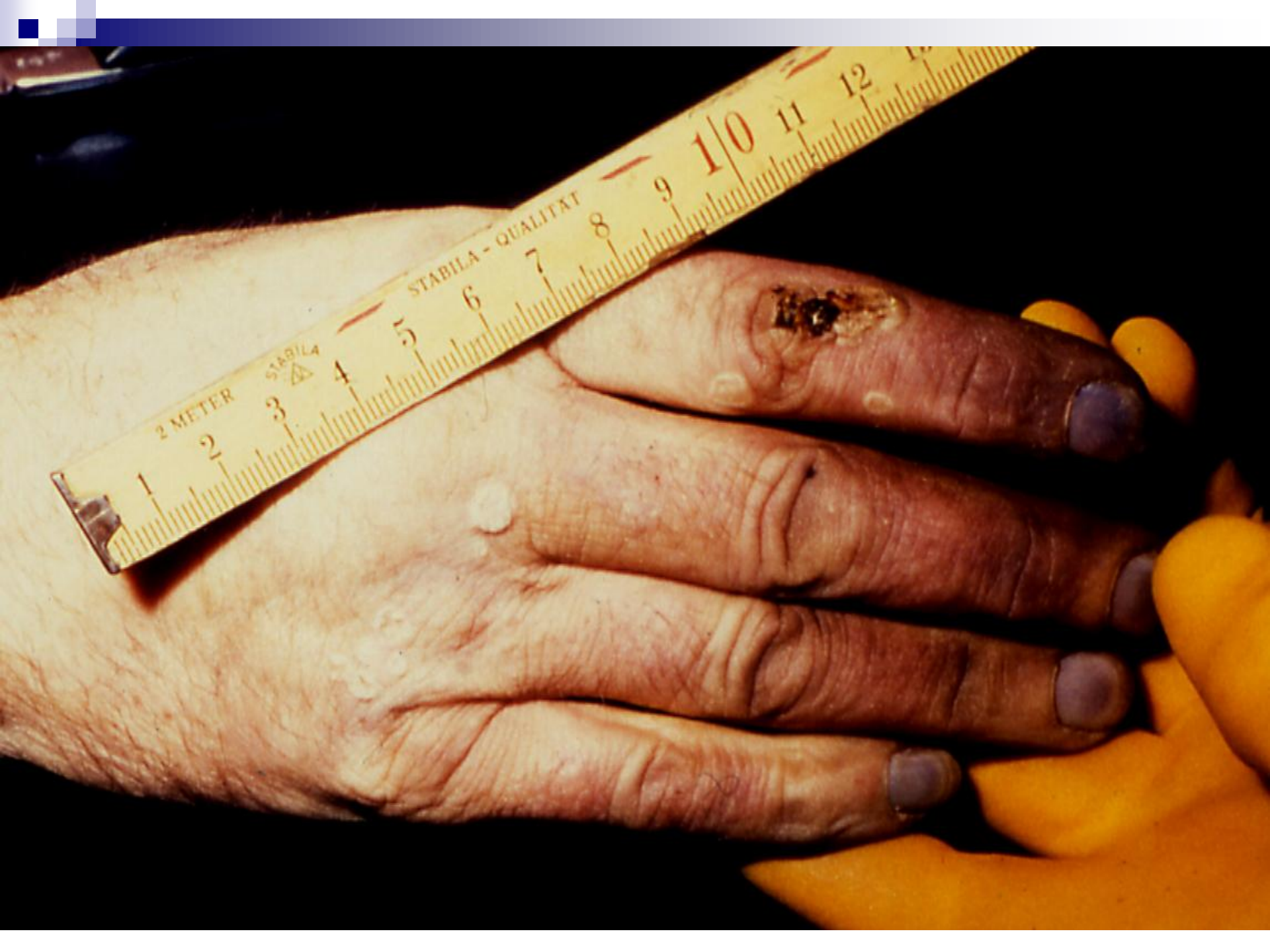
- **EINGENSCHUTZ!!!** (Lagebeurteilung)
- Sicherung raus! (Aufpassen, dass die Sicherung nicht unbeabsichtigt wieder aktiviert wird) TIPP: Isolierung durch Gummimatte; trockenes Holz als Hilfsmittel, trockene Tücher um die Hände
- Anamnese (Stromstärke, Einwirkdauer etc)
- Vitalparameter (Bewusstsein, Atmung, Puls, RR)
- Monitoring (SpO₂, EKG)
- Bodycheck (Strommarken, Begleitverletzungen)





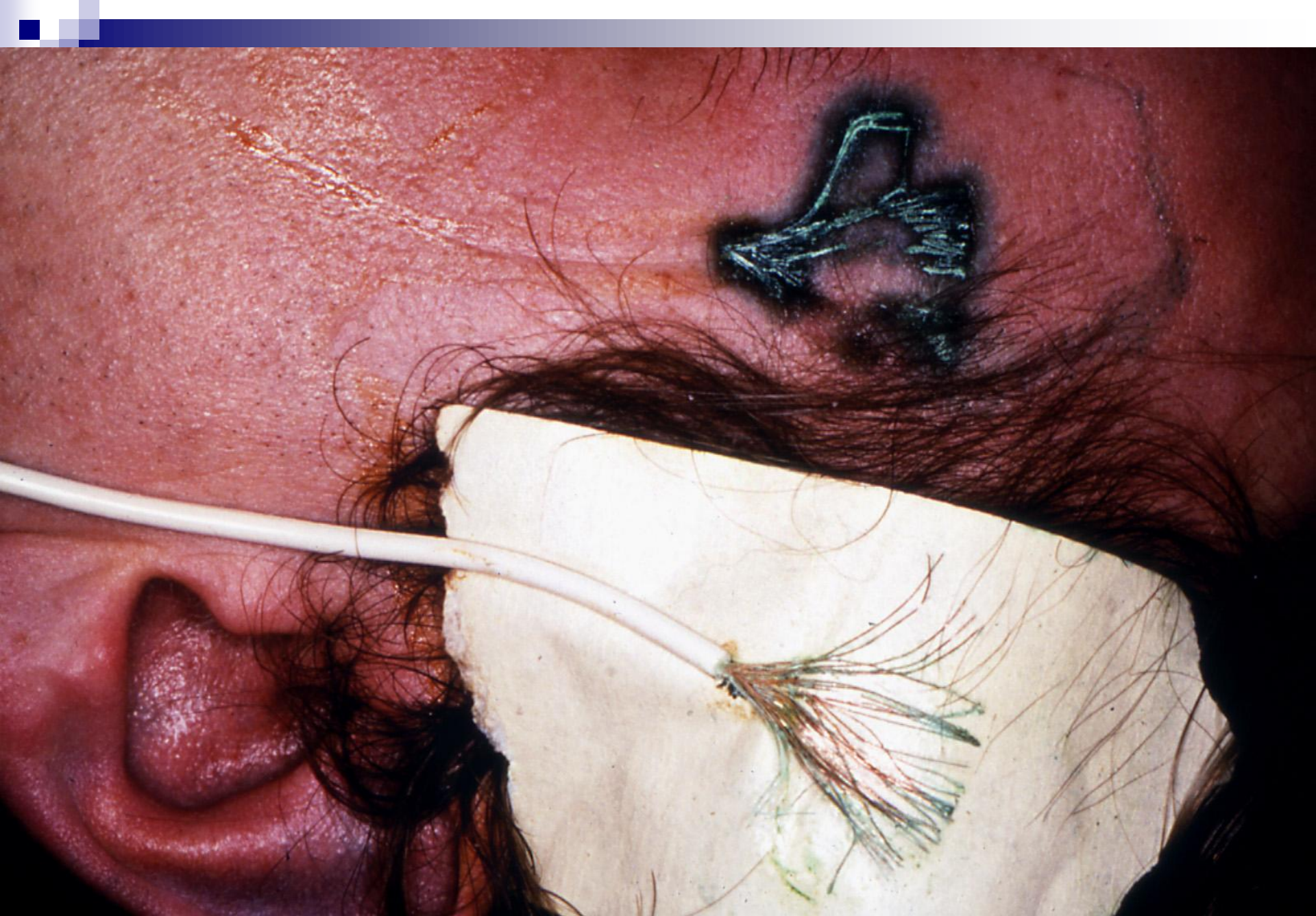


















Niederspannungsunfall

Maßnahmen

- Sauerstoffgabe, EKG
- Wund- /Frakturversorgung
- Beruhigung / psychischer Beistand
- Wärmeerhalt
- ggf. Notarzt
- ggf. Reanimation
- periphervenöser Zugang (kristalloide Flüssigkeit, Analgesie, Sedierung)

Hochspannungsunfall

- Unfälle mit einer Spannung von mehr als 1000 V.
- Neben den Irritationen der Niederspannung sind hierbei besonders auch **thermische Schäden** von großer Bedeutung. Neben den sichtbaren Verbrennungen muss auch mit starken **tiefliegenden Verbrennungen** gerechnet werden, besonders **im Bereich der Knochen**, die sich aufgrund ihres hohen Widerstandes besonders stark erhitzen.

Hochspannungsunfall

Ursachen:

- Arbeitsunfälle an Transformatoren, Hochspannungsleitungen, -anlagen; Arbeiten in der Nähe von Stromleitungen, z.B. Ausastung etc.
- private Unfälle (z.B. Gleitschirm, Ballon)
- Leichtsinn (Drachen steigen lassen, Eisenbahnsurfen, Besteigen von Hochspannungsmasten)
- Herabhängende Stromleitungen

VORSICHT: Schrittspannung!

Je nasser der Boden, je kleiner der Spannungstrichter.

© Arno Seiss

Linie mit gleichem Potential



"Vorsicht SCHRITTSPANNUNG - denk' an unseren engagierten Notarzt"



Womit muss gerechnet werden?

- Verbrennung (nicht nur oberflächlich!)
- Muskelnekrosen, -risse
- Frakturen, Luxationen
- Bewusstseinsverlust
- Atemlähmung
- Herzstillstand
- Crush-Syndrom mit Nierenversagen (Myoglobin)

Hochspannungsunfall

Vorgehen

- **EIGENSCHUTZ!!** Sicherheitsabstand wahren. Erst nach Rücksprache mit dem Stromversorger in Begleitung eines Vertreters den Unglücksort betreten.
- „Kurzschließer“ bei Stromunfall im Bereich der Deutschen Bahn.
- Feuerwehr abwarten, auf dessen Weisung hören.
- Bewerten der Unfallstelle und Anamnese

Hochspannungsunfall

Maßnahmen

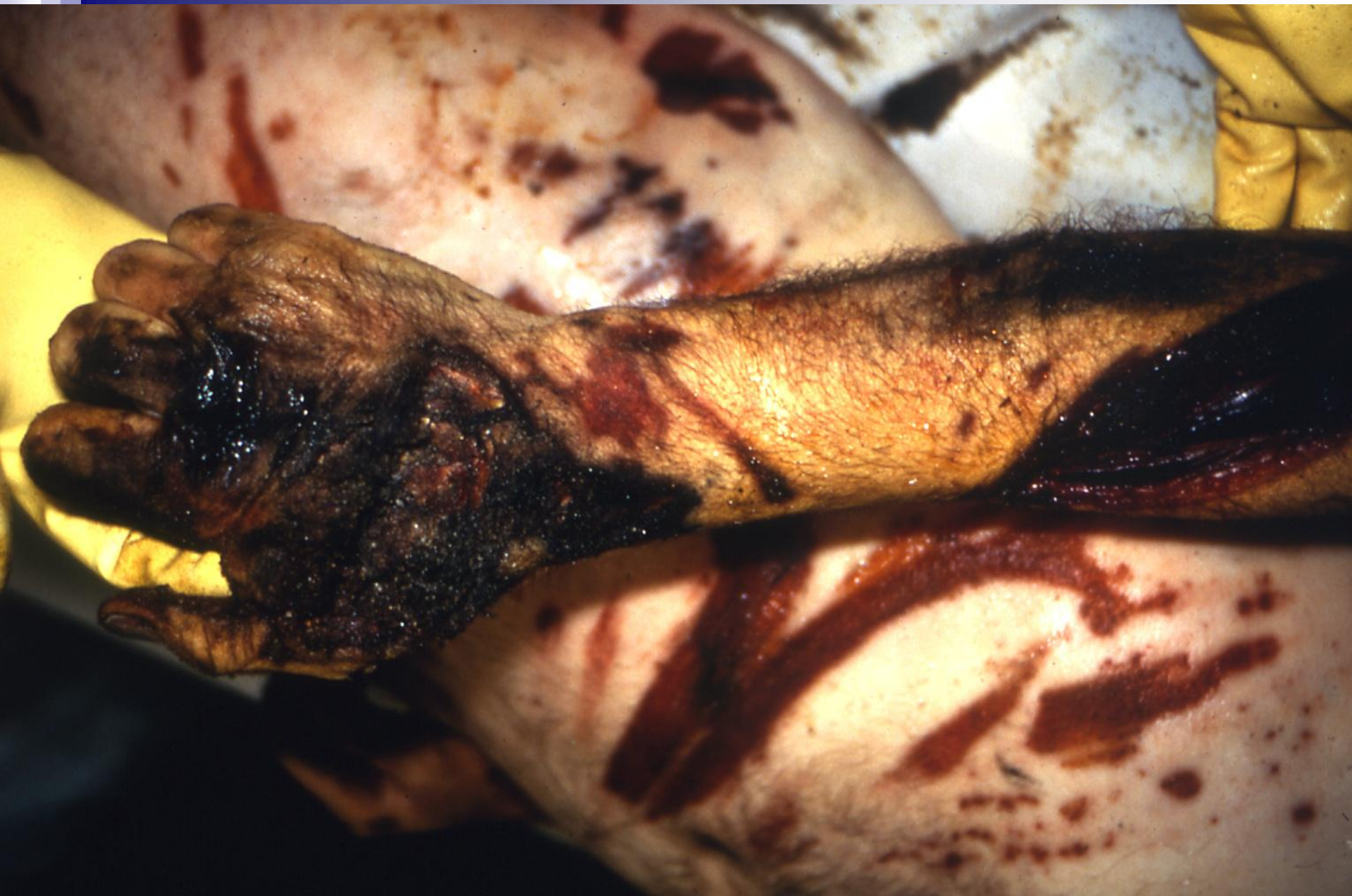
- Vitalparameter (Bewusstsein, Atmung, Puls, RR)
- Monitoring (bes. EKG)
- ggf. ACLS (bes. Frühdefibrillation)
- Sauerstoff
- Wund-/Frakturversorgung (Kühlung...)
- Immobilisation incl. Stifneck
- großlumige Zugänge, kristalloide Lösungen nach Baxter-Formel (eher mehr wegen inneren Verbrennungen)



...weiter...

- Analgosedierung
 - forcierte Diurese (Lasix 20-40 mg)
 - ggf. Reposition
 - großzügige Indikation zur Narkose / Intubation
-
- Lange Reanimation: Das Herz ist oftmals gesund (im Gegensatz zur Rea bei HI)













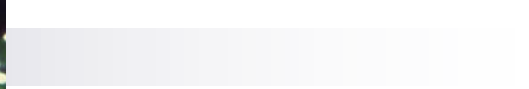
Blitzunfall

- Besonderheit eines Hochspannungsunfalls
- GIGANTISCHE Energiemengen (bis 10 Mrd. kW)
- Temperaturen bis 30.000 °C im Blitzkanal (Bäume zerteilen, weil in kürzester Zeit die Baumflüssigkeit explosionsartig verdampft)
- Sehr kurze Einwirkzeit (0,1-1 ms), daher auch die Möglichkeit des Überlebens (Letalität bei 50%)
- Sehr starke Druckwelle (Trommelfellverletzungen, Wegschleudern des Patienten, stumpfe Verletzungen)

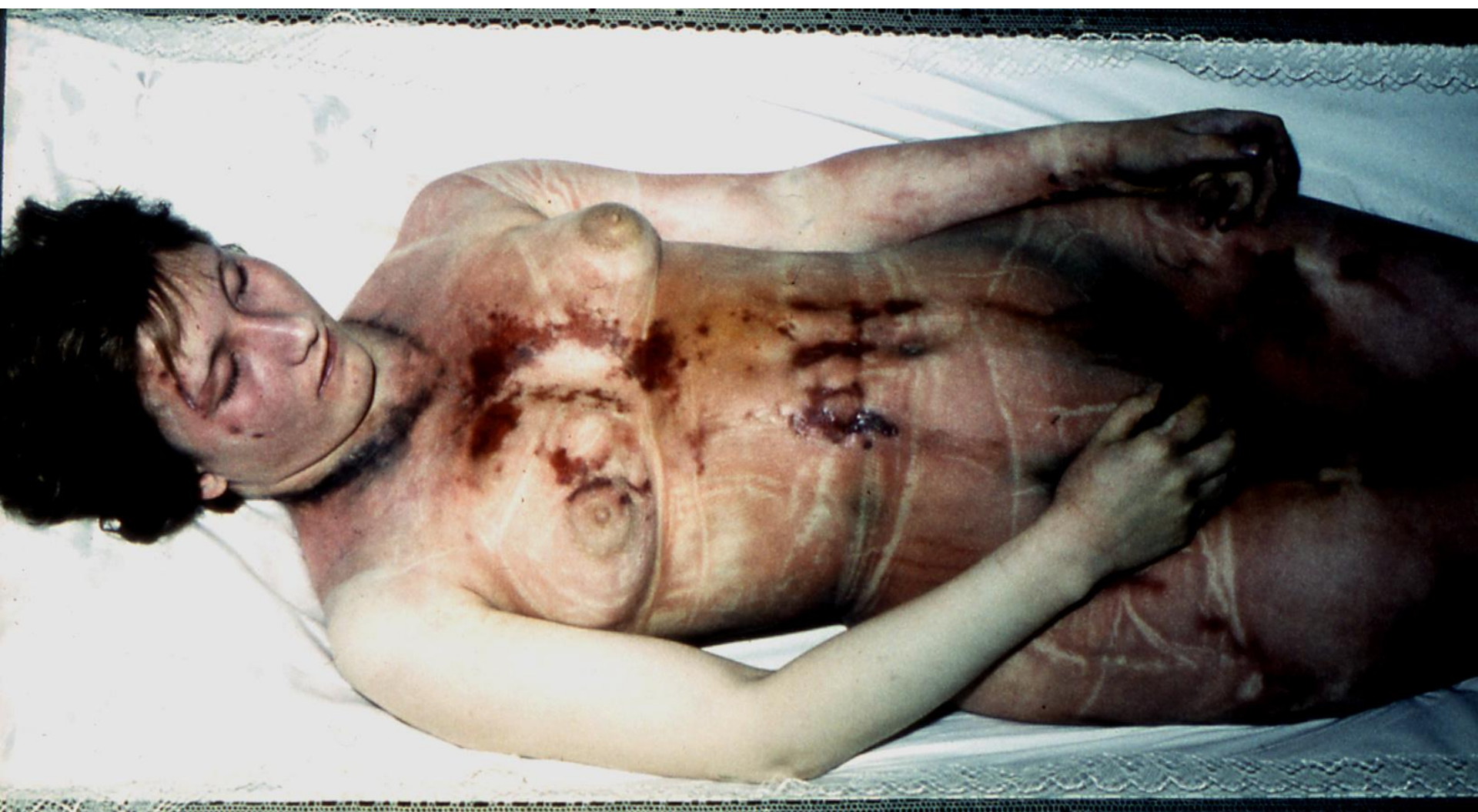
Blitzunfall

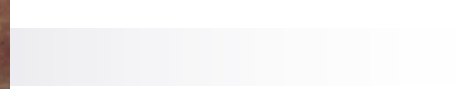
- Lichtenberg'sche Blitzfiguren (Tannenbaum-muster). Sie können entstehen, da aufgrund der kurzen Einwirkzeit die Haut nicht durchschlagen werden kann und der Strom über die Haut geleitet wird und nicht durch die Haut.
- Indirekter Blitzschlag (Flashover) durch Schrittspannung. Somit nicht selten auch mehrere Verletzte / Tote.
- Patienten fast immer bewusstlos.
- Lähmungserscheinungen durch















Blitzunfall Therapie

- Patient kann gefahrlos berührt werden!
- Therapie wie bei Hochspannungsunfall
- Zusätzlich die druckbedingten Verletzungen beachten.