



Institut für Rechtsmedizin der Julius-Maximilians-Universität

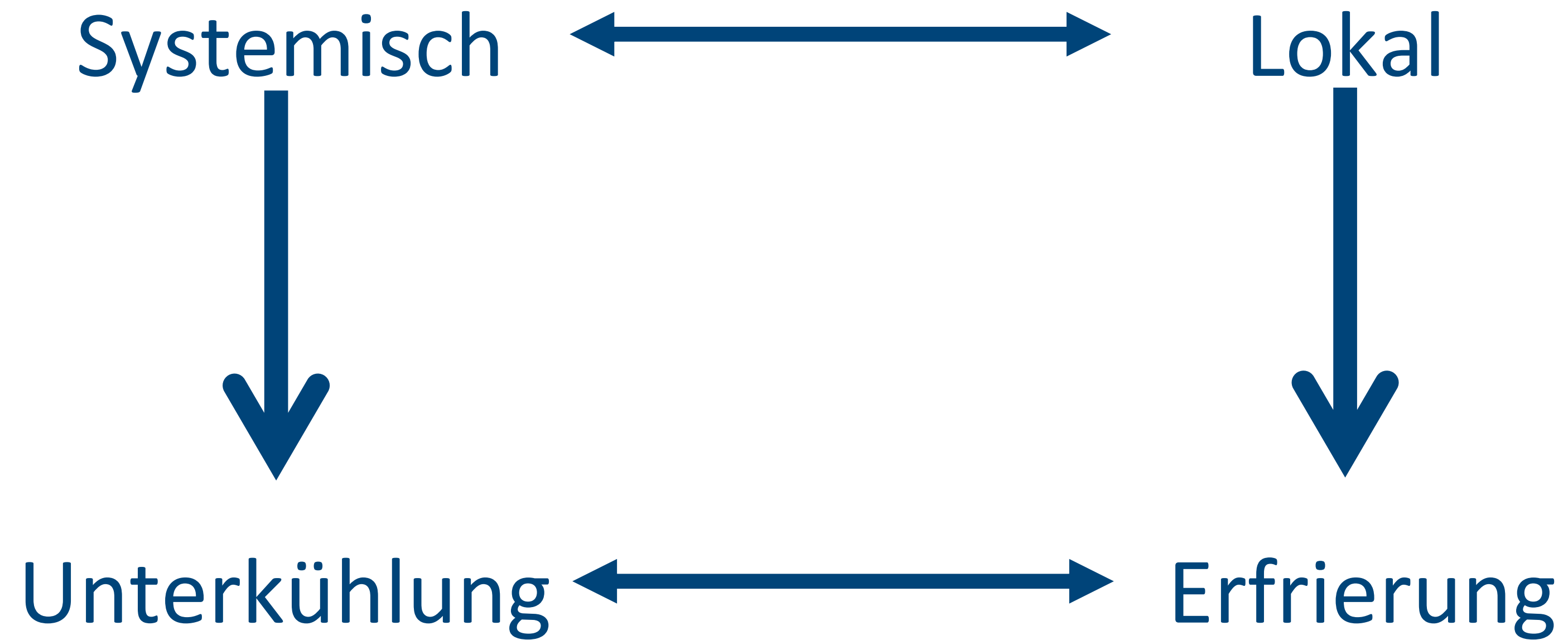
Vorstand: Prof. Dr. med. Michael Bohnert

Forensische Traumatologie **Kälte, Hitze, Elektrizität**

Michael Bohnert

Disclaimer - Dringender Hinweis

- **Vorlesungsinhalte** und deren Abfolge genießen urheberrechtlichen Schutz (§ 2 Abs. 1 Nr. 1 UrhG).
- **Abbildungen von Patienten inkl. Röntgenbilder** sowie auch **Fotos/Film- und Audioaufnahmen mit den Dozierenden** unterliegen dem Persönlichkeitsrecht (§ 823 Abs.1 BGB, Art. 2 Abs.1 GG und § 22 KUG).
- Eine **Vervielfältigung, Weitergabe an Dritte oder Veröffentlichungen** jeglicher Art, insbesondere im Internet, ohne vorherige Einwilligung des Urhebers, sind **verboten** und können rechtliche Ansprüche (Unterlassungs- und Schadensersatzansprüche) oder strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.





Erfrierung

- 1. Grad
 - Blässe
 - Später Hautrötung mit Jucken
- 2. Grad
 - Blasenbildung mit blutig-serösem Inhalt
 - Hautschwellungen („Frostbeulen“ = Perniones)
- 3. Grad
 - Gangrän
 - Trocken
 - Feucht bei bakterieller Besiedlung

Zweitgradige Erfrierung



Drittgradige Erfrierung





Unterkühlung

Unterkühlung droht bei

- Lufttemperatur $< 10^{\circ} \text{C}$
- Wassertemperatur $< 20^{\circ} \text{C}$
- Mangelnde Isolation
- Unzureichende Wärmeproduktion durch Muskelaktivität

Umgebungsbedingungen

Unterkühlung droht bei

- Lufttemperatur $< 10\text{ °C}$
 - Überlebenszeiten (nackt, trockene Luft, Windgeschwindigkeit 1 km/h)
 - $- 30\text{ °C}$ \Rightarrow 2 Stunden
 - $- 10\text{ °C}$ \Rightarrow 4 Stunden
 - 0 °C \Rightarrow 9 Stunden
 - Überlebenszeiten (2-lagige Kleidung, trockene Luft, Windgeschwindigkeit 5 km/h)
 - $- 30\text{ °C}$ \Rightarrow 9 Stunden
 - $- 10\text{ °C}$ \Rightarrow 24 Stunden

Umgebungsbedingungen

Unterkühlung droht bei

- Wassertemperatur $< 20^{\circ} \text{C}$
 - Schwimmen verlangsamt Auskühlung bei $> 20^{\circ} \text{C}$
 - 20°C : Überlebenszeit ca. 40 Stunden
 - $16 - 17^{\circ} \text{C}$: Überlebenszeit ca. 4 Stunden
 - Schwimmen beschleunigt Auskühlung bei $< 10^{\circ} \text{C}$
 - $4 - 9^{\circ} \text{C}$: Überlebenszeit ca. 2 - 3 Stunden
 - $0 - 4^{\circ} \text{C}$: Überlebenszeit ca. 30 Minuten

Unfähigkeit, sich der Kälteeinwirkung zu entziehen wegen

- Berauschungszuständen
- Obdachlosigkeit
- Traumata
- Psychiatrische Erkrankungen
- Verwirrtheitszuständen im Alter
- Internistische/neurologische Erkrankungen

Kältekrankheit

- Wärmeabstrom $>$ Wärmeproduktion
- Hohe Differenz \Rightarrow kurze Agonie
- Körperkerntemperatur < 35 °C
- Funktionelle Änderung von
 - Herzfrequenz, Herzrhythmus
 - Atemfrequenz
 - Muskeltonus

Unterkühlung - Stadien

Stadium I „Exzitation“

< 35 °C: Erregung, Verwirrtheit, Kältezittern, Tachykardie, Hyperventilation, Kälteschmerzen

Stadium II „Adynamie“

< 33 °C: Desorientierung, Apathie, paradoxes Wärmegefühl („Kälteidiotie“), Muskeltonus ↓, Bradykardie, zentrale Atemdepression, Abklingen der Schmerzen

Unterkühlung - Stadien

Stadium III „Paralyse“

< 30 °C: Bewusstlosigkeit, Reflexe ↓, passive Muskelrigidität, Bradyarrhythmie, Bradypnoe mit apnoischen Pausen

Stadium IV „Vita reducta“

< 27 °C: Weitere Dämpfung der Vitalfunktionen bis zum Herzkammerflimmern

- Kalte Jahreszeit
- 70 % im Freien, 30 % Wohnung
- Paradoxes Entkleiden (10 - 50 %)
 - „Kälteidiotie“
 - DD Sexualdelikt
- Finales Höhlenverhalten (6 %)
 - Verkriechen unter Tisch, Bank, Bett, Gebüsch etc.

Äußere Befunde

- Hellrote Totenflecken
 - Verstärkte O₂-Bindung an Hämoglobin
- Rotverfärbung der Haut an Knie, Ellbogen, Hüften
 - 50 - 70 %
 - Kälteerytheme: hellrote bis rotbraune, glänzende Hautverfärbung
 - Keine Unterblutung

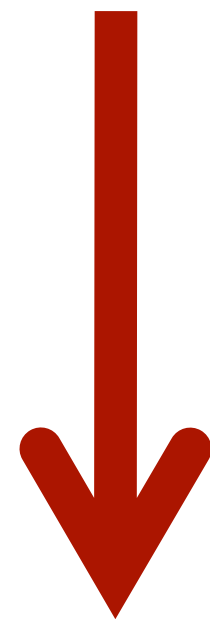
Innere Befunde

- Spärlich und uncharakteristisch!
- Blutige Magenschleimhautentzündung
[„Wischnewski-Flecken“]
 - 45 - 90 %
 - Stressbedingte Entzündung der Magenschleimhaut
- Streifige Blutungen des Lendenmuskels
- Flüssiges Leichenblut, Blutreichtum der inneren Organe



Hitze

Systemisch



Hitzekrämpfe
Hitzeerschöpfung
Hitzschlag
Sonnenstich



Lokal

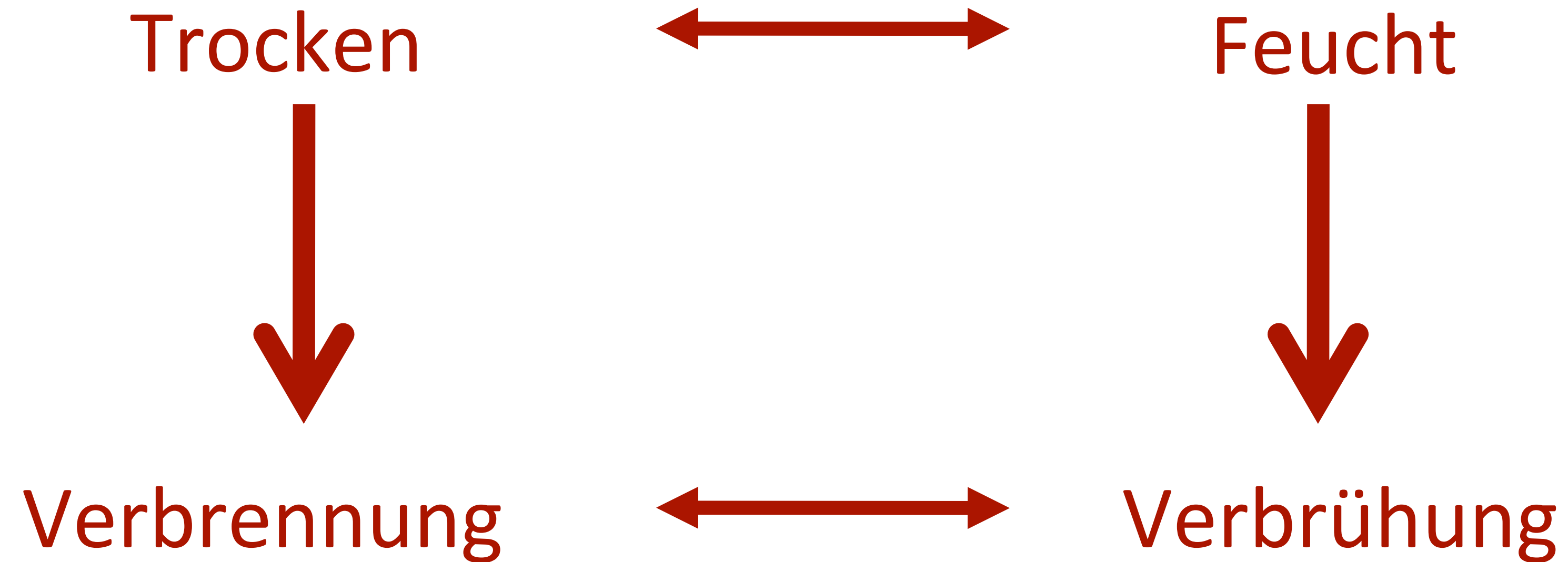


Verbrennung
Verbrühung



Systemische Hitzeeinwirkung

- Sonnenstich
 - Direkte Sonneneinstrahlung auf Kopf, Reizung der Hirnhäute
- Hitzschlag
 - Aufheizen des Körpers bei ungenügender Wärmeabgabe
 - Feuchtwarme Umgebung
- Hitzeerschöpfung
 - Versagen der Kreislaufregulation
- Hitzekrämpfe
 - Muskelkrämpfe infolge Verlust von Wasser und Elektrolyten



- Trockene Hitze
 - Brand
 - Erhitzte Oberflächen
 - Herdplatte, Heizkörper, Zigarette,
 - Wärmestrahlung
 - Sauna, Heizstrahler,
- Feuchte Hitze
 - Heißes Wasser
 - Wasserdampf
 - Heißes Fett

- Komplexer physikalisch-chemischer Vorgang
 - Exotherme Reaktion
 - Brennstoff, Sauerstoff, Wärme
- Offener Brand
 - Flamme = gasförmiger Brennstoff + Sauerstoff
 - Temperatur $> 600\text{ °C}$
- Schwelbrand
 - Fester (poröser) Brennstoff + Sauerstoff
 - Brand an Oberflächen
 - Temperatur $< 600\text{ °C}$

- Direkte Hitzeeinwirkung
 - Verbrennungen der Haut
 - Hitzeschädigung der Atemwege
 - Erhöhung der Körpertemperatur
- Einwirkung von Brandrauch
 - Toxische Brandrauchbestandteile
 - Erstickende Wirkung
 - Reiz- und Ätzwirkung
 - Kanzerogene Wirkung
 - Sichtbehinderung
- Abnahme der O₂-Konzentration in der Atemluft

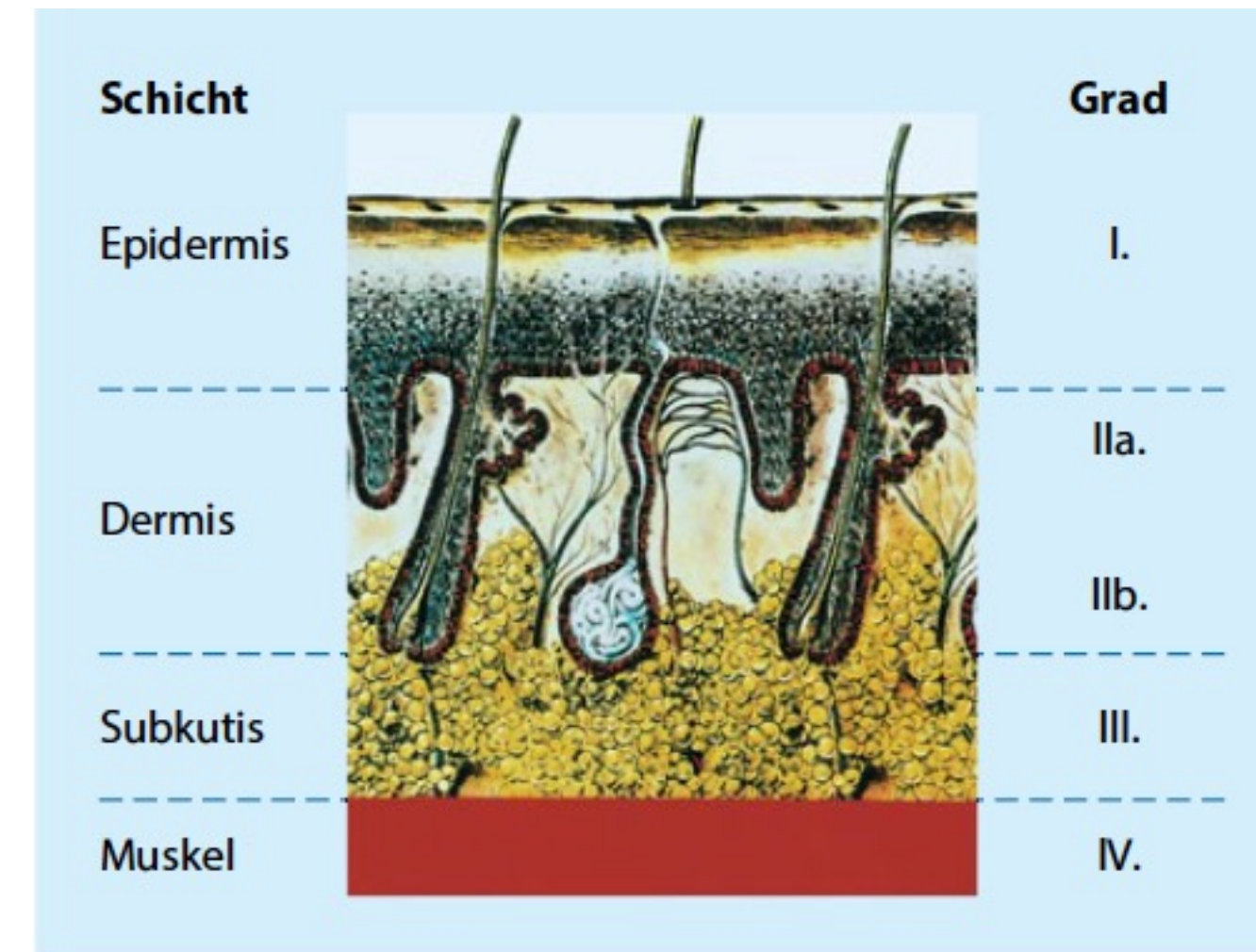
Systemische Reaktion
des Körpers

Hitzeschädigung der Haut

- Art der Hitzeeinwirkung
 - *feuchte <=> trockene Hitze*
 - 55 °C Wasserdampf = 160 °C heiße Luft
 - Wasserdampf: höhere Hitzeperetration
- Art der Hitzeübertragung
 - *Konduktion - Konvektion - Strahlung*
 - Strahlung: höhere Temperaturen für gleiche Schädigung im Vergleich zu Konduktion nötig
- Resultat aus Temperatur und Einwirkdauer
 - 2 Minuten 110 °C = 10 Minuten 75 °C für Verbrennung 1. Grades (Strahlung)
 - 44 °C => 6 Stunden (Konduktion)
 - Längere Einwirkdauer = größere Tiefenwirkung

Verbrennungsgrade

1. Grad Oberhaut - RÖTUNG
2. Grad Haut - BLASEN
 - a) Oberhaut (folgenlose Abheilung)
 - b) Lederhaut (Narbe)
3. Grad Hautdecke - NEKROSE
4. Grad Hautdecke u. tiefere Strukturen -
VERKOHHLUNG



Verbrühung

- Schädigung durch heiße Flüssigkeit (meistens Wasser)
- Keine Schädigung der Haare ($< 140\text{ °C}$)
- Keine Verkohlung
- Scharfe Begrenzung, evtl. Abrinnspuren
- Flächenhafte Schädigung gleichen Grades bei Eintauchen
- Bekleidung: Initialer Schutz \Leftrightarrow verlängerte Exposition bei Durchfeuchtung

Hitzeschädigung der Atemwege

Dampf

Trockene Hitze

100 °C

außen

500 °C

94 - 100 °C

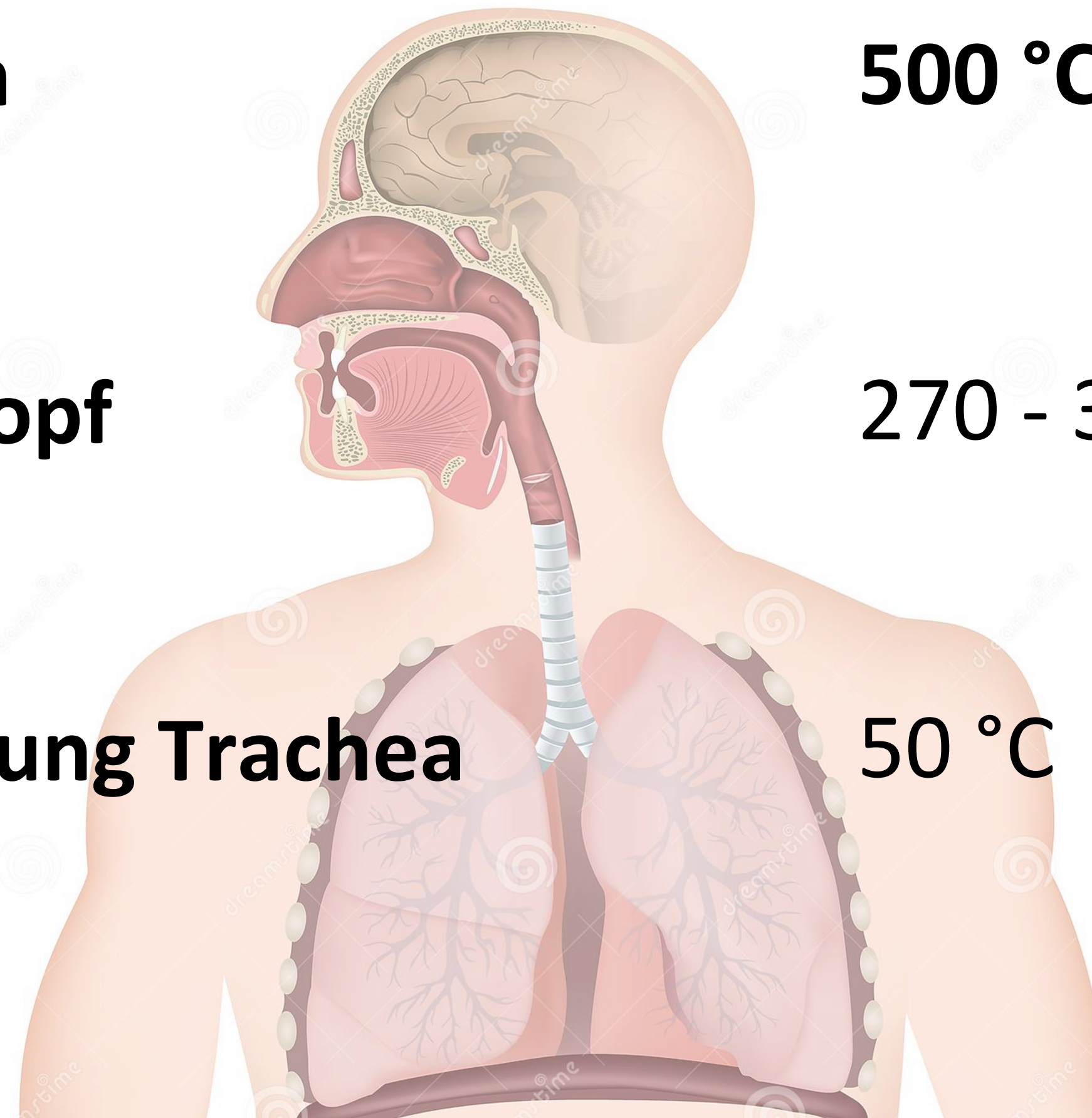
Kehlkopf

270 - 330 °C

53 - 94 °C

Gabelung Trachea

50 °C



„Brandleiche“

- Brandeinwirkung dauert über den Tod hinaus an
- Zerstörung prä mortal entstandener Befunde
 - Verletzungen
 - Vitale Verbrennungen
- Äußere Befunde weit überwiegend Folgen postmortaler Hitzeeinwirkung
 - Verbrennungen und Brandzehrung
 - Fechterstellung
 - Vorfall der Zunge, Austritt blutiger Flüssigkeit aus Atemöffnungen
 - Glättung von Falten
 - Hitzerrisse der Haut und Weichteile

Brandleiche - innere Befunde

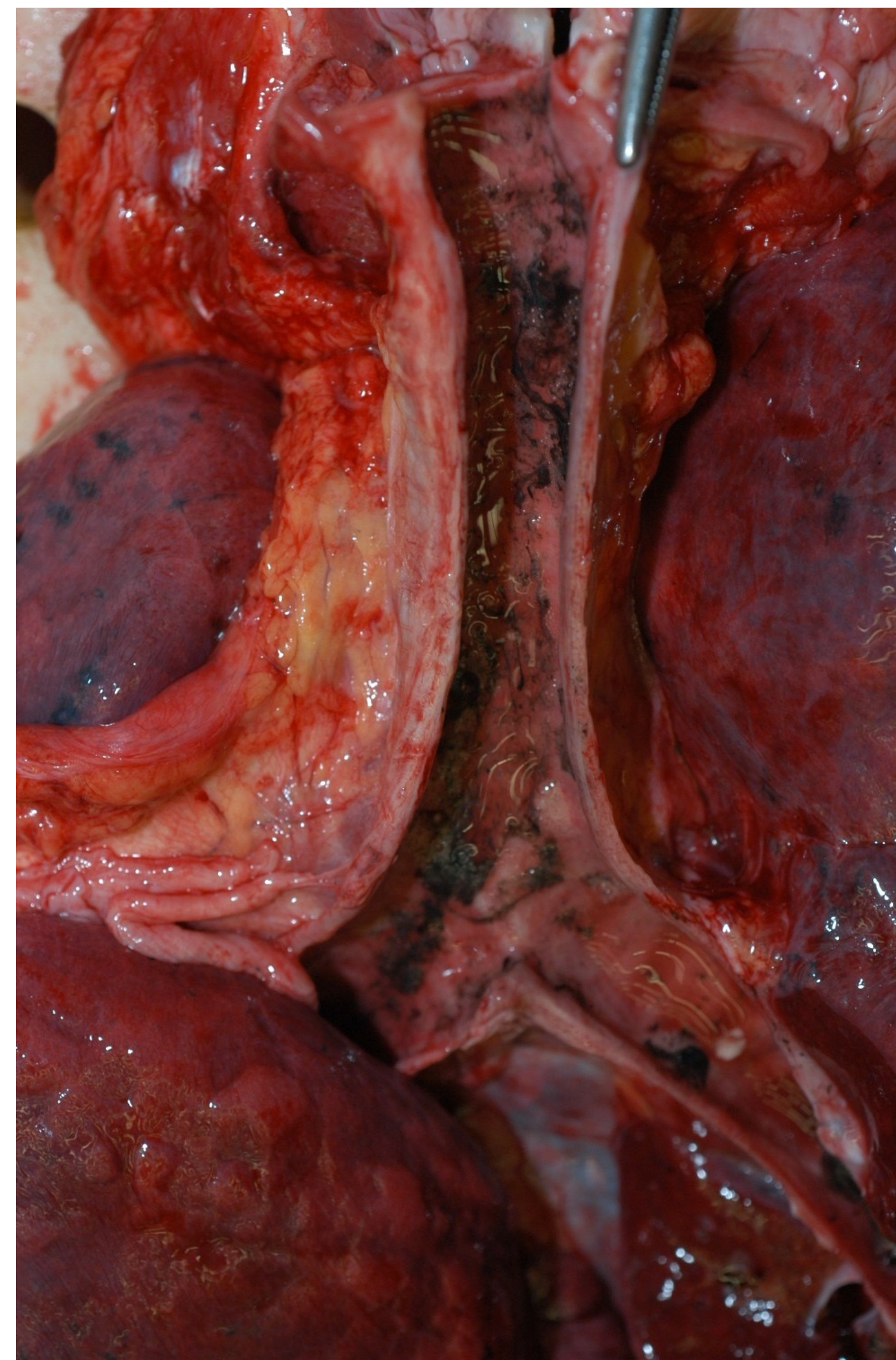
- Innere Organe und Weichteile oft gut erhalten
- Postmortale Hitzewirkung
 - Fixierung, Denaturierung und Schrumpfung der Gewebe
 - Flüssigkeitsverschiebungen in Hohlräume
 - Verbrennungen innerer Organe bei geöffneten Körperhöhlen
- Prämortale Befunde
 - Erkrankungen
 - Traumata
 - Charakteristische körperliche Merkmale
- Zeichen der vitalen Brandexposition

Brandtodesfall**Vitale
Brandeinwirkung**Rauchgasvergiftung
Verbrennungsschock**Agonale
Brandeinwirkung**Polytrauma
...**Postmortale
Brandeinwirkung**Mordbrand
Natürlicher Tod
...

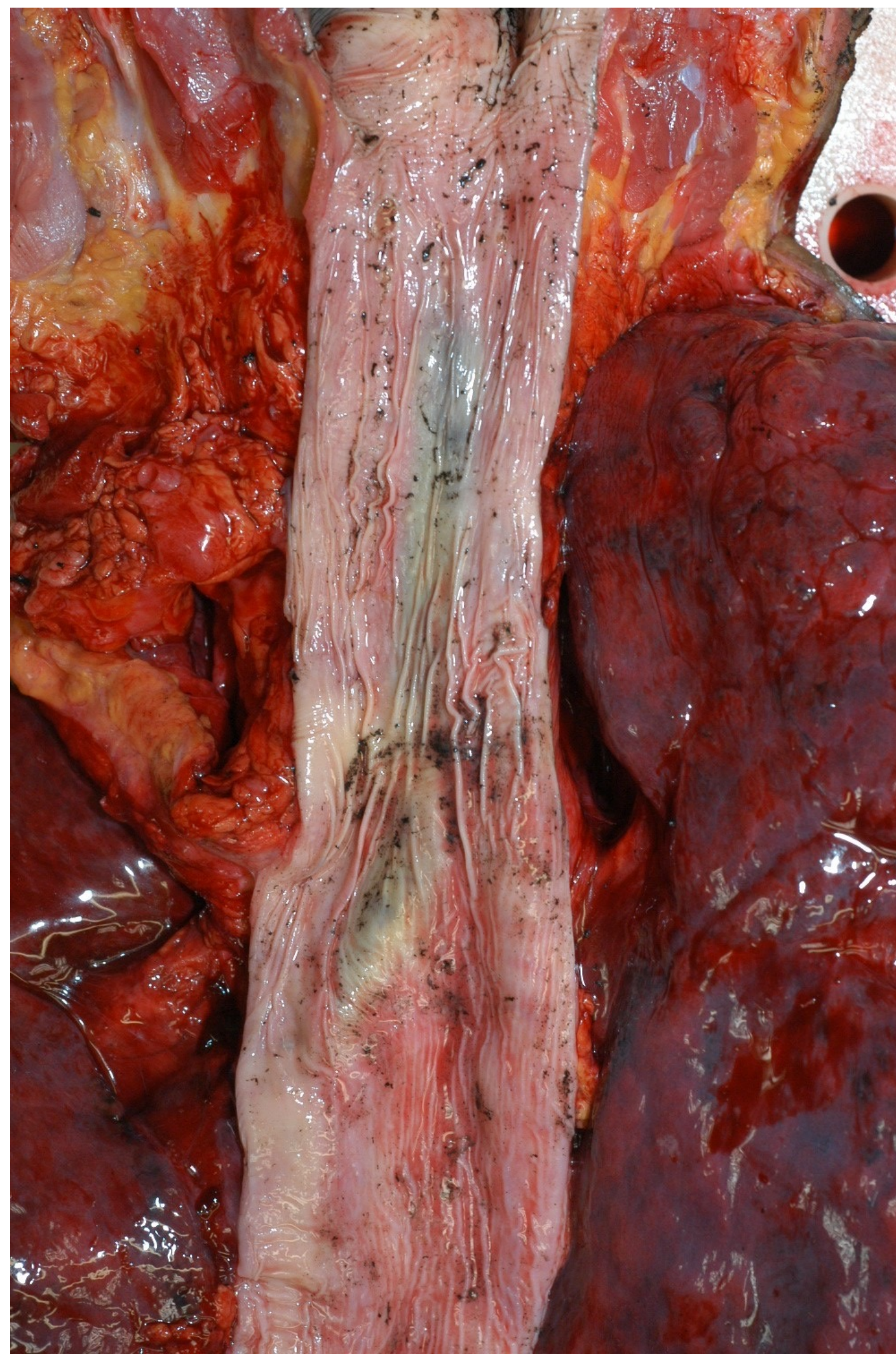
Vitalitätszeichen

- Exposition gegenüber Hitze
 - Zeichen direkter Hitzeeinwirkungen in Rachen, Kehlkopf, Luftröhre, Hauptbronchien
- Exposition gegenüber Brandrauchgasen
 - Rußablagerungen in Rachen, Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien
 - Rußablagerungen in Speiseröhre und Magen
 - CO-Hämoglobin im Blut > 10 %
 - Cyanide im Blut > 0,2 mg/l

Rußeinatmung



Rußverschlucken



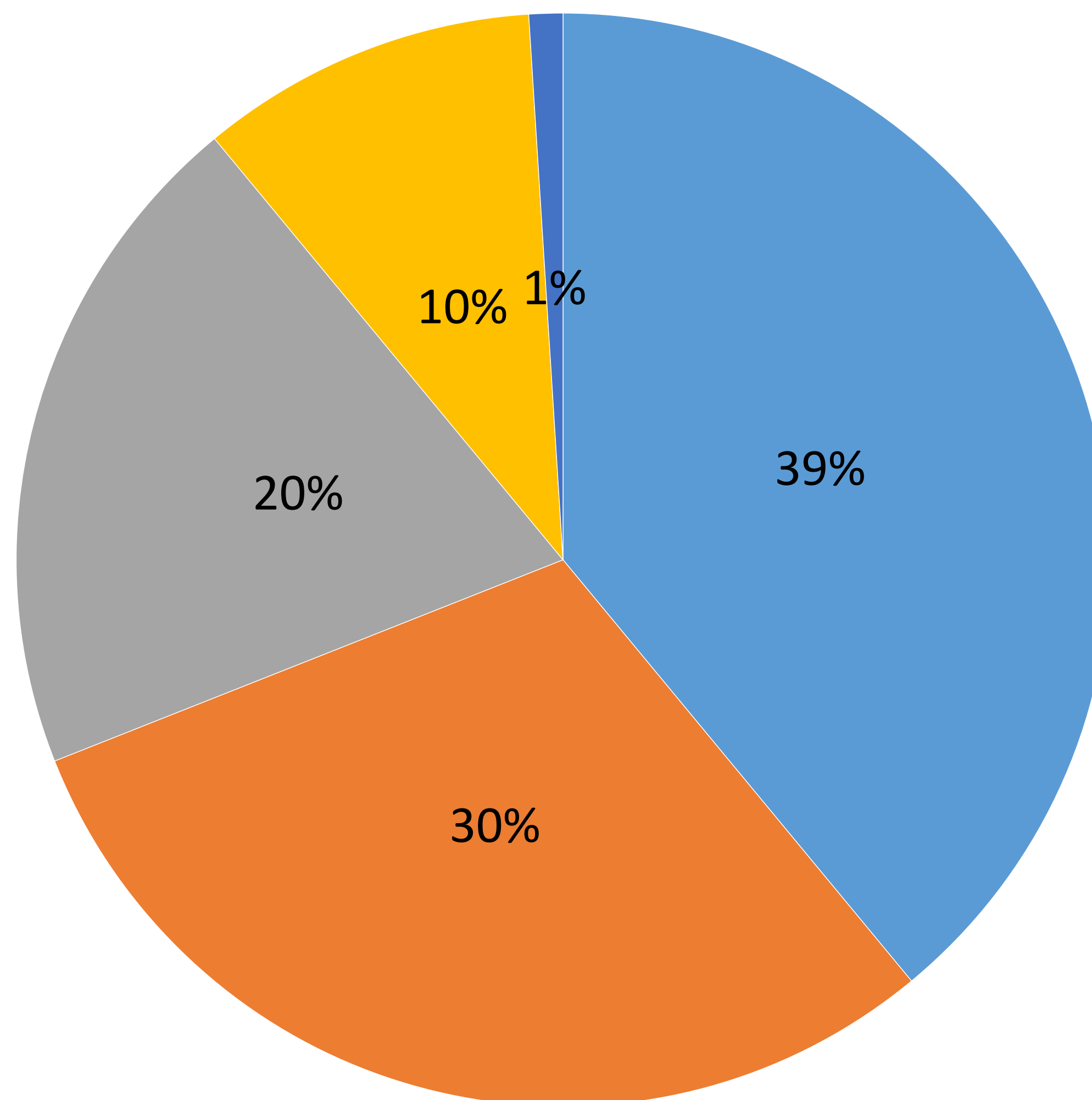
Brandbedingte Todesursachen

- Akuter Todeseintritt
 - Rauchgasvergiftung
 - „Akuter Verbrennungstod“
 - Ersticken
 - CO₂-Einatmung
 - (O₂-Mangel)
- Verzögerter Todeseintritt
 - Verbrennungskrankheit
 - Inhalationstrauma

Identifizierung

- Identifizierung abhängig vom Ausmaß der Verbrennungen und Brandzehrung
- Agnoszierung
 - Gesicht wenig verbrannt
- Zahnstatus
 - Vergleich Gebissbefund der Leiche mit zahnärztlichen Unterlagen
- DNA
 - Vergleich mit leiblichen Angehörigen
- Medizinische Befunde
 - Herzschrittmacher, Prothesen, Operationen,

Identifizierung



- Zahnstatus
- Med. Befunde
- Agnoszierung
- DNA
- kriminal.



Elektrizität

- $U = R \times I$
 - $U =$ Spannung [V], $R =$ Widerstand [Ω], $I =$ Strom [A]
- Stromkreislauf
 - Gleichstrom \Leftrightarrow Wechselstrom
- Haushaltsstrom
 - 230 V, 50 Hz Wechselstrom
 - Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom, „Starkstrom“) 380 V
- Oberleitungen
 - 15.000 V, 16 Hz Wechselstrom (Züge)
 - 500 – 750 V, Gleichstrom (Straßenbahnen)
 - 750 – 1.500 V (U-Bahn, S-Bahn)
- Hochspannung
 - Hochspannungsleitungen (60.000 – 150.000 V)
 - Blitze (mehrere hundert Millionen V)

Stromwirkung

- Stromfluss abhängig vom Widerstand
 - 100 Ω bei stark feuchter Haut
 - 100.000 Ω bei trockener, stark verhornter Haut
 - Elektrischer Widerstand im Körperinneren vernachlässigbar
- Wirkung abhängig von
 - Stromfluss I im Körper
 - Verlauf des Stromfluss im Körper

- Thermische Wirkung
 - Verbrennungen und evtl. Metallisation der Haut an Durchtrittstellen
 - Evtl. Verbrennungen (Kleiderbrand) bei Hochspannung
 - Keine inneren Verbrennungen
- Spezifische Wirkung
 - Erregung von Herzmuskulatur, Skelettmuskulatur und Nerven

Strommarke

- Zentrale, bräunliche bis schwarze Delle
- Wallartig erhabener, heller bis porzellanartig weißer Rand
- Rötlicher Saum
- Größe abhängig von Kontaktfläche
- Z. T. warzenartiger Aspekt
- Evtl. Metallisation

