

Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit Pflegeschwerpunkte auf der Notfallstation

Diplomarbeit zur diplomierten Expertin Notfallpflege NDS HF

Tamara Budmiger
Fluhmattstrasse 56
6004 Luzern
ta_bu_ba@hotmail.com

Luzerner Kantonsspital
Zentrum für Notfall- und Intensivmedizin
Interdisziplinäres Notfallzentrum

XUND Kurs NDS 16H N

Mai 2018

Mentorin: Ruth von Rotz



Abbildung 1 (Schmiedel, 2017)

Abstract

Ein Verbrennungstrauma stellt einen seltenen Notfall dar. Die Behandlung von Schwerebrandverletzten ist in wenige Verbrennungszentren konzentriert, was bei den Betreuenden in Notfallkliniken Unsicherheit auslöst. Die klinische Notfallversorgung bestimmt jedoch den weiteren Verlauf entscheidend mit, was dazu führt, mich genauer mit diesem Thema auseinander zu setzen.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit den wesentlichen Pflegeschwerpunkten der Betreuung von Verbrennungsoptionen auf der Notfallstation, die sich aus der Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit ableiten.

Anhand einer Literaturrecherche wird die Pathophysiologie verständlich dargelegt. Das Volumen- und Flüssigkeitsmanagement, die Kaltwassertherapie, die Hypothermie sowie das Schmerzmanagement werden erörtert.

Ein Verbrennungstrauma führt zu komplexen Kaskaden, welche sich bis zu einem Schock manifestieren können. Durch die thermische Schädigung kann die Haut ihre physiologische Funktion, wie die Regulation des Wärme- und Flüssigkeitshaushaltes, nicht mehr wahrnehmen. Die Ausschüttung von verschiedenen Mediatoren führt zur sofortigen lokalen Störung der Kapillarpermeabilität mit einem beginnendem SIRS.

Bei der Therapie von Verbrennungsoptionen erfährt das Volumen- und Flüssigkeitsmanagement eine zentrale Rolle. Aktuelle Empfehlungen tendieren eher zu einer restriktiven Flüssigkeitstherapie mit warmer Kristalloidlösung, die anhand klinischer Parameter fortlaufend angepasst wird. Verschiedene Formeln finden in der Praxis ihre Anwendung, jedoch fehlt eine klare Empfehlung. Grundlage aller Berechnungen ist die korrekte Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche, welche häufig über- oder unterschätzt wird.

Die Kaltwassertherapie gilt teilweise immer noch als Standard. In dieser Arbeit wird aufgezeigt, weshalb die Empfehlung, grosse Verbrennungswunden aktiv zu kühlen, nicht mehr gemacht wird. Anforderungen an Räumlichkeiten, um der Hypothermie entgegen zu wirken, werden thematisiert und konkrete Medikamente für die Schmerztherapie genannt.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung | 5 |
| 1.1 Hinführung zum Thema | 5 |
| 1.2 Fragestellung | 6 |
| 1.3 Ziel | 6 |
| 1.4 Eingrenzung | 6 |
| 1.5 Methodik | 6 |
| 2. Hauptteil | 7 |
| 2.1. Definition Verbrennungswunden | 7 |
| 2.1.1 Verbrennungen | 7 |
| 2.1.2 Verbrühungen | 7 |
| 2.1.3 Kontaktverbrennungen | 7 |
| 2.2. Einschätzung des Verbrennungsausmasses | 7 |
| 2.2.1 Verbrennungstiefe | 7 |
| 2.2.2 Verbrennungsausmass | 8 |
| 2.3. Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit | 10 |
| 2.3.1 Phasen der Verbrennungskrankheit | 10 |
| 2.3.2 Jackson Modell | 12 |
| 2.3.3 Ödembildung und Hypovolämie | 13 |
| 2.3.4 Immunologisches System | 13 |
| 2.3.5 Kardiovaskuläres System | 13 |
| 2.3.6 Niere und Ausscheidung | 14 |
| 2.3.7 Hyperkoagulabilität | 14 |
| 2.3.8 Mediatoren | 14 |
| 2.4. Pflegeschwerpunkte auf der Notfallstation | 15 |
| 2.4.1 Flüssigkeitstherapie und Volumenersatzmittel | 15 |
| 2.4.2 Kaltwassertherapie | 18 |
| 2.4.3 Hypothermie | 19 |
| 2.4.4 Schmerztherapie | 20 |

| | | |
|-----|---|----|
| 2.5 | Diskussion..... | 21 |
| 3. | Schlussfolgerungen..... | 25 |
| 4. | Reflexion und persönliche Erkenntnis..... | 27 |
| 5. | Danksagung..... | 28 |
| 6. | Literatur- und Quellenverzeichnis..... | 29 |
| 7. | Abbildungsverzeichnis..... | 30 |
| 8. | Tabellenverzeichnis..... | 30 |
| 9. | Erklärung zur Diplomarbeit..... | 31 |

1. Einleitung

1.1 Hinführung zum Thema

Ein erlebtes Fallbeispiel, welches ich untenstehend schildern werde, und die daraus resultierte Unsicherheit sowie fehlendes Fachwissen haben mich zum Thema dieser Diplomarbeit geführt.

Während einem meiner ersten Dienste im Kantonsspital Luzern standen plötzlich zwei Arbeiter vor unserem Notfalleingang. Einer erzählte, dass es bei der Arbeit als Bodenleger auf der Baustelle eine Explosion gegeben hatte. Sein Kollege stand neben ihm, hatte starke Schmerzen und die Verbrennungen im Gesicht und an den Armen waren deutlich sichtbar. Als die beiden Personen in die Kojen gebracht wurden, teilte mir die Schichtleitung den Arbeiter mit den geringeren Verbrennungen zu. Da ich zu diesem Zeitpunkt noch nicht lange auf dem Notfall gearbeitet habe, wusste ich nicht, wie man ein Verbrennungsoffer richtig betreut. Ich fühlte mich überfordert mit der Situation, brauchte viel Unterstützung bei der Versorgung und war froh, dass mir der Patient mit den leichteren Verbrennungen zugeteilt wurde. Während der Betreuung des Patienten wurden mir einige fachliche Informationen zum Krankheitsbild der Verbrennung durch meine Teamkollegen mitgeteilt. Vor allem das Volumenmanagement wurde oft erwähnt und die Reaktion des Körpers während der Schädigung durch die grosse Hitze hat mein Interesse sofort geweckt. Mir wurde gesagt, dass Verbrennungsoffer durch die Schädigung der Haut viel Flüssigkeit verlieren. Die logische Konsequenz, diese wieder zu ersetzen, war mir klar.

Im Rahmen eines Lern-Theorie-Tages konnte ich mein Wissen über Verbrennungen erweitern, was mich dazu brachte, noch mehr über das Thema zu recherchieren. Dabei habe ich gelesen, dass es immer wieder vorkommt, dass zu viel Flüssigkeit substituiert wird und auch der Nutzen von Kaltwasserbehandlungen heutzutage kritisch hinterfragt wird. Ich habe mich dann gefragt, auf welche weiteren pflegerischen Aspekte in der Betreuung solcher Patienten und Patientinnen auf der Notfallstation geachtet werden muss.

Im Berufsalltag auf der Notfallstation sind Verbrennungsoffer eher selten. Es kann jedoch jederzeit möglich sein, dass auch ich mit dieser Thematik konfrontiert werde. Für diesen Fall möchte ich gut vorbereitet sein. Ich nutze nun im Rahmen dieser Diplomarbeit die Gelegenheit, mich intensiv mit diesem Thema auseinander zu setzen, um Sicherheit im Umgang mit Verbrennungsoffer zu erlangen und meinem fachlichen Defizit entgegenzuwirken.

1.2 Fragestellung

Da mich die Pathophysiologie immer sehr interessiert und ich die Vorgänge, welche dabei im Körper vor sich gehen spannend finde, war mir klar, dass ein Teil meiner Diplomarbeit diesem Thema gewidmet wird. Zudem möchte ich für den Praxisalltag einen pflegerischen Nutzen haben, den ich direkt am Patientenbett umsetzen kann. Daraus ergibt sich folgende Fragestellung:

Welche pflegerischen Massnahmen leiten sich aus den pathophysiologischen Mechanismen einer Verbrennung für Pflegefachpersonen auf dem Notfall ab, um ein Verbrennungsoffer adäquat zu versorgen?

1.3 Ziel

Im Rahmen dieser Diplomarbeit vertiefe ich die theoretischen Kenntnisse über die Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit und leite daraus pflegerische Erstmassnahmen bei Verbrennungsopfern ab, um mehr Sicherheit bei der Versorgung dieser Patientengruppe zu erlangen.

1.4 Eingrenzung

In dieser Arbeit beziehe ich mich ausschliesslich auf die Behandlung erwachsener Personen mit thermischen Brandwunden, welche definiert sind als Verletzung durch offenes Feuer, Explosionen, Verbrühungen mit heissen Flüssigkeiten oder Kontakt mit heissen Festkörpern. Des Weiteren wird die Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit beschrieben. Ich erläutere allgemeine Pflege- und Therapiemassnahmen, die in der akuten Phase auf der Notfallstation durchzuführen sind. Ein besonderes Augenmerk lege ich auf das Volumen- und Flüssigkeitsmanagement, grenze mich aber von der Substitution von Gerinnungsfaktoren ab. Die Diplomarbeit geht nicht auf das Inhalationstrauma, die chirurgische Wundtherapie sowie auf Spätkomplikationen ein, da dies den vorgegeben Rahmen übertreffen würde. Ich grenze mich von der Betreuung der psychologischen Seite des Traumas ab. Kriterien zur Verlegung eines Verbrennungsoffer in eine Spezialklinik sind in dieser Arbeit nicht beschrieben.

1.5 Methodik

Der methodische Schwerpunkt meiner Arbeit liegt in der Literaturrecherche. Meine Diplomarbeit gestaltet sich im Rahmen einer Theoriearbeit. Dabei berücksichtige ich publizierte Artikel aus der Anästhesie und Rettungsmedizin sowie ein Buch über Verbrennungschirurgie, welches 2016 erschienen und sehr umfassend ist.

2. Hauptteil

2.1. Definition Verbrennungswunden

2.1.1 Verbrennungen

Im Erwachsenenalter macht der Grossteil thermischer Verletzungen der Haut Verbrennungen durch direkte Flammeneinwirkung aus. Die Dauer der Hitzeeinwirkung und die mittlere Temperatur der Flamme sind ausschlaggebend für das Ausmass der Verbrennung. Häufig präsentieren sich Mischbilder mit unterschiedlicher Ausdehnung und Tiefegraden der Verbrennung (Lehnhardt, Hartmann, & Reichert, 2016).

2.1.2 Verbrühungen

Bei einer Verbrühung kommt die Haut mit unterschiedlich heissen Flüssigkeiten in Kontakt. Beeinflusst wird das Ausmass der Schädigung der Haut vor allem durch die Art der heissen Flüssigkeit und die Dauer der Hitzeeinwirkung. Problematisch sind zähe und dickflüssige Flüssigkeiten, wodurch eine längere Hitzeeinwirkung und somit ein grösserer Schaden entsteht (Lehnhardt et al., 2016).

2.1.3 Kontaktverbrennungen

Durch den Kontakt mit heissen Gegenständen wie Metallen, Kunststoffen oder Teer, entstehen Kontaktverbrennungen. Ausschlaggebend sind die Dauer der Einwirkung und die Hitze des Gegenstandes. Meist sind diese Hautschädigungen nur lokal begrenzt. Bei langer Hitzeeinwirkung, wie es bei flüssigen Metallen und Kunststoffen der Fall ist, können tiefe Nekrosen beobachtet werden, die teilweise bis ins Muskelgewebe reichen (Lehnhardt et al., 2016).

2.2 Einschätzung des Verbrennungsausmasses

Für die Beurteilung und Prognose einer Verbrennung ist es notwendig, das Verbrennungsausmass richtig abschätzen zu können. Von entscheidender Bedeutung sind sowohl Verbrennungstiefe als auch die Ausdehnung der Verbrennung (Lehnhardt et al., 2016).

2.2.1 Verbrennungstiefe

Klinisch wird die Tiefe der Verbrennung in drei Grade eingeteilt. Anbei eine genaue Erklärung der drei Grade.

Erstgradige Verbrennungen beschränken sich nur auf die Epidermis, welche typischerweise ein Erythem, eine Hautschwellung und Schmerzen zeigt. Diese Verbrennungen heilen immer narbenlos ab, klassisches Beispiel dafür ist der Sonnenbrand.

Zweitgradige Verbrennungen werden in Grad IIa und IIb eingeteilt. Neben der vollständigen Schädigung der Epidermis sind zusätzlich Dermisanteile defekt. Ist die Dermis im obe-

ren Teil mit betroffen wird die Verbrennung in IIa eingeteilt, sind tiefere Dermis-schichten be-schädigt, wird sie als IIb definiert. Bei Verbrennungen Grad IIa zeigt sich ein starker Schmerz und es bilden sich in der Regel mit Flüssigkeit gefüllte Hautblasen. Diese Verbrennung heilt jedoch meist narbenlos nach 10 - 12 Tagen ab. Verbrennungen Grad IIb weisen häufig ent-weder einen trockenen Wundgrund oder Hautblasen auf, welche nicht mit Flüssigkeit gefüllt sind. Es zeigt sich eine weissliche Dermis mit verzögerter Rekapillarisation. Die in der Der-mis gelegenen Schmerzrezeptoren sind häufig geschädigt, weshalb diese Verbrennungen meist weniger schmerzhaft sind. Es gibt bei beiden zweitgradigen Verbrennungen eine Nar-benbildung und es braucht eine chirurgische Therapie bis hin zur Hauttransplantation.

Bei der **drittgradigen Verbrennung** sind alle Hautschichten geschädigt, die Muskulatur kann zusätzlich betroffen sein. Es gibt keine Blasen und der Wundgrund ist weisslich ver-färbt. Eine Rekapillarisation ist keine beobachtbar. Als Sonderform der drittgradigen Verbrennung wird die vollständige Verkohlung der Muskulatur, der Sehnen und der Knochen bezeichnet.

(Lehnhardt et al., 2016)

Tabelle 1 (Brandverletzten-Ratgeber, 2018)

| Verbrennungsgrade | Klinische Symptome | Morphologischer Schaden |
|-------------------------|---|---|
| 1.° | Rötung, Schwellung (Ödem), Schmerzen | Hornhautabstoßung, keine Unfallfolgen |
| 2.° oberflächlich (IIa) | Blasenbildung; schmerzhafter, feuchter und durchbluteter Wundgrund | Abstossung der Epidermis, Wundheilung ohne Narben |
| 2.° tief (IIb) | Trockener, weißlicher Wundgrund, Berührung wenig schmerzhaft, Haar- und Nagelausfall, Blutung erst bei tieferem Nadelstich, Rötung mit Glasspatel nicht wegdrückbar | Schädigung bis in die Dermis, Wundheilung nur mit Narbenbildung möglich, meist Hautübertragungen nötig |
| 3.° | Weißer, harter Wundgrund, keine Schmerzen beim Nadelstich | Zerstörung der Dermis und evtl. tieferer Schichten, Wundheilung nur vom Wundrand her möglich, Hautübertragung nötig |

2.2.2 Verbrennungsausmass

Es gibt zwei Methoden zur Bestimmung des Ausmasses einer Verbrennung bezogen auf die gesamte Körperoberfläche. Einerseits die Neuner- Regel, wobei davon ausgegangen wird, dass gewisse Anteile des Körpers 9% bedeuten. Eine andere Möglichkeit ist es, das Aus-mass mit der Handinnenfläche des Verbrennungsof-fers zu bestimmen. Dabei bedeutet die aus-gestreckte Handinnenfläche inklusive aus-gestreckter Finger 1% der Körperoberfläche. Beide Methoden bieten nur einen Anhalt. Die genaue Abschätzung wurde durch neuere, computergestützte Auswertungen vereinfacht und exakter gemacht (Lehnhardt et al., 2016).

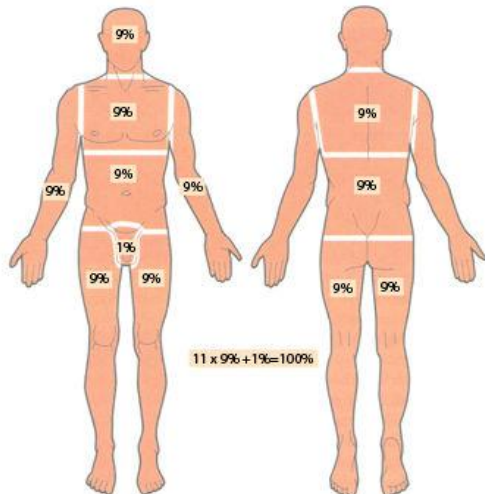


Abbildung 2 (Therapie von Brandverletzungen, 2015)

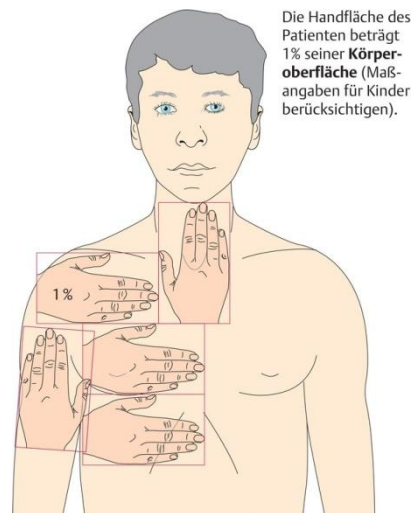


Abbildung 3 (Sorg, Vogt, & Spies, n.d.)

Anhand obenstehenden Abbildungen ist die Einschätzung des Verbrennungsausmaßes grafisch dargestellt. Auf der linken Seite sieht man die Neuner - Regel und auf der rechten die Handflächenmethode.

Eine Brandverletzung wird nach Tiefe und Oberflächenausmass beurteilt. Es werden nur zweit- und drittgradige Verbrennungstiefen für die Flächenbeurteilungen mit einbezogen (Krämer, Grützner, & Wöfl, 2010).

Die Verbrennungstiefe wird häufig unterschätzt und die Fläche in der Regel überschätzt (Trupkovic & Giessler, 2008).

Mehrere Studien zeigten deutlich, dass die verletzte Körperoberfläche oft signifikant überschätzt wird. Retrospektive Analysen bei Patienten einschliesslich Kindern in Deutschland und England erbrachten, dass fast bei der Hälfte aller Patienten die betroffene Körperoberfläche um durchschnittlich 9% überschätzt wurde. Bei über der Hälfte der Patienten mit einer verletzten Körperoberfläche unter 20% lagen die vor dem Transport geschätzten verletzten Wundflächen um 25% bis hin zu 100% über der tatsächlichen im Verbrennungszentrum ermittelten geschädigten Körperoberfläche (Krämer, et al, 2010, S. 25-26).

Das liegt in erster Linie an der Verschmutzung der Wunde und zum anderen an der geringen Erfahrung der Rettungskräfte bei der Einteilung solcher Wunden. Als Folge der falschen Einschätzung resultiert die Gefahr des "overtreatment" zum Beispiel bei der initialen Kühlung, was wiederum zu einer Hypothermie führen kann (Krämer et al., 2010).

Die korrekte Einschätzung ist aber von grosser Bedeutung für die Einleitung der Therapie. Der Schweregrad eines Verbrennungstraumas, insbesondere der Begleitverletzungen, wird oft über- oder unterschätzt (Sander & Hartmann, 2015).

2.3 Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit

Systemische Auswirkungen von Brandverletzungen zeigen sich bereits ab 20% verbrannter Körperoberfläche. Ein Verbrennungstrauma führt zu komplexen Kaskaden, welche sich bis zu einem Schock manifestieren können. Neben der chirurgischen Intervention sollten Brandverletzte zunehmend als Ergänzung durch individualisierte Therapien auf Zellebene behandelt werden.

Die Haut kann durch die bei der Verbrennungswunde entstehende thermische Schädigung der Proteine, mit daraus resultierendem Funktionsverlust der Plasmamembrane, ihre physiologische Funktion nicht mehr wahrnehmen. Es werden lokale Entzündungsmediatoren freigesetzt, welche zu einer fortschreitenden Erhöhung der Permeabilität der Kapillaren und somit zu Ödemen führt. Durch die Schädigung der Kollagenverbindungen der Zellen und der Bildung freier Sauerstoffradikale wird die Verschlimmerung der Nekrosezone und Flüssigkeitsverschiebungen unterstützt.

(Lehnhardt et al., 2016)

2.3.1 Phasen der Verbrennungskrankheit

Die initiale Therapie bei Brandverletzungen gestaltet sich unabhängig der Ursache (thermisch, chemisch oder elektrisch) im hauptsächlichen gleich. Im Körper wird eine Kette von Reaktionen ausgelöst, welche als Verbrennungskrankheit zusammengefasst wird. Diese wird in drei Phasen unterteilt:

- Schockphase
- Phase der Ödemrückresorption
- Spätphase: Inflammation und Infektion

Die **Schockphase** ist gekennzeichnet durch den sich in den ersten 12 Stunden schrittweise entwickelnden Verbrennungsschock, welcher primär ein Volumenmangelschock darstellt. Dieser ist benannt durch die sofortige lokale Störung der Kapillarpermeabilität im Rahmen eines beginnenden "systemic inflammatory response syndrome" (SIRS), ausgelöst durch verschiedene Mediatoren wie Zytokine, Leukotrienen, Histamin, O₂-Radikale und Prostaglandine.

Beträgt die verbrannte Körperoberfläche (nachfolgend abgekürzt als VKOF) mehr als 20%, tritt dieses Kapillarleck generalisiert auf, was bedeutet, dass sich Proteine in den Extravasalarraum verlieren. Gleichzeitig geschieht durch die Osmose bedingt, ein isotoner Plasmaausstrom in das Gewebe. Der extravasale osmotisch wirksame Druck steigt unter anderem auch durch die Bindung von Natrium an geschädigten Kollagen an. Die Folge dieser Vor-

gänge ist ein massives interstitielles Ödem. Das generalisierte Ödem, mit Höhepunkt nach ungefähr 12 bis 24 Stunden ist klinisch bereits ab der zweiten bis dritten Stunde feststellbar.

Die **Rückresorption** beginnt circa 24 Stunden nach dem Trauma und erfolgt durch den gesteigerten Lymphabfluss und die Wiederherstellung der Kapillarschranken. Schrittweise beginnt der Aufbau der physiologischen kolloidosmotischen Drücke. Es kann hierbei zu einer akuten intravasalen Hypervolämie kommen. Die damit verbundenen Elektrolytentgleisungen gefährden vor allem kariozirkulatorisch vorgeschädigte oder instabile Patienten und Patientinnen. Diese Phase kann 1-3 Wochen andauern und ist aufgrund der intakten Lymphbahnen bei zweitgradigen Verbrennungen kürzer als bei drittgradigen.

In der **Spätphase** geht meistens durch eine Infektion bedingt, das ausgelöste SIRS in eine Sepsis über. Eintrittspforten für bakterielle Erreger sind meist die grossen Wundflächen, wobei aber auch Pneumonien eine wesentliche Rolle spielen. Es kann zu einer Bakteriämie infolge von Katheterinfekten oder Translokationen aus dem Gastrointestinaltrakt kommen. Die häufigste Todesursache Schwerbrandverletzter ist heutzutage das septische Multiorganversagen.

(Trupkovic et al, 2008)

2.3.2 Jackson Modell

Neben der Barrierefunktion als Schutz von äusseren Einflüssen und Keimen hat die Haut auch die Aufgabe den Wärme- und Flüssigkeitshaushalt zu regulieren. Thermische Einwirkungen führen häufig zu einer Koagulationsnekrose durch die Denaturierung¹ von Proteinen auf Zellebene. Die Einwirkzeit und die Temperatur sind die beiden entscheidenden Faktoren für den Start dieser Denaturierung. Die so entstandenen Hautläsionen werden in drei Zonen eingeteilt.

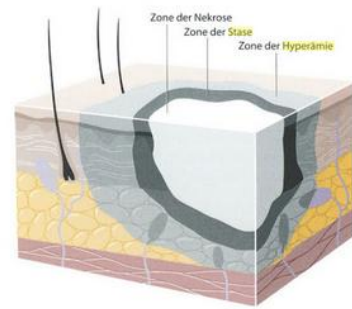


Abbildung 4

(Verbrennungszonen, n.d.)

Zone 1 = Nekrosezone; ist das Zentrum der Läsion, die sogenannte weissliche Nekrose- oder Koagulationszone. Dieses Gewebe ist irreversibel geschädigt, welches hauptsächlich durch die Koagulation und die strukturelle Veränderung der Proteine geschieht.

Zone 2 = Stasezone; ist das direkt angrenzende Gebiet welches gekennzeichnet ist durch eine gestörte Gewebepfusion und Anteilen von deutlich geschädigten Zellen aber auch Vitalen. Vasokonstriktive Substanzen und lokale Entzündungsmediatoren sammeln sich in dieser Zone an. Die Zellfunktion ist hier aufgrund der niedrigen Temperaturen im Randbereich beeinträchtigt aber nicht zerstört. Es entsteht eine eingeschränkte Kapillarperfusion bei vermindertem Blutfluss. Aufgrund der körpereigenen Reaktion, welche die Ausschüttung von Mediatoren und Immunmodulatoren beinhaltet, können diese Zellen ebenfalls nekrotisch werden. Es kann somit eine anteilmässige oder vollständige Koagulationsnekrose entstehen, die als Nachbrennen bezeichnet wird.

Zone 3 = Hyperämiezone. Die äusserste Zone ist durch eine ausgeprägte Vasodilatation im Rahmen einer lokal entzündlichen Reaktion gekennzeichnet. Dieser gefässerweiternde Mechanismus beruht auf den zahlreichen Effekten von lokalen Mediatoren. In der sogenannten Hyperämiezone befinden sich vitale Zellen, die nicht nekrotisch gefährdet sind. Bei einer konservativen Behandlung geht die primäre Wundheilung hauptsächlich von dieser Zone aus.

(Hartmann & Ottomann, 2010 ; Lehnhardt et al., 2016)

¹ "**Denaturierung** bezeichnet eine strukturelle Veränderung von Biomolekülen wie Proteinen (Eiweiße) oder Desoxyribonukleinsäure (DNS), die in den meisten Fällen mit einem Verlust der biologischen Funktion dieser Moleküle verbunden ist, obgleich deren Primärstruktur unverändert bleibt. Eine Denaturierung kann auf physikalische oder auf chemische Einflüsse zurückzuführen sein." (Denaturierung (Biochemie), 2018)

2.3.3 Ödembildung und Hypovolämie

Die Hypovolämie spielt neben der Aktivierung verschiedener Mediatoren bei der Entstehung eines Verbrennungsschocks eine wichtige Rolle. In der Peripherie kommt es zu einer Volumenzunahme aufgrund der aufgehobenen Zellmembranfunktion und damit zu einer systemischen Hypovolämie. Es entsteht eine Vasokonstriktion mit einer Minderperfusion des umliegenden Gewebes. Es kommt zu massiven Ödemen, wie einer eingeschränkten Harnausscheidung und ein erhöhter Hämatokritwert im Labor. In den ersten 36 Stunden erreicht man trotz adäquater Flüssigkeitstherapie oft kein normales Blutvolumen.

Im Bereich verbrannter Haut zeigt sich anfänglich ein erhöhter intrakapillärer hydrostatischer Druck und dem gegenüber einen negativen interstitiellen Druck. Diese Differenz veranlasst eine signifikante Flüssigkeitsverschiebung aus dem intravasalen in den interstitiellen Raum und somit ein Fortschreiten der Ödembildung. Der Kolloidosmotische Druck und die damit verbundene transkapillare Resorptionskapazität sinkt durch die Abnahme der Plasmaproteinkonzentration. Durch die therapeutische Flüssigkeitssubstitution wird das Resorptionsdefizit gesteigert und die Ödembildung vergrößert. In der Vergangenheit wurde deshalb versucht mit kolloidalen Lösungen, wie zum Beispiel Hydroxyethylstärke (HES), die gängige kristalloide Volumentherapie zu ergänzen. Studien zeigten aber, dass die Mortalitätsrate durch die Anwendung von Kolloiden nicht gesenkt werden konnte, sie erhöhte sich sogar deutlich bei niereninsuffizienten Patientengruppen. Auf weitere Aspekte der Volumentherapie wird in einem separaten Kapitel nochmals Bezug genommen.

(Lehnhardt et al., 2016)

2.3.4 Immunologisches System

Die Dysfunktion des Immunsystems bei Verbrennungen wirkt sich entscheidend auf die Mortalität und Morbidität aus, welche aufgrund der immunologischen Antwort im Rahmen der posttraumatischen Reaktion zustande kommen. Die häufigste Todesursache in etwa 50% der Fälle ist bei einem schweren Verbrennungstrauma das Multiorganversagen in Kombination mit einem Infekt. Meist besteht ein fließender Übergang zwischen SIRS, Sepsis und Multiorganversagen. Die Immunantwort nach Verbrennungen ist ausgeprägter und länger als bei anderen Traumamechanismen (Lehnhardt et al., 2016).

2.3.5 Kardiovaskuläres System

Der direkt posttraumatische kardiodepressive Zustand erklärt sich am ehesten mit der raschen Aktivierung der Mediatoren. Verstärkt wird er durch die Hypovolämie und der tiefen Vorlast. Das Herzzeitvolumen wird kompensatorisch erhalten, indem vermehrt Katecholamine und Mediatoren freigesetzt werden, die den peripheren Widerstand erhöhen und so die Nachlast steigern. Das "capillary leak" nimmt nach etwa 12 Stunden bei adäquater Volumen-

substitution ab, somit steigert sich die Diurese und der Hämatokritwert normalisiert sich. Das Herzzeitvolumen bleibt weiterhin reduziert, wahrscheinlich aufgrund der verschiedenen Mediatoren, welche aus der Verbrennungswunde selbst freigesetzt werden und kardiodepressiv wirken (Lehnhardt et al., 2016).

2.3.6 Niere und Ausscheidung

Aufgrund der Hypovolämie kann eine renale Ischämie erfolgen. Häufiger entsteht das Nierenversagen wegen der Myoglobininurie. In der Frühphase der Therapie ist es deshalb wichtig, ein ausreichender Flüssigkeitsersatz zu gewährleisten, um eine ausreichende Diurese zu erhalten. Je nach Ausscheidung und klinischem sowie laborchemischen Verlauf kann dieser angepasst und reduziert werden. Nicht zu empfehlen ist die Gabe von Kolloiden wie HES oder Dextrane (Lehnhardt et al., 2016).

2.3.7 Hyperkoagulabilität

Zwei bis drei Stunden nach dem Verbrennungstrauma findet durch die Wirkung des plättchenaktivierenden Faktors eine Erhöhung der Kapillarpermeabilität statt. Es wird dabei eine Hyperkoagulabilität des Blutes bis hin zum DIC² beobachtet (Lehnhardt et al., 2016).

2.3.8 Mediatoren

Die Mediatoren können grundsätzlich in zwei Gruppen eingeteilt werden. Solche die verantwortlich sind für eine gesteigerte vaskuläre Permeabilität und somit das "capillary leak" verursachen. Darunter zählen unter anderem Kinine, Prostaglandine, Leukotriene, Histamin und Serotonin. Daneben gibt es noch Mediatoren, wie Kortisol und Katecholamine, welche eine hyperkatabole Stoffwechsellage auslösen. Pathophysiologisch resultieren daraus ein hypovolämer Schock, eine Lipo- und Proteolyse, sowie die Glukoneogenese (Lehnhardt et al., 2016).

² "Unter einer **disseminierten intravasalen Koagulopathie**, kurz **DIC**, versteht man eine Koagulopathie, die durch eine intravasale Aktivierung der Blutgerinnung entsteht. Sie führt zu einem gesteigerten Verbrauch von plasmatischen Gerinnungsfaktoren und Thrombozyten mit anschließendem Mangel dieser Komponenten. Deshalb wird die DIC auch vereinfacht **Verbrauchskoagulopathie** genannt." (Antwerpes, n.d.)

2.4. Pflegeschwerpunkte auf der Notfallstation

Die Haut ist das grösste Körperorgan und hat mehrere wichtige Aufgaben. Sie erfüllt zum Beispiel einen Teil der Immunabwehr, durch die in ihr enthaltenen Abwehrzellen und ihre äussere Schutzbarriere. Sie nimmt Sinneseindrücke wahr und in der Dermis liegen unter anderem Nerven und Schmerzrezeptoren. Zudem hilft sie bei der Regulation des Wasserhaushaltes sowie der Körpertemperatur und ist an der Aufrechterhaltung der Homöostase beteiligt (Menche, 2007).

Bei einem Defekt der Haut, wie es bei einer Verbrennung der Fall ist, werden diese Funktionen zerstört oder sind nur noch eingeschränkt vorhanden.

Anhand der Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit, die im ersten Teil dieser Arbeit beschrieben ist und der Aufgaben der Haut, lassen sich nun folgende Pflegeschwerpunkte ableiten. Die grösste Bedeutung, welche sich für Pflegende auf der Notfallstation ergibt, liegt auf dem Volumen- und Flüssigkeitsmanagement. Daneben sollte aber auf weitere relevante Punkte wie Hypothermiegefahr und Schmerzmanagement geachtet werden. Zusätzlich wird in diesem Kapitel auf die Kaltwassertherapie eingegangen.

2.4.1 Flüssigkeitstherapie und Volumenersatzmittel

Ein Hypovolämieschock kann bereits ab einer Verbrennung von 15% VKOF entstehen. Prognose entscheidend ist eine frühzeitige Infusionstherapie. Ziel ist eine suffiziente Organperfusion, die durch ein ausreichendes Herzminutenvolumen erreicht wird. Die sekundäre Nekrose gilt es zu verhindern (Trupkovic et al., 2008).

Folgendes wird über die venösen Zugänge beschrieben, um die Flüssigkeitstherapie überhaupt durchführen zu können.

In der Regel genügt die Anlage einer grosslumigen peripheren Verweilkanüle. Venöse Zugänge können auch im verbrannten Areal gelegt werden. Es empfiehlt sich jedoch aufgrund der besseren Fixierungsmöglichkeit (Sekretion!) und der häufigen hitzebedingten Thrombosierung der oberflächlichen Venen in erster Linie die Nutzung nicht verbrannter Areale (Trupkovic et al., 2008, S. 902).

Sander und Hartmann beschreiben es ähnlich. Das Verbrennungsoffer erhält frühzeitig zwei grossvolumige Zugänge, da es für einen Volumenmangelschock prädestiniert ist. Zugänge können auch in verbrannte Hautareale gelegt werden. Dabei gilt zu beachten, dass subkutane Venen bei IIb- bis drittgradigen Verbrennungen thrombosiert sein können und dass Zugänge gegebenenfalls durch Nähte sicher fixiert werden müssen, da Pflasterfixierungen auf der feuchten Wundoberfläche nur ungenügend halten (2015).

Empfohlen werden leicht hypoosmolare kristalline Lösungen (Ringer-Lactat-Lösungen), da kolloidale Lösungen zu verstärkter Ödembildung und somit zu einer Verschlechterung der Perfusion kritischer Verbrennungsareale führen. Kleinere Infusionsmengen kolloidaler Lösungen werden in den USA wieder diskutiert, da sie eine bessere Kreislaufstabilisierung zeigen (Trupkovic et al., 2008).

Die empfohlene Volumengabe soll nun hauptsächlich mit Ringerlaktat und optionaler Zugabe von Albumin zur Korrektur der Hypoproteinämie erfolgen. Die Albuminsubstitution ist weiterhin umstritten, dabei könnte dadurch eine Verminderung der Volumengabe und Ödembildung im Bereich von nicht verbrannter Haut erzielt werden (Cartotto & Callum, 2012).

Die Infusionsmenge errechnet sich nach der Parkland-Baxter-Formel, welche untenstehend aufgeführt ist:

4 ml Kristalloid x Kilogramm Körpergewicht (kgKG) x VKOF

Diese Formel gilt für die ersten 24 Stunden nach dem Verbrennungstrauma. Die Hälfte der errechneten Flüssigkeit wird in den ersten 8 Stunden, die zweite Hälfte in den verbleibenden 16 Stunden infundiert. Bei der Berechnung werden nur zweit- und drittgradige Verbrennungen berücksichtigt. Der Volumenbedarf wird in der Praxis eher überschätzt, selten liegt er über 1 Liter pro Stunde. Deshalb ergibt sich für die initiale Therapie folgende Faustregel:

Maximal 1 Liter Ringer pro Stunde

Liegt der Volumenbedarf zur Kreislaufstabilisierung höher, muss nach erheblichen Begleitverletzungen gesucht werden. Ein erhöhtes Infusionsvolumen kann zu einer vermehrten Ödembildung, zu einem Abtiefen der Verbrennung und somit zu einer Verschlechterung der Gesamtprognose führen. (Trupkovic et al., 2008)

In einem weiteren Artikel empfehlen die Autoren, dass der primäre Volumenersatz durch kristalloide Lösungen erfolgen soll. Da wie schon beschrieben, hyperonkotische und hyperosmotische Lösungen (Albumin, Dextran, HES) durch das "capillary leak" den Intravasalraum verlassen und die Ödembildung verlängern. Sie weisen jedoch ausdrücklich darauf hin, dass bei der Verabreichung von Ringer-Laktat auf die Verstoffwechslung geachtet werden soll. Laktat verbraucht mehr Energie beim Abbau als Azetat (Ringer-Azetat). Zudem sollte Ringer- oder Vollelektrolytlösungen gegenüber der physiologischen Kochsalz (NaCl)-Lösung bevorzugt angewendet werden. NaCl Lösungen weisen eine höhere NaCl-Konzentration, als das Plasma auf und der pH-Wert ist mit 6.0 sauer. Zudem fehlen NaCl-Lösungen weitere Plasma-Elektrolyte wie zum Beispiel Kalium und Calcium. Erhalten Verbrennungsoffer ausschliesslich NaCl-Lösungen, kommt es schon nach kurzer Zeit zu einem Kaliummangel. Auch hier wird beschrieben, dass die früher als obsolet angesehene Kolloidgabe in der

Frühphase der Behandlung des Verbrennungsschockes wieder diskutiert wird (Hartmann et al., 2010).

Weitere Autoren berichten, dass zu Beginn im Schockraum bei unzureichender Zirkulation eine adäquate Volumentherapie mit vorgewärmter, balancierter Kristalloidlösung anzustreben ist. Dafür benötigt man zwei grossvolumige intravenöse Katheter, welche wenn möglich in unverbranntes Hautareal gelegt werden. Um eine korrekte Flüssigkeitstherapie zu gewährleisten muss das Körpergewicht gemessen und die präklinische Substitution beachtet werden. Um die erforderliche Flüssigkeitsmenge zu bestimmen, soll die modifizierte Formel nach Brooke verwendet werden. Die wie folgt lautet:

2ml/kgKG x VKOF (%) Grad IIb und III

Einzelne Zentren in Deutschland haben eigene Standards definiert. Einheitliche Empfehlungen gibt es nicht (Lehnhardt et al., 2016).

In jüngerer Zeit wird die "rule of ten" propagiert: man kalkuliert die der ermittelten Verbrennungsoberfläche nächstliegende Zehnerzahl und ermittelt die stündliche Infusionsmenge, indem man diese Zehnerzahl mit 10ml multipliziert. Beträgt das Körpergewicht > 80kg, kommen pro zusätzlichen 10kg 100ml hinzu (Lehnhardt et al., 2016, S. 72).

Im individuellen Bedarf sind jedoch erhebliche Schwankungen zu erwarten, deshalb richtet sich die Steuerung der Volumenmenge nach klinischen Werten, in erster Linie nach der Urinausscheidung. Zu diesem Zweck wird ein Blasenkatheter vorzugsweise mit integrierter Temperaturmessung gelegt (Lehnhardt et al., 2016).

In einem Artikel aus der Wehrmedizin wird beschrieben, dass das benötigte Volumen bedarfsadaptiert mit körperwarmer, isotoner, laktatfreier Infusionslösung zu ersetzen ist. Für andere Infusionslösungen, wie synthetische Kolloide oder hypertone Kochsalzlösungen fehlt der evidenzbasierte Nutzen. Für die Berechnung des Flüssigkeitsbedarfs innerhalb der ersten acht Stunden sind zwei Formeln praktikabel. Diese sind die am Anfang erwähnte "Parkland-Baxter-Formel" oder die "Rule of ten". Die Anwendung der Formeln hilft, den Flüssigkeitsbedarf in den ersten Stunden zu berechnen. Danach erfolgt eine stündliche Evaluation entsprechend der Kreislaufparameter und der Diurese. Durch eine Überinfusion von Schwerbrandverletzten in den ersten 24 Stunden entsteht ein höheres Risiko für die Entwicklung eines abdominellen Kompartmentsyndroms. Zudem profitiert die Lunge von einer zurückhaltenden Volumengabe. Aktuelle Empfehlungen tendieren deshalb eher zu einer restriktiven Volumentherapie (Verbrennungsmedizin im Einsatz, 2012).

Zur genauen Volumenbilanzierung bei VKOF > 15% sollte die Anlage einer Harnableitung erfolgen (Trupkovic et al., 2008). Es sollte eine stündliche Urinausscheidung von 0.5-1ml/kgKG angestrebt werden (Hartmann et al., 2010).

Die Steuerung der Volumentherapie bei Schwerbrandverletzten ist besonders schwierig. Eine rein rechnerische Bilanzierung erweist sich als nicht sinnvoll und der Flüssigkeitsbedarf kann nur durch Formeln allein nicht hinreichend abgeschätzt werden. Zur individuellen Steuerung werden deshalb folgende Parameter kontrolliert und berücksichtigt:

- Stundendiurese (Zielwert 0.5-1ml/kgKG)
- Mittlerer arterieller Blutdruck (Zielwert >70mmHg)
- Zentralvenöser Druck
- Zentralvenöse Sauerstoffsättigung
- Hämatokrit
- Regelmässige Bestimmung des Körpergewichtes

(Giessler, T.Mayer, & T.Trupkovic, 2009)

2.4.2 Kaltwassertherapie

Die Kühlung der verbrannten Hautoberfläche mit kaltem Wasser galt lange als Standard. Es herrschte die Vorstellung, dass durch kaltes Wasser ein Nachbrennen und Abtiefen der Verbrennungswunde verhindert und somit ein Ödem, Nekrose und Mediatorenfreisetzung minimiert werden. Es wurde nun aber in verschiedenen Untersuchungen gezeigt, dass positive Effekte nur bei Beginn der Kühlung innerhalb von Sekunden nach dem Trauma mit 10-20°C kaltem Wasser nachzuweisen sind. Erfolgt die Kühlung zwei Minuten nach dem Trauma ist kein positiver Effekt mehr zu erwarten. Im Gegensatz kommt es über eine hypothermiebedingte Vasokonstriktion zu einer Zunahme des Verbrennungsausmasses, falls die Kühlung zu lange erfolgt oder zu kaltes Wasser benutzt wird.

In Verbrennungszentren werden häufig Patienten zugewiesen, die eine Körpertemperatur von unter 34°C aufweisen. Eine Normothermie wird häufig erst nach mehrstündiger aktiver Erwärmung erreicht.

Durch die Hypothermie entstehen negative Folgen, wie die Zunahme des Verbrennungsausmasses, eine Immunsuppression, woraus eine erhöhte Sepsisgefahr resultiert. Dazu kommen Herzrhythmus- und Gerinnungsstörungen. Aufgrund von Gerinnungsstörungen kann die wichtige, frühzeitig operative Entfernung von nekrotischem Gewebe verzögert werden. Somit verschlechtert sich die Prognose und die Letalitätsrate erhöht sich.

(Trupkovic et al., 2008)

Empfehlungen zur Durchführung der Kaltwassertherapie:

- Verbrennungen < 10% VKOF, lokale Kaltwasserbehandlung mit kaltem Leitungswasser (15-20°C) für max. 10min
- Kontraindiziert bei: Mehrfachverletzten, narkotisierten Patienten, Kältezittern und Verbrennungen > 10% VKOF
- Nach der Kaltwassertherapie, Massnahmen für den Wärmeerhalt ergreifen: erwärmter Raum, warme Infusionslösungen, Zudecken des Patienten

(Trupkovic et al., 2008)

2.4.3 Hypothermie

Die Körperkerntemperatur bei der Aufnahme im Brandverletzententrum ist ein wichtiger prognostischer Parameter. Bei einer Hypothermie zentralisiert der Blutkreislauf und infolgedessen kommt es zu einer Minderperfusion in der Peripherie. Für die Reparationsprozesse der Haut ist eine ausreichende Durchblutung ausschlaggebend. Eine Minderdurchblutung kann zu einer Zunahme der Verbrennungstiefe führen. Weiter kann es bei einer Hypothermie zu lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen kommen. Bei einer Körperkerntemperatur unter 30°C kommt es nicht selten zu Kammerflimmern. Es wurde bei Brandverletzten eine erhöhte Mortalitätsrate festgestellt, wenn die "letalen Trias", definiert durch Hypothermie, Azidose und Koagulopathie, vorlagen.

Nahezu 80% aller eingewiesenen Schwerbrandverletzten > 15% VKOF erreichen das endversorgende Zentrum mit einer milden bis schweren Hypothermie. Der Hypothermiegrad korreliert signifikant mit dem Überleben und der Intensivbehandlungsdauer.

Massnahme zum Schutz einer Hypothermie ist die Aufnahme eines Brandverletzten in einen vorgeheizten Raum (35°- 40°C). Weiter werden vorgewärmte Infusionslösungen oder zum Teil in der präklinischen Versorgung vorhandene aktive Wärmefolien verwendet. Es findet keine aktive Kühlung der verbrannten Hautareale statt und nach der Inspektion werden sie steril abgedeckt. Ein kontinuierliches Monitoring der Körpertemperatur ist sinnvoll.

(Lehnhardt et al., 2016 ; Trupkovic et al., 2008)

Im Schockraum eines Brandverletzententrums werden zusätzliche Massnahmen ergriffen, um ein weiteres Auskühlen zu verhindern. Die Raumtemperatur beträgt über 35°C, zudem soll die Verdunstungskälte über den Wundflächen mit einer erhöhten Luftfeuchtigkeit reduziert werden. Es können Heizstrahler verwendet werden, was sich sehr bewährt. Zusätzlich muss die Möglichkeit vorhanden sein, das Verbrennungsoffer mit sterilem, erwärmtem Wasser zu reinigen (Hartmann et al., 2010).

2.4.4 Schmerztherapie

Grossflächige, zweitgradige Verbrennungen gehen häufig mit stärksten Schmerzen einher. Zur Vermeidung von Hautperforationsstörungen durch die sympathikoadrenerge Vasokonstriktion braucht es eine adäquate Schmerztherapie. Dabei können Opiate verwendet werden. Wegen der geringeren Gefahr der Atemdepression und besseren Kreislaufstabilität wird die Kombination von Ketamin und Benzodiazepin empfohlen (Trupkovic et al., 2008).

Bei tiefen drittgradigen Verbrennungen, werden auch die Schmerzrezeptoren zerstört, weshalb diese Verbrennungen als schmerzarm gelten. Trotzdem stellt eine grossflächige Verbrennung für Patienten eine dramatische und schmerzhafte Verletzung dar. In der ersten Phase nach einem Verbrennungstrauma sind vor allem zwei Arten von nozizeptivem Schmerz zu therapieren. Dies ist zum einen der Wundschmerz an sich, welcher durch sein Brennen charakterisiert ist und zum anderen der iatrogen bedingte Schmerz, der durch die therapeutisch bedingten Massnahmen auf der Unfallstelle und in der Klinik verursacht werden (Krämer, et al., 2010).

Es sollte ein gleichmässiger Wirkspiegel eines Analgetikums erreicht werden, da der Wundschmerz meist dauernd vorhanden ist. Dies kann mittels i.v. Perfusor oder durch wiederholte Verabreichung erzielt werden. Der Schmerz wird meist mit Ketamin in Kombination mit Midazolam therapiert. Da bei Ketamin Reflexe und Spontanatmung weitgehend erhalten bleiben und es stark analgetisch wirkt sowie zu einem Anstieg des Herzzeitvolumens führt, wird es gegenüber den Opioiden bei Kreislaufinsuffizienten bevorzugt angewendet. Ketamin erzeugt aber eine dissoziative³ Anästhesie, somit sollte es zur Verhinderung von bizarren Traumaerlebnissen immer mit einem Sedativum kombiniert werden (Hartmann et al., 2010).

Eine ausreichende Analgesie bei Brandverletzten ist unabhängig des Verbrennungsausmasses unabdingbar. Die Basisanalgesie kann mit Paracetamol, Metamizol und Ibuprofen erfolgen und bedarfsadaptiert können Opiode intravenös verabreicht werden. Eine Analgosedierung kann mit Ketamin in Kombination mit Midazolam geschehen. Ziel der Analgosedierung sollte ein schmerzfreier, schlafend-weckbarer Patient sein (Sander et al., 2015).

³ "Der Begriff **Dissoziation** bezeichnet das (teilweise bis vollständige) *Auseinanderfallen* von Funktionen der Wahrnehmung, des Bewusstseins, des Gedächtnisses, der Identität und der Motorik, die normalerweise zusammenhängen." (Dissoziation (Psychologie), 2018)

2.5 Diskussion

Im Kapitel zur Verbrennungstiefe und Berechnung des Verbrennungsausmasses ist beschrieben, wie wichtig die genaue Einschätzung einer Verbrennung für die Einleitung der nachfolgenden Therapie ist (Sander et al., 2015). Vor allem das Volumen- und Flüssigkeitsmanagement hängt direkt mit der Einschätzung der verbrannten Körperoberfläche zusammen. Mehrere Quellen zeigen auf, dass das Ausmass einer Verbrennung meist falsch eingeschätzt wird (Trupkovic et al., 2008 ; Krämer et al., 2010). Durch computergestützte Auswertungen wird das Beurteilen der verbrannten Körperoberfläche vereinfacht und kann genauer bestimmt werden (Lehnhardt et al., 2016). Aus meinem Praxisalltag sind mir solche Systeme nicht bekannt, was eine exakte Einschätzung des Verbrennungsausmasses schwierig oder von einem erfahrenen Team abhängt macht. Es scheint deshalb naheliegend, dass auch unsere Einschätzung fehlerbehaftet sein kann. Die Anzahl an Behandlungen von Verbrennungsoptionen mit grossflächigen Wunden auf der Notfallstation im LUKS ist erfahrungsgemäss klein. Die Verwendung eines wahrscheinlich teuren Computerprogramms erscheint deshalb in einem Zentrumsspital mit wenigen Schwerbrandverletzten exquisit.

Die Verbrennungskrankheit wird in drei Phasen eingeteilt. Verbrennungsoptionen die auf die Notfallstation eingewiesen werden, befinden sich in der Schockphase. Durch verschiedene Mediatoren, wird die sofortige lokale Störung der Kapillarpermeabilität im Rahmen eines beginnenden SIRS ausgelöst (Trupkovic et al., 2008). In der Literatur werden diese Phasen, wie auch die Verbrennungsstufen sehr klar beschrieben. In der Praxis ist es jedoch bei der kurzen Behandlungszeit, die zur Verfügung steht, und der Diversität von Verbrennungswunden schwierig, diese korrekt abzugrenzen und einzuteilen.

Anhand der beschriebenen Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit ist unschwer zu erkennen, dass in der Akutphase der Schwerpunkt auf dem Volumen- und Flüssigkeitsmanagement liegt. Bereits ab 15% VKOF kann ein Hypovolämerschock entstehen. Deshalb ist eine frühzeitige Infusionstherapie entscheidend (Trupkovic et al., 2008). Um eine solche Therapie überhaupt vornehmen zu können braucht es intravenöse Zugänge. Über die Lage dieser Zugänge ist verschiedenes beschrieben. Grundsätzlich können sie in verbrannte Hautareale gelegt werden, wobei berücksichtigt werden muss, dass bei IIb und drittgradigen Verbrennungen die subkutanen Venen thrombosiert sein können. Allenfalls müssen die Zugänge durch Nähte gesichert werden. Es sollten sicherlich zwei grossvolumige Zugänge, bevorzugt wegen der besseren Fixierungsmöglichkeit, in unverbrannte Hautareale gelegt werden (Sander et al., 2015 ; Trupkovic et al., 2008). Die Erfahrung zeigt, dass dies unrealistisch ist. Praktischerweise werden im Schockraum venöse Zugänge nur an unverbrannten Stellen gelegt, da die Venen besser sichtbar sind und die Fixierung einfacher ist. Allenfalls

wird direkt ein zentralvenöser Katheter eingelegt. Ist es nicht möglich, einen venösen Zugang zu gewährleisten, soll frühzeitig die intraossäre Bohrung in Betracht gezogen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Kristalloidlösungen zur Infusionstherapie bei Verbrennungsoptionen empfohlen werden. Die Substitution von kleineren Mengen an Kolloiden in der Frühphase des Verbrennungsschocks wird in den USA wieder diskutiert. Für die Anwendung von Kolloiden fehlen momentan Evidenz und konkrete Empfehlungen (Hartmann et al., 2010 ; Trupkovic et al., 2008 ; Verbrennungsmedizin im Einsatz, 2012). Die Nachteile der Kolloide, wie eine verlängerte Ödembildung und die Verschlechterung der Perfusion der Verbrennungsareale sind nachgewiesen (Trupkovic et al., 2008). Studien zeigen, dass durch die Anwendung von Kolloiden die Mortalitätsrate bei niereninsuffizienten Patienten sogar erhöht wird (Lehnhardt, et al., 2016).

Einige Autoren empfehlen Ringer-Laktat-Lösungen zur Flüssigkeitstherapie (Cartotto et al., 2012 ; Trupkovic et al., 2008). Nachvollziehbarerweise sollten Ringerlösungen ohne Laktat verabreicht werden, da Laktat mehr Energie bei der Verstoffwechslung braucht. NaCl Lösungen eignen sich auch nicht, da ihr pH-Wert sauer ist und sie schon nach kurzer Zeit ein Kaliummangel verursachen (Hartmann et al., 2010).

Bei der Verabreichungsmenge der Infusionsflüssigkeit überrascht es, dass die verschiedenen Formeln stark voneinander abweichen. Die in vielen Quellen beschriebene Parkland-Baxter - Formel ist wohl die Bekannteste (Lehnhardt, et al., 2016 ; Trupkovic et al., 2008 ; Verbrennungsmedizin im Einsatz, 2012).

Im Buch, Verbrennungschirurgie, das 2016 erschienen ist, wird die modifizierte Formel nach Brooke erklärt und auf die "rule of ten" hingewiesen. Wenn man nun anhand eines Beispiels die Formeln vergleicht, ergibt sich dann folgender Widerspruch:

Das Verbrennungsoptioner wiegt beispielsweise 76kg und 28 Prozent der Haut sind von IIb und drittgradigen Verbrennungen betroffen.

Bei der Parkland-Baxter-Formel ergibt das 8,512 Liter Kristalloidlösung für die ersten 24 Stunden. Bei der modifizierten Formel nach Brooke ergibt es 4,256 Liter. Bei der "rule of ten" wird die ermittelte Verbrennungsoberfläche auf die nächstliegende Zehnerzahl kalkuliert und mit 10ml multipliziert, was die stündliche Infusionsmenge ergibt. In diesem Beispiel sind es dann 300ml pro Stunde, was auf 24 Stunden ausgerechnet 7,2 Liter ergibt. Da bei der Parkland-Baxter-Formel und der "rule of ten" die dazu zählenden Verbrennungsgrade nicht genau definiert werden, gehören auch IIa Verbrennungsflächen dazu. Dies wiederum ergibt noch einen höheren Wert an Infusionsmenge.

Bedauerlicherweise gibt es keine konkreten Empfehlungen bezüglich der bevorzugten Anwendung einer bestimmten Formel. Es fehlen Studien, welche die verschiedenen Formeln

vergleichen. Einzelne Zentren in Deutschland haben deshalb eigene Standards definiert (Lehnhardt, et al., 2016).

Grundsätzlich sind im individuellen Bedarf erhebliche Schwankungen zu erwarten, weshalb die Steuerung der Volumenmenge nach klinischen Werten geschehen sollte. Ausschlaggebend ist die Urinausscheidung mit 0.5-1ml pro Stunde als Diureseziel. Zusätzlich berücksichtigt werden der mittlere arterielle Druck, der Hämatokrit, der zentral venöse Druck (ZVD) sowie die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (SvO₂) (Lehnhardt, et al., 2016 ; Giessler, et al., 2009). Fraglich erscheint, ob bei der Erstversorgung im Schockraum, diese Installationen bereits zur Verfügung stehen und Werte wie ZVD und SvO₂ berücksichtigt werden können. Praktikabel für die Berechnung des Flüssigkeitsbedarfs erscheint deshalb zu Beginn durchaus eine Formel. Anschliessend kann durch die stündliche Evaluation entsprechend der Kreislaufparameter und der Diurese die Substitution angepasst werden. Eine Überinfusion sollte zwingend verhindert werden, da sie ein Risiko eines abdominellen Kompartmentsyndroms birgt und die Lunge von einer restriktiven Volumengabe profitiert (Verbrennungsmedizin im Einsatz, 2012).

Als Faustregel gilt 1 Liter Ringer pro Stunde, falls der Volumenbedarf zu Kreislaufstabilisierung deutlich höher liegt, muss nach erheblichen Begleitverletzungen gesucht werden (Trupkovic et al., 2008). Trotz der unterschiedlichen Infusionsmengen und einer restriktiveren Volumenempfehlung wird die Parkland-Baxter-Formel in der Praxis am häufigsten angewendet. Diese Formel erscheint bei der Betreuung auf der Notfallstation durchaus sinnvoll zu sein, da sie durch ihre Einfachheit und Bekanntheit überzeugt. Wichtig ist im Verlauf, anhand klinischer Parameter, den Bedarf anzupassen.

Obwohl die Kühlung verbrannter Haut lange als Standard galt und auch immer noch unterrichtet wird, konnten verschiedene Untersuchungen zeigen, dass positive Effekte nur bei Beginn der Kühlung innerhalb von Sekunden nach dem Trauma nachzuweisen sind. Beginnt man zwei Minuten nach einem Verbrennungstrauma mit dem Kühlen ist kein positiver Effekt mehr zu erwarten, weshalb man die aktive Kühlung bei Eintritt des Patienten als Notfallpflegende nicht mehr durchführt. Die durch die Kühlung bedingten Folgen der Hypothermie sind vielfältig. Eine lokale Kühlung mit kaltem Leitungswasser wird nur noch bei einer unter 10% VKOF empfohlen. Diese sollte nicht länger als 10 Minuten dauern. Kontraindiziert ist sie bei Kombinationsverletzungen, narkotisierten Patienten und Verbrennungen >10% VKOF (Trupkovic et al., 2008).

Die Körpertemperatur ist ein wichtiger prognostischer Parameter bei Brandverletzten, deshalb gilt es ein Augenmerk auf die Hypothermie zu legen. Sehr viele Schwerbrandverletzte erreichen das endversorgende Zentrum mit einer milden bis schweren Hypothermie. Durch die

Zentralisation des Blutkreislaufes kommt es zu einer Minderperfusion, welche zu einer Zunahme der Verbrennungstiefe führen kann. Weiter kann es zu Herzrhythmusstörungen oder posttraumatisch zu einem Organversagen führen. Das Verbrennungsoffer sollte deshalb in einen vorgeheizten Raum (35-40°C) betreut werden. Dahingestellt sei, dass solche institutionellen Möglichkeiten wahrscheinlich nur neueren Schockräumen oder speziellen Brandverletztenzentren vorbehalten sind. Auf jeden Fall findet keine aktive Kühlung des verbrannten Hautareals statt und es werden nur vorgewärmte Infusionslösungen verwendet. Sinnvoll ist die kontinuierliche Überwachung der Körpertemperatur, wofür beim Einlegen des Blasenkatheters zur Diuresebestimmung darauf geachtet wird, dass einer mit integrierter Temperaturmessung gewählt wird (Hartmann et al., 2010 ; Lehnhardt, et al., 2016).

Verbrennungen stellen für Patienten eine dramatische, schmerzhaft Verletzung dar. Der Wundschmerz, charakterisiert durch sein Brennen, ist meist dauernd vorhanden. Es sollte deshalb ein gleichmässiger Wirkspiegel eines Analgetikums erreicht werden. Bei der primären Versorgung von grossflächigen Verbrennungen empfiehlt sich Ketamin, wegen seiner geringeren Gefahr der Atemdepression, in Kombination mit einem Benzodiazepin. Ein kontinuierliche Gabe mittels i.v. - Perfusor kann sinnvoll sein (Sander et al., 2015 ; Trupkovic et al., 2008).

3. Schlussfolgerungen

Die zu Beginn geschilderte Fragestellung war, wie sich aus der Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit Pflegeschwerpunkte ableiten lassen, um ein Verbrennungsoffer adäquat versorgen zu können.

Abschliessend ist festzustellen, dass die Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit sehr komplex ist. Viele verschiedene Mechanismen und Mediatoren spielen eine Rolle, welche ein "capillary leak" begünstigen und zu einem hypovolämen Schock führen. Bei der Ankunft auf der Notfallstation befinden sich die Verbrennungsoffer in der Schockphase. Ausschlaggebend für die Prognose ist die bereits Initial aufgegleiste Therapie.

Anhand der Pathophysiologie lassen sich konkrete Pflegeschwerpunkte ableiten, auf die man als Notfallpflegende zu achten hat. In erster Linie gilt es den Flüssigkeitsverlust, durch vorgewärmte Kristalloide Lösungen zu ersetzen. Für das Berechnen des Infusionsbedarfes gibt es verschiedene Formeln. Wichtig mitzunehmen ist, dass neuere Empfehlungen zu einer restriktiveren Volumengabe tendieren. Praktikabel bei der Erstbehandlung erscheint die Parkland-Baxter-Formel oder die "Rule of ten". Im Verlauf gilt es auf jeden Fall die klinischen Parameter, wie unter anderem Diurese, Hämatokrit und mittlerer arterieller Blutdruck, zu beachten und das Volumenmanagement stündlich zu evaluieren. Dafür wird ein Blasenkatheter mit integrierter Temperatursonde eingelegt. Dem Verbrennungsoffer werden nicht mehr als 1 Liter Kristalloidlösungen pro Stunde verabreicht, ansonsten wird mit dem ärztlichen Dienst Rücksprache gehalten, um nach Begleitverletzungen zu suchen.

Die aufgetauchten Fragen bezüglich der Diskussion der Kolloidtherapie können mittels Suchen nach Artikeln oder Studien in den nächsten Jahren verfolgt werden.

Grundlage aller Berechnungen der Infusionsmenge ist die exakte Einschätzung des Verbrennungsausmasses. Wie in der Arbeit beschrieben, gibt es mittlerweile computergestützte Programme, welche die Beurteilung vereinfachen und exakter machen. Ziel ist es nun in der Praxis in Absprache mit der zuständigen Teamleitung und dem ärztlichen Dienst über ein solches Programm oder eine alternative Methode, genauere Erkundungen durch zu führen. Auf jeden Fall gilt es die Einschätzung des Verbrennungsausmasses korrekt einzuschätzen und alle teaminternen Ressourcen dafür zu nutzen. Das heisst konkret, dass die plastische Chirurgie für die Einschätzung hinzugezogen wird, da sie am meisten Erfahrung damit hat.

Die Folgen, welche eine Hypothermie nach sich zieht, sind sehr eindrücklich. Ein Grossteil der Schwerbrandverletzten erreichen das endversorgende Zentrum unterkühlt. Da in unserem Schockraum oder Notfallzentrum die notwendigen institutionellen Möglichkeiten, wie das

aufheizen eines Raumes fehlen, gilt es die übrigen Massnahmen zur Vermeidung einer Hypothermie durch Notfallpflegepersonen konsequent durchzuführen.

Zur Schmerztherapie wird Ketamin empfohlen. Leider ist das ein Medikament, das bei uns nur durch die Anästhesie verabreicht wird. Da Ketamin gegenüber von Opiaten einige Vorteile hat, könnte man über die Einführung dieses Medikamentes bei uns nachdenken. Da im Moment aber wenige Teammitglieder Erfahrungen mit diesem Medikament haben, braucht es sicherlich Aneignung von Wissen darüber, bevor es bei Verbrennungsopfern standardisiert angewendet werden kann. Dafür wird dem interdisziplinären ärztlichen Leiter des Notfallzentrums gesprochen um zu erfahren, was es alles braucht, um diese Medikament bei uns einsetzen zu können. Durch das Anfragen der Anästhesie bezüglich Kurzschulungen über die Anwendung von Ketamin, kann Fachwissen in unserem Team vermittelt werden.

Anhand einer internen Nachmittagsweiterbildung durch die Autorin werden dem Team der Notfallstation wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse aus dieser Arbeit weitergegeben.

4. Reflexion und persönliche Erkenntnis

Die Thematik der Verbrennungschirurgie hat mich schon immer interessiert. Im Rahmen dieser Diplomarbeit habe ich nun die Gelegenheit genutzt, mich ausführlich damit zu befassen. Interessant finde ich jeweils die Pathophysiologie zu verstehen, um daraus die logischen Massnahmen für den Praxisalltag ableiten zu können. Mit dem Erstellen der Fragestellung habe ich mich Anfangs schwergetan und eine passende Zielsetzung zu erarbeiten war schwierig. Ich wollte mich nicht nur auf einen Pflegeschwerpunkt beschränken. Leider war es deshalb beim Schreiben eine Herausforderung, nicht zu weit auszuholen aber trotzdem umfassend und tiefgründig zu bleiben.

Während dem Erarbeiten dieser Diplomarbeit ist mir aufgefallen, wie komplex und für mich teilweise kompliziert die Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit ist. Ich denke aber, dass ich die wichtigsten Punkte verständlich darlegen konnte.

Das Recherchieren über das Flüssigkeitsmanagement und die anderen Pflegeschwerpunkte hat mir Spass gemacht. Ich habe dabei viel Neues erfahren und bin auch auf sehr aktuelle Literatur gestossen. Je mehr ich gelesen habe, desto klarer wurde mir, dass es sehr wichtig ist einem Verbrennungsoffer nicht zu viel Infusion zu geben. Erstaunlich fand ich, dass Kolloide wieder diskutiert werden. Leider habe ich dazu keine Studien gefunden, die ich verwenden konnte.

Etwas bedauerlich fand ich auch, dass ich keine Literatur oder Empfehlungen aus der Schweiz in meine Arbeit einfliessen lassen konnte. Mit dem Verbrennungszentrum in Zürich habe ich Kontakt aufgenommen aber leider nie eine Antwort auf meine Fragen bekommen. Rückblickend wäre es sinnvoll gewesen mein Wahlpraktikum in der Verbrennungsklinik zu absolvieren. Dabei hätte ich Gelegenheit gehabt, meine Fragen zu stellen und in der Praxis zu sehen, wie zum Beispiel das Flüssigkeitsmanagement umgesetzt wird.

Wie mir bereits aus vorhergehenden Ausbildungen bekannt ist, erledigt sich das Schreiben einer Arbeit bei mir immer erst, wenn der Abgabetermin näher rückt. Trotz allem habe ich mir beim Erstellen des Terminplanes fest vorgenommen, diesen auch so umzusetzen. Leider ist mir das nicht vollumfänglich gelungen.

Trotz einigen Motivationskrisen und langen Tagen beim Schreiben dieser Arbeit habe ich abschliessend meine Fragestellung zu meiner Zufriedenheit beantworten können. Es war ein sehr spannendes Thema und ich fühle mich nun sicherer bei der Betreuung von Verbrennungsoffern. Durch diese Arbeit konnte ich mir viel Fachwissen aneignen, welches darauf wartet, in der Praxis umgesetzt zu werden.

5. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen beteiligten Personen bedanken, die mich beim Schreiben dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

In erster Linie ein riesiges Dankeschön an Martina Jozsa, die sich mehrmals Zeit nahm diese Arbeit zu korrigieren und mir bei der Überarbeitung geholfen hat.

Herzlich danke ich auch meiner Mentorin, Ruth von Rotz, die mich bei Bedarf unterstützt und mir mit konstruktiver Kritik weiter geholfen hat.

Weiter danke ich all meinen Arbeits- sowie Schulkolleginnen und -kollegen, die jeweils ein offenes Ohr hatten und mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Antwerpes, F. (n.d.). *DocCheck Flexion*. Abgerufen am 28. April 2018 von http://flexikon.doccheck.com/de/Disseminierte_intravasale_Koagulopathie
- Bundesverband für Brandverletzte*. (7. Januar 2018). Abgerufen am 30. März 2018 von <http://www.brandverletzte-leben.de/brandverletzten-ratgeber/verbrennungsgrade/>
- Cartotto, R., & Callum, J. (2012). A review of the use of human albumin in burn patients . *Burn Care Res*, S. 702-717.
- Giessler, G., T.Mayer, & T.Trupkovic. (26. April 2009). Das Verbrennungstrama; Teil 2: Anästhesiologisches, chirurgisches und intensivmedizinisches Management. *Anaesthetist*(58), S. 474-484.
- Google Books*. (n.d.). Abgerufen am 20. April 2018 von <https://books.google.ch/books?id=Lub3BQAAQBAJ&pg=PT365&dq=hyper%C3%A4mie,+stase+und+nekrosezone&hl=de&sa=X#v=onepage&q=hyper%C3%A4mie%2C%20stase%20und%20nekrosezone&f=false>
- Hartmann, B., & Ottomann, C. (24. Januar 2010). Flüssigkeits-, Schmerz- und chirurgische Therapie des Verbrennungstraumas in den ersten Stunden nach Klinikaufnahme. *Notfall Rettungsmed*(13), S. 11-16.
- Krämer, P., Grützner, P., & Wöfl, C. (6. Januar 2010). Versorgung des Brandverletzten; Standardisiertes präklinisches Management. *Notfall Rettungsmed*(13), S. 23-30.
- Lehnhardt, M., Hartmann, B., & Reichert, B. (Hrsg.). (2016). *Verbrennungschirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Menche, D. M. (Hrsg.). (2007). *Biologie Anatomie Physiologie*. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag.
- Sander, F., & Hartmann, B. (11. September 2015). Akut- und Erstversorgung von Brandverletzten. *Notfall Rettungsmed*(18), S. 529 -543.
- Schmiedel, D. (20. Oktober 2017). *Dr. Schmiedel*. Abgerufen am 15. April 2018 von <https://www.dr-schmiedel.de/entzuendungen-im-koerper/>
- Sorg, H., Vogt, P. M., & Spies, M. (n.d.). *Thieme eRef*. Abgerufen am 15. April 2018 von https://eref.thieme.de/ebooks/717870#/ebook_717870_SL21381684
- SpringerLink*. (April 2015). Abgerufen am 30. März 2018 von https://media.springernature.com/lw785/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs00104-014-2919-3/MediaObjects/104_2014_2919_Fig5_HTML.jpg

Trupkovic, T., & Giessler, G. (22. August 2008). Das Verbrennungstrauma; Teil 1: Pathophysiologie, präklinische Versorgung und Schockraummanagement. *Der Anaesthetist*(57), S. 898-907.

Wehrmedizin und Wehrpharmazie. (1.. Oktober 2012). Abgerufen am 31. März 2018 von <http://www.wehrmed.de/article/2151-verbrennungsmedizin-im-einsatz-stabilisierung-konsolidierung-transport.html>

Wikipedia. (23. April 2018). Abgerufen am 28. April 2018 von [https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung_\(Biochemie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Denaturierung_(Biochemie))

Wikipedia. (17. April 2018). Abgerufen am 28. April 2018 von [https://de.wikipedia.org/wiki/Dissoziation_\(Psychologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Dissoziation_(Psychologie))

7. Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1 (Schmiedel, 2017)..... | 1 |
| Abbildung 2 (Therapie von Brandverletzungen, 2015)..... | 9 |
| Abbildung 3 (Sorg, Vogt, & Spies, n.d.) | 9 |
| Abbildung 4 (Verbrennungszonen, n.d.) | 12 |

8. Tabellenverzeichnis

| | |
|---|---|
| Tabelle 1 (Brandverletzten-Ratgeber, 2018)..... | 8 |
|---|---|

9. Erklärung zur Diplomarbeit

Ich bestätige,

dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.

dass alle wörtlichen Zitate als solche gekennzeichnet sind.

dass ich die Bereichsleitung Weiterbildung vorgängig informiere, wenn die Arbeit als Ganzes oder Teile davon veröffentlicht werden.

Ich nehme zur Kenntnis, dass das Bildungszentrum Xund über die Aufnahme der Diplomarbeit in der Bibliothek, einer Aufschaltung auf der Homepage des Bildungszentrums Xund oder auf Homepages von Fachgesellschaften entscheidet. Sie kann ebenso zu Schulungszwecken für den Unterricht in den NDS Studien AIN verwendet werden.

Ort und Datum:

Vorname, Name:

Unterschrift:

1.8.2017