

Weiterbildung Wundmanagement

Thesepapier

„Kaltplasmatherapie – Eine Innovation für die Zukunft?“

Kann mit Hilfe der Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet die Wundheilung bei chronischen Wunden beschleunigt werden?

Schule für Gesundheits- und Krankenpflege
des Ausbildungszentrums West
Innsbruck

Betreuer:
Oliver Kapferer, BScN

Vorgelegt von
DGKP Patrick Reich

Innsbruck/Landeck, Mai 2023

Vorwort

Mein Interesse, mich mit diesem Thema zu beschäftigen, erwachte schon sehr früh. Bereits vor meiner Weiterbildung zum „Wundmanagement“ im Ausbildungszentrum West für Gesundheitsberufe in Innsbruck (AZW) betreute ich die Großmutter meiner Freundin, welche an einer chronischen Wunde litt. Dadurch, dass die Wunde immer größer und größer wurde und mein Fachwissen im Bereich Wundmanagement durch meine Diplomgrundausbildung nicht ausreichend war, suchten wir professionelle Hilfe im „Wound Care Connection“ in Absam. Dort begegnete ich der Thematik „Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet“ das erste Mal. In meinen weiteren Praktika im „Wound Care Connection“ in Absam während meiner Ausbildung zum Wundmanager wurde ich immer wieder mit diesem Thema konfrontiert. Durch eine chronische Wunde werden die Menschen vor neue Lebenssituationen gestellt, was für viele große Ängste, Hoffnungslosigkeit und Sorge aber auch hohe Behandlungskosten und hohen Zeitaufwand bedeutet. Durch Gespräche mit diversen Wundmanagern wurde mein Einblick in die Problematik immer tiefer, was mich immer neugieriger machte.

Ich möchte mich besonders bei all jenen bedanken, die mir beim Erstellen der Literatuarbeit zur Seite gestanden haben. Besonderer Dank gilt meinem Betreuer Oliver Kapferer BScN, der mich mit wichtigen Tipps und formalen Kriterien unterstützt hat. Außerdem möchte ich mich bei Frau Marianne Hintner bedanken, welche mich mit wichtigen Informationen zu diesem Thema unterstützt hat. Letztendlich möchte ich mich noch bei meinen liebevollen Eltern und meiner Freundin bedanken.

Landeck, am 10. April 2023

Patrick Reich

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemdarstellung	2
1.2	These	3
1.3	Ziel.....	3
1.4	Literaturrecherche	3
2	Begriffsdefinitionen.....	5
2.1	Wunde	5
2.2	Chronische Wunde.....	5
2.3	Wundheilungsphasen.....	5
2.4	Was ist Plasma?.....	6
3	Kaltplasmabehandlung.....	8
3.1	Physikalisches Plasma in der Medizin	8
3.2	Wirkprinzip.....	9
3.3	Klinische Wirksamkeit	12
3.4	Indikationsgebiet von Kaltplasma.....	14
3.4.1	Weitere Indikationsgebiete.....	15
3.5	Durchführung der Kaltplasmabehandlung.....	16
3.5.1	Unerwünschte Nebenwirkungen	17
3.5.2	Obliegt die Kaltplasmatherapie einer ärztlichen Verordnung?	17
4	Kaltplasmagerät mittels Plasmajet kINPen MED® von neoplas med.....	18
4.1	Das Plasmagerät kINPen MED®	18
5	Chronische Wunden mit Kaltplasmajet Behandlung versus modernes Wundmanagement.....	20
6	Diskussion/Resümee	25

6.1	Beantwortung der These	25
6.2	Erkenntnisse.....	26
6.3	Ausblick in die Zukunft	27
7	Literaturverzeichnis	28

1 Einleitung

Angehörige des gehobenen Dienstes für Gesundheits- und Krankenpflege begegnen der Thematik der chronischen Wunden tagtäglich. Viele der Patienten weisen einige Komorbiditäten auf, was meist die Ursache von diversen chronischen Erkrankungen ist. Täglich wird sichtbar, wie viele Menschen an einer chronischen Wunde leiden und wie lange es oft braucht, bis eine solche Wunde abheilt (Strohal et al., 2022). Dadurch stellen sich folgende Fragen: Gibt es irgendwelche innovativen Maßnahmen für eine schnellere Wundversorgung? Können dadurch die Kosten gesenkt werden? Kann die Lebensqualität der Betroffenen gesteigert werden?

Die Antwort darauf geben die folgenden Zahlen und sie sprechen für sich, wie dringend innovative Maßnahmen gefunden werden müssen, um die Wundheilungsdauer zu verkürzen. Eine Maßnahme, die dafür geeignet scheint, ist die Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet. Das ist das Thema, mit der sich diese Arbeit beschäftigt (AWMF, 2022).

Zirka 5% der Allgemeinbevölkerung in den Industrieländern sind von einer chronischen Wunde betroffen. Zu den häufigsten chronischen Wunden zählen das diabetische Fußgeschwür, venöse Beingeschwüre, Wunden im Zusammenhang mit der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK) und Druckgeschwüre, sogenannte Dekubitus. Für die Entstehung solcher Erkrankungen sind vor allem ältere Menschen (Menschen über 65 Jahre) betroffen. Durch den demografischen Wandel der Bevölkerung ist in Zukunft mit einer zunehmenden Inzidenz zu rechnen (Strohal et al., 2022). Der Sektor der Wundversorgung zählt zu den größten Märkten im Gesundheitssystem weltweit, sprich 10,4 Mrd. USD (Hasarmi, 2021). Laut Statistik Austria (2022) gibt es zirka 1,7 Millionen Menschen über 65 Jahre in Österreich. Im Jahr 2030 hingegen werden fast 2,2 Millionen über 65-jährige gezählt werden, was wiederum zur Folge hat, dass auch die Zahl der chronischen Wunden im Laufe der Jahre zunehmen wird.

In Österreich leiden etwa 200.000 - 300.000 Menschen an einer chronischen Wunde. In der Europäischen Union (EU) hingegen liegt die Häufigkeit von chronischen Wunden bei 1,5 – 2 Millionen Menschen. Betrachtet man Amerika genauer, wird deutlich, dass zirka 2% der Gesamtbevölkerung unter einer chronischen Wunden leidet, was ungefähr 2,5 – 5,5 Millionen Menschen betrifft (Hasarmi, 2021).

1.1 Problemdarstellung

Chronische Wunden sind in der heutigen Gesellschaft zum Problem für Millionen von Menschen geworden. Das Behandlungsteam, welches Ärzte, Pfleger und Wundmanager umfasst, spielt in der Versorgung eine wesentliche Rolle. Doch nicht nur das therapeutische Team, sondern auch die Patientenadhärenz hat eine große Bedeutung in der Versorgung (Kammerlander et al., 2012). Die Betroffenen leiden meist nicht nur unter körperlichen Beschwerden. Psychische und soziale Aspekte dürfen nicht außer Acht gelassen werden (Protz, 2012). Für die meisten der Patienten steht nicht die Wunde selbst und deren Wundheilung im Vordergrund, sondern viel mehr die unzähligen Herausforderungen, die dadurch entstehen (DNQP, 2015). Aspekte wie Schmerz, Juckreiz, Geruch, Exsudat, Aktivitätsminderung, eingeschränkte Kleiderwahl sowie Einschränkungen bei der täglichen Körperpflege, unter anderem beim Duschen oder Baden werden den Betroffenen dann schlagartig bewusst, und sie spüren wie ihre Lebensqualität durch eine chronische Wunde beeinträchtigt wird. Weiters entstehen berufliche und finanzielle Probleme, denn zwei bis dreimal pro Woche müssen Wundambulanzen für den Verbandswechsel aufgesucht werden, wodurch für soziale Kontakte wenig Zeit bleibt. In weiterer Folge zwingt diese Erkrankung viele in eine soziale Isolation (Protz, 2012).

Akute Wunden heilen meist unkompliziert ab, wenn der primäre Wundverschluss durchgeführt wird. Chronische Wunden hingegen heilen meist mit Komplikationen ab, da mindestens eine der drei Wundheilungsphasen gestört ist. Dies kann dann sogar bei sachgerechter Antisepsis und moderner Wundversorgung, sprich wundheilungsaktivierende Hilfsmittel und Methoden, passieren. Wunden heilen über Monate bis Jahre nicht ab. Allein in der westlichen Welt leiden Millionen

Menschen an den Folgen von chronischen Wunden. Dies hat nicht nur massive Auswirkungen auf die Betroffenen selbst, sondern auch auf die Angehörigen. Zudem wird das Gesundheitswesen vor große Herausforderungen gestellt. Trotz der stetigen Weiterentwicklung des modernen Wundmanagements und unterschiedlicher Therapiemöglichkeiten ist ein kompletter Verschluss einer bereits bestehenden chronischen Wunde nach wie vor eine große Herausforderung. Daher ist es wichtig, dass neue Methoden für eine einfachere und kostengünstigere Wundversorgung, welche auch leicht anzuwenden und trotzdem heilungsfördernd sind, zum Einsatz kommen. Moderne Wundbehandlungen erfordern großen Zeitaufwand und massive Kosten, was durch kaltes Atmosphärendruckplasma (KAP) mit seiner vielseitigen Wirksamkeit reduziert werden kann (Emmert et al., 2020).

1.2 These

Aufgrund der oben genannten Problemdarstellung resultiert die nachfolgende These. „Die Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet kann die Wundheilung bei chronischen Wunden nicht beschleunigen“.

1.3 Ziel

Da das Gesundheitssystem sowie die Betroffenen selbst immer mehr vor große Herausforderungen gestellt werden und die Behandlungskosten für Verbandsstoffe sowie der Zeitaufwand für den Verbandwechsel ein großes Thema sind, ist es das Ziel dieser Arbeit herauszufinden, ob die Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet die Wundheilung bei chronischen Wunden beschleunigen kann.

1.4 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche hat das Ziel, verschiedene Veröffentlichungen zu finden, die das Thema Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet bei chronischen Wunden behandeln. Die elektronische Literaturrecherche wird in den Datenbanken CINAHL, und PubMed, in der Suchmaschine Google Scholar durchgeführt. Zusätzlich wurde eine AWMF-Leitlinie herangezogen. Als Suchbegriffe wird „Wunde“, „Kaltplasmatherapie“, „Auswirkungen auf Wundheilung“ und „Kaltplasma mittels Plasmajet“ in unterschiedlicher Kombination sowie in englischer und deutscher

Sprache verwendet. Zur verfeinerten Suche wurden die Suchbegriffe mit den Bool'schen Operatoren UND/AND verknüpft. Eingeschränkt wurde die Suche durch den Zeitraum von 2012 - 2022. Einzelne Studien können in mehreren Datenbanken gefunden werden. Beim Screening der Literatur erkennt der Autor dieser Arbeit, dass zur weiteren Klärung der Thematik weitere Forschungsfragen und eine erneute Literaturrecherche notwendig sind, um das Thema zu vertiefen. Als Suchbegriffe werden „Kaltplasmatherapie bei chronischen Wunden“ verwendet. Die Suche wird erneut in den gleichen Datenbanken durchgeführt und erweitert.

Die Genderformulierung wird wegen der schlechten Lesbarkeit nicht verwendet. Stattdessen wird die männliche Schreibweise aufgrund der besseren Verständlichkeit gewählt.

2 Begriffsdefinitionen

In diesem Abschnitt werden für das Verständnis der Projektarbeit relevante Begriffe genau definiert.

2.1 Wunde

Eine einheitliche Definition von Wunden gibt es nicht. Laut Dissemond et al. (2020, S. 1) wird eine Wunde folgendermaßen zitiert: „Als Wunde wird der Barriereverlust zwischen dem Körper und der Umgebung durch Zerstörung von Gewebe an äußeren oder inneren Körperoberflächen bezeichnet“.

2.2 Chronische Wunde

Auch bei der Definition von chronischen Wunden werden wiederum unzählige Definitionen zitiert. Dissemond et al. (2020, S. 1) beschreibt eine chronische Wunde folgendermaßen: „Eine Wunde die nach acht Wochen nicht abgeheilt ist, wird als chronisch bezeichnet. Unabhängig von dieser zeitlich orientierten Definition, gibt es Wunden, die von Beginn an als chronisch anzusehen sind, da Ihre Behandlung eine Therapie der weiterhin bestehenden Ursache erfordert. Hierzu gehören beispielsweise das diabetische Fußulcus, Wunden bei paVK, Ulcus cruris venosum oder Dekubitus“.

2.3 Wundheilungsphasen

Der Prozess der Wundheilung ist ein komplexer, biologischer Vorgang, welcher für die Wiederherstellung von zerstörter/verletzter Haut in Funktion und Struktur dient. Die drei eigentlichen Phasen der Wundheilung laufen unterschiedlich lange ab, können parallel zueinander ablaufen oder sich auch überschneiden. Das Ziel der Wundheilung ist die Beseitigung der Wunde. Der Wundheilungsprozess beginnt bereits wenige Minuten nach einer Verletzung. Zu aller erst kommt es zu einer Gefäßreaktion des Körpers und die Blutgerinnung setzt ein. Es kommt zu starker Blutung, da Fremdkörper oder zerstörtes Gewebe aus der Wunde gespült werden. Danach werden die Gefäße eng gestellt (Vasokonstriktion), damit größere Blutmengen vermieden werden können. Blutplättchen, die sogenannten

Thrombozyten, wandern an den Ort der Verletzung und verdichten sich, eine Art Pfropf entsteht. Das zerstörte Leck wird innerhalb von fünf bis zehn Minuten abgedichtet und ein Fibrinnetz wird gebildet. Nach dieser Gefäßreaktion startet die eigentliche Wundheilung mit ihren drei Phasen, welche vereinfacht dargestellt werden:

1. **Exsudations- oder Reinigungsphase** in der die eigentliche Reinigung der Wunde stattfindet (zirka 1-3 Tage)
2. **Granulations- oder Proliferationsphase**, welche für die Entstehung von Granulationsgewebe dient (zirka 2 - 14 Tage)
3. **Epithelisierungs- oder Regenerationsphase** zur Ausreifung und Epithelisierung (zirka 4-21 Tage)
 - a. **Maturationsphase** gehört zur Epithelisierungsphase und bedeutet nichts anderes wie Narbenreifung (zirka 3 Wochen bis 2 Jahre)

Sobald alle 3 Phasen ohne Probleme durchlaufen sind, spricht man von einer primären Wundheilung. Kommt jedoch in irgendeiner Phase eine Wundheilungsstörung, wie zum Beispiel eine Infektion vor, ist nur noch die sekundäre Wundheilung möglich (Hintner, o.J.).

2.4 Was ist Plasma?

Physikalisches Plasma wird als der vierte Aggregatzustand von Materie nach Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen, siehe Abbildung 1 angesehen. Plasma hat die höchste Energiedichte. Um dies mit einem Beispiel zu verdeutlichen, kann man an Hand von Wasser sehen, dass Eis zuerst fest ist. Wird Energie zugeführt, schmilzt es und wird zu Wasser. Wird wiederum Energie zugeführt, wird die Flüssigkeit zu einem Gas, es entsteht Wasserdampf. Durch erneutes Zuführen von Energie wird Wasserdampf zu einem ionisierenden Gas, was verdeutlicht, dass Plasma also Gas in einem angeregten Zustand ist (neoplas med, 23.03.2023).

Plasma ist der 4. Aggregatzustand

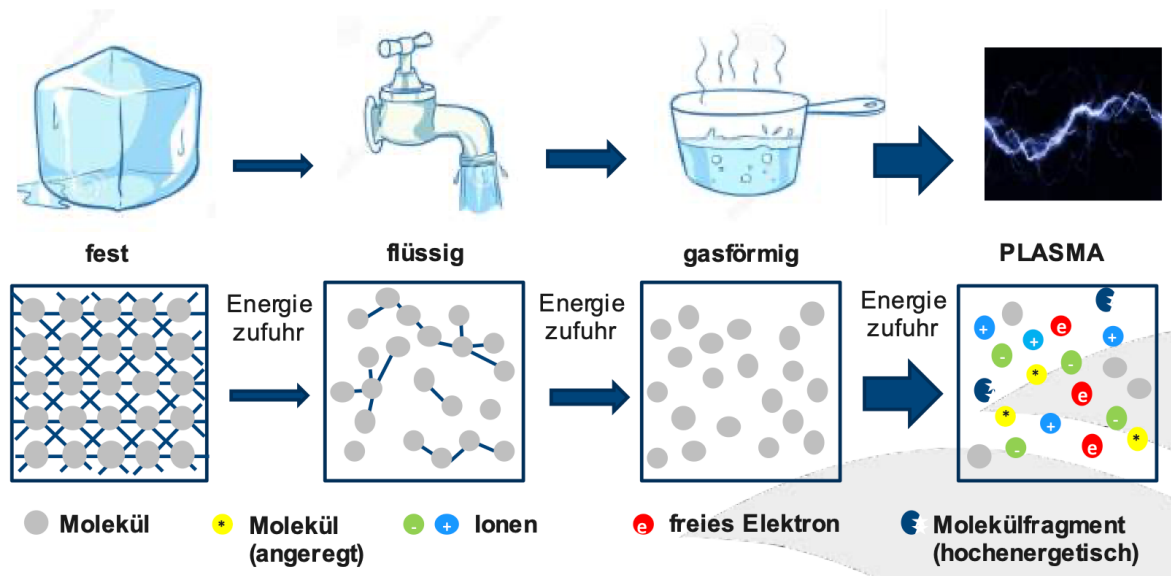


Abb. 1: Was ist Plasma? (neoplas med, 23.03.2023)

Alles was der Mensch im Weltall mit freiem Auge sehen kann, besteht zu 99% aus Plasma, wie zum Beispiel Nordlichter, Blitze aber auch Sonnenwinde. Diese gehören zur Gruppe der natürlichen Plasmen. Hingegen werden Energiesparlampen oder auch Plasmafernseher, welche heutzutage aufgrund der Weiterentwicklung der Technik und aufgrund von Nachhaltigkeit kaum mehr verwendet werden, zum technischen Gebrauch von Plasma gezählt (neoplas med, 23.03.2023).

3 Kaltplasmabehandlung

Im nachfolgenden Kapitel wird genauer auf die Kaltplasmatherapie und unterschiedliche Wunden mit und ohne Kaltplasmabehandlung eingegangen.

3.1 Physikalisches Plasma in der Medizin

Physikalisches Plasma wird schon länger in der Medizin angewendet. Es kann in thermische (heiße) und nichtthermische (kalte) Plasmen eingeteilt werden. In der Industrie ist Plasma schon seit Jahrzehnten in Anwendung. Dort kommen sie beispielsweise bei Oberflächenbehandlungen oder zum Schneiden von unterschiedlichsten Materialien vor. In der Medizin hingegen werden sie erst seit zirka 20 Jahren angewendet. Hauptsächlich werden sie bei der endoskopischen Stillung von inneren Blutungen während operativen Eingriffen eingesetzt. Außerdem werden sie bei Leberresektionen, Polypektomien, Entfernung von Tumoren aus der Blase, Warzenbehandlungen oder Eingriffe bei vergrößerten Nasenmuscheln verwendet. Dadurch, dass diese Art von Plasmen extrem hohe Temperaturen bis zu 70 Grad Celsius erreichen können, finden sie keine Anwendung bei lebenden Zellen und jeglicher Art von Geweben (Emmert et al., 2020).

Für solche Behandlungen werden nichtthermische, sogenannte kalte Plasmen verwendet, welche bei der direkten Anwendung am menschlichen Körper deutlich niedrigere Temperaturen erreichen. Ungefähr bei Körpertemperatur, sprich zirka 40 Grad Celsius, kann das Plasma auf der Wunde appliziert werden. Bei diesen Temperaturbereichen wird vom kalten Atmosphärendruckplasma gesprochen. Weitere Bezeichnungen für Plasma im Bereich der Körpertemperatur sind cold atmospheric pressure plasma (CAP), kaltes Plasma, Kaltplasma, Nonthermal Plasma, Niedertemperaturplasma (NTP) (AWMF, 2022).

3.2 Wirkprinzip

Damit kaltes Atmosphärendruckplasma überhaupt in seiner Komplexität funktionieren kann, müssen verschiedene Wirkkomponenten zusammenspielen. Wie man in Abbildung 2 sehen kann, setzen sich diese Bestandteile nach dem aktuellen Forschungsstand aus reaktive Stickstoff- und Sauerstoffspezies (RNS, ROS), ultraviolette (UV) Strahlung und elektromagnetische Felder auseinander und werden in unterschiedlichen Plasmaquellen vielerlei wirksam (AWMF, 2022).

Reaktive Sauerstoffspezies, kurz auch ROS genannt, setzt sich aus dem Englischen zusammen und bedeutet reactive oxygen species. Zudem sind sie auch unter dem Namen „Sauerstoffradikale“ oder „oxidativer Stress“ (Störung im Organismus durch freie Radikale) bekannt und sind nichts anderes als unvollständige Moleküle, welche Sauerstoff enthalten. Diese Moleküle zählen jedoch zu den schädlichen Formen des Sauerstoffs und sind bei diversen Erkrankungen und Alterungsprozessen von großer Bedeutung (Fiedler, 2018).

Die Bezeichnung reaktive Stickstoffspezies (RNS) kommt auch aus dem Englischen und bedeutet reactive nitrogen species. Diese Stickstoffverbindungen sind nicht nur bei physiologischen, sondern auch bei pathologischen Prozessen sehr wichtig. Sie treten meist in Wechselwirkung zu den reaktiven Sauerstoffspezies auf. Analog zu den ROS bewirken die RNS nitrosativen Stress, welcher bei Überproduktion von Stickstoffmonoxid (Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff) entsteht (Fiedler, 2019).

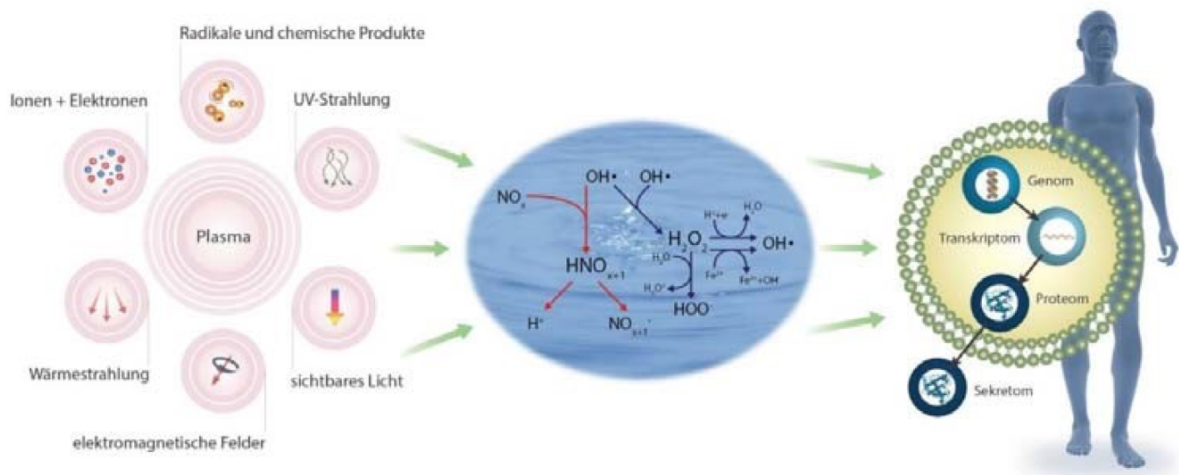


Abb. 2: Kaltes physikalisches Plasma in der Komplexität seiner Zusammensetzung („Plasmacocktail“) (AWMF, 2022)

Die Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG) definiert die Entstehung für ROS und RNS folgendermaßen.

„Reaktive Stickstoff- und Sauerstoffspezies (RNS, ROS) werden durch Einkopplung von elektrischer Energie in an sich biologisch nicht-wirksame Gase (Argon, Helium, Stickstoff, Sauerstoff, Luft und Gemische daraus), d.h. durch einen primär physikalischen Vorgang, sowie durch anschließende Wechselwirkung des generierten Plasmas mit angrenzenden Medien (atmosphärische Luft, Flüssigkeiten, Oberflächen) kurzzeitig und lokal gebildet“ (AWMF, 2022, S. 8).

Diese Stickstoff- und Sauerstoffspezies werden nicht nur bei einem physikalischen Prozess gebildet, sondern entstehen auch im menschlichen Körper bei normalen Stoffwechselfvorgängen. Diese können physiologisch aber auch pathologisch stattfinden und verschiedene Vorgänge dementsprechend lenken. Dadurch, dass diese Spezies auch physiologisch im Körper vorkommen, können sie auf dauerhaft erhöhte Konzentrationen von ROS und RNS mit unterschiedlichen Schutzmaßnahmen reagieren und ein Gleichgewicht wieder herstellen. Ansonsten entsteht dieser dauerhaft oxidative Stress, welcher zu gesundheitlichen Schäden führen kann. Dadurch, dass Kaltplasmabehandlungen nur kurzzeitig und lokal begrenzt stattfinden, kann davon ausgegangen werden, dass die Sauerstoff- und

Stickstoffspezies nicht geschädigt werden und das Nebenwirkungsrisiko dementsprechend gering ist. Zudem wurde in zahlreichen Langzeitstudien an Tieren erprobt, dass Kaltplasmabehandlungen keinen Einfluss auf das Erbgut von Säugetierzellen haben, daher nicht mutagen sind (AWMF, 2022).

Die zweite wichtige Komponente, damit kaltes Atmosphärendruckplasma überhaupt funktionieren kann, ist die ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung). Sie wird in der Medizin unter anderem in der Phototherapie (beispielweise in der Kinderheilkunde bei Gelbsucht), Photochemotherapie und aufgrund ihrer antiseptischen Wirkung in vielen Bereichen der Hygiene verwendet. UV-Strahlung wird im Personen- und Arbeitsschutz genau mit Grenzwerten definiert. Bei der Kaltplasmatherapie werden diese Werte deutlich unterschritten und sind daher ungefährlich (AWMF, 2022).

Der dritte Bestandteil, die sogenannten elektromagnetischen Felder und die daraus entstandenen Signale sind bei zahlreichen Heilungsvorgängen in unserem Organismus sehr wichtig. Sobald ein Individuum eine Verletzung erleidet, treten die elektromagnetischen Felder mit ihren Signalen in Kraft und leiten die Heilung ein. In der Medizin finden diese Anwendung beispielsweise bei der Elektrostimulation von Wunden als Reizstromtherapie, welche bereits seit vielen Jahren eingesetzt wird. Dabei reagiert der Körper auf die dabei entstehenden Signale und leitet sofort physiologische Reparaturvorgänge ein (AWMF, 2022).

Kombiniert man diese 3 Komponenten miteinander, entsteht ein sogenannter Plasmacocktail, welcher zusammen die medizinisch nutzbare Bioverfügbarkeit von kaltem Atmosphärendruckplasma ausmacht, obwohl einzelne Inhaltsstoffe eine spezifische und möglicherweise unterschiedliche Wichtigkeit haben.

Thermisch gesehen hat kaltes Plasma auf der Wunde keine klinisch erprobte Effizienz, da bei richtiger Einstellung und Applikation die Körpertemperatur nicht überschritten wird (AWMF, 2022).

3.3 Klinische Wirksamkeit

Nach derzeitigem Wissen kommen in der Medizin aktuell zwei Plasmaeffekte vor und finden dort Anwendung. Einerseits werden Mikroorganismen inaktiviert, das betrifft vor allem multiresistente Keime und andererseits wird die Zellproliferation und die Mikrozirkulation angeregt, wie in Abbildung 3 ersichtlich. Im weiteren Prozess führt dies zu einer Regeneration von zuvor beschädigtem Gewebe (AWMF, 2022). Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, muss ein spezieller Plasmacocktail zusammenspielen und seine komplexe Mischung entfalten. Die Sauerstoff- und Stickstoffspezies, UV- Strahlung und elektromagnetischen Felder müssen synergistisch auf das zu versorgende Gewebe wirken und seine biologischen Eigenschaften ausrollen (Emmert et al., 2020).

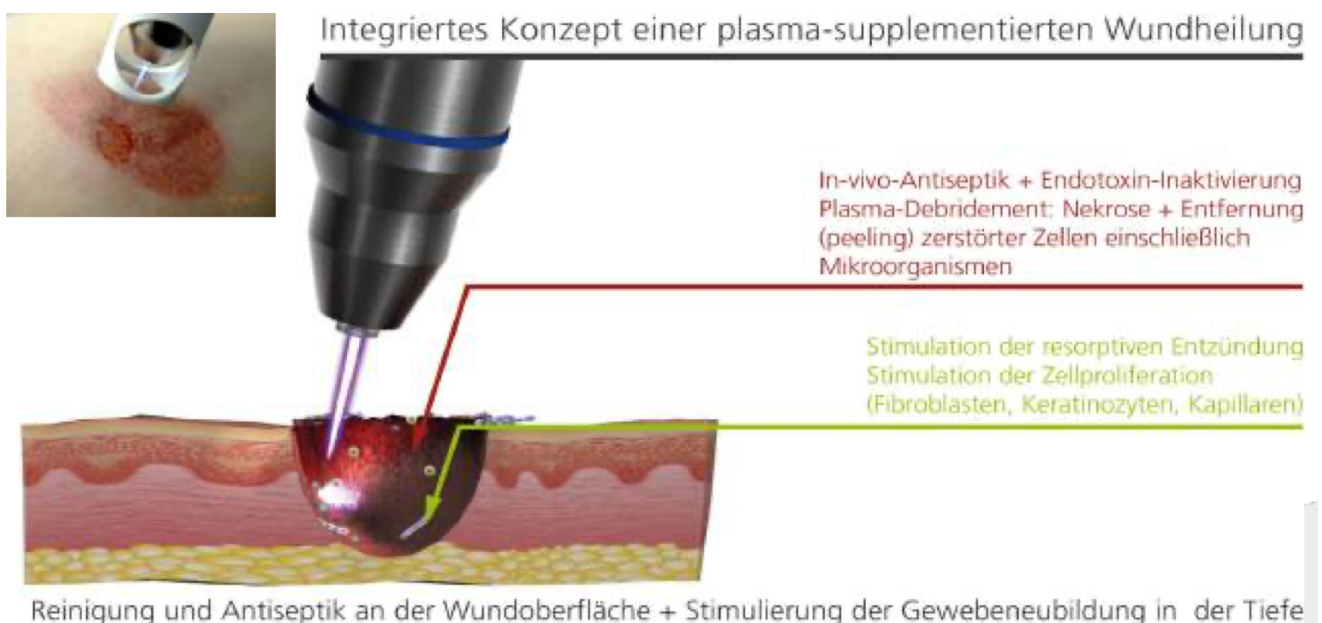


Abb. 3: Konzept der plasmaunterstützten Wundheilung (PMS Akademie, 2014)

Anhand der nächsten zwei Behandlungsbeispiele kann verdeutlicht werden, welche klinische Wirksamkeit kaltes Atmosphärendruckplasma hat und wie effizient deren Anwendung ist. Im Abschnitt 5 wird anhand von einer Studie zusätzlich die positive Wirksamkeit von Kaltplasma veranschaulicht.



Abb. 4: Chronische und infizierte Wunde (AWMF, 2022)

Wie in Abbildung 4, im linken Bild sichtbar, handelt es sich um eine mit resistenten Erregern benetzte Wunde, welche nach einer Operation entstanden ist. Dabei traten postoperative Komplikationen auf und wurden anfänglich mit phasengerechten Verbandstoffen versorgt. Zunehmend kam die Wunde zum Stillstand und stagnierte. Zusätzlich zur leitliniengerechten Therapie wurde mit Kaltplasma gestartet. Der Abheilungsprozess wurde wieder aktiviert und die Wunde machte von Tag zu Tag Fortschritte. Nach zirka 2 Monaten, wie in Abbildung 4 im rechten Bild sichtbar, kam es zur Dekontamination. Die Wunde war frei von Erregern und führte allmählich zur Reepithelialisation (AWMF, 2022).



Abb. 5: Ulzerierte und anaerob kontaminierte Halslymphknoten-Metastase eines Mundhöhlenkarzinoms (AWMF, 2022)

Im nächsten Beispiel, siehe Abbildung 5, handelt es sich um einen Patienten mit einem Mundhöhlenkarzinom bei bereits ulzerierten Lymphknotenmetastasen. Der Patient lebte zuhause und wurde palliativ versorgt. Der Tumor hatte aufgrund des nekrotischen Gewebes einen unangenehmen Geruch. Auch bei diesem Beispiel wurde zusätzlich zur palliativen Versorgung mit Kaltplasma gearbeitet und nach 4 Monaten eine Dekontamination beobachtet. Die Behandlung mit Plasma beseitigte auch für einige Zeit den strengen Geruch, milderte die Schmerzen und sorgte vorübergehend für eine Tumorremission, wie rechts in Abbildung 5 ersichtlich (AWMF, 2022).

3.4 Indikationsgebiet von Kaltplasma

Das kalte Atmosphärendruckplasma wird vor allem bei der Behandlung von schlecht heilenden, sprich chronischen Wunden wie zum Beispiel beim Ulcus cruris (venosum, arteriosum, mixtum), Dekubital-Ulcera, aber auch beim diabetischen Fußulcus, verwendet (AWMF, 2022). Außerdem werden Hauterkrankungen, wie beispielsweise Acne vulgaris, Mykosen, Intertrigo, chronische Ekzeme oder Tinea pedis, welche von Erregern besiedelt sind, mit Kaltplasma behandelt (neoplas med, 23.03.2023). In der Studie von Emmert et al. (2020) wurde dort eine in vitro Untersuchung durchgeführt und nachgewiesen, dass Pilze, welche häufig in der Klinik vorkommen, mit CAP abgetötet werden konnten.

Der weitere Behandlungskreis des kalten Atmosphärendruckplasma umfasst zudem durch Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze, Sporen), vor allem durch multiresistente Keime infizierte Haut-, Schleimhaut-, Wund- und Tumoroberflächen (AWMF, 2022). Durch viele wissenschaftliche Studien wurde unter anderem noch bewiesen, dass Kaltplasmabehandlungen eine äußerst starke antibakterielle, antientzündliche und wundheilungsfördernde, sprich granulationsfördernde Wirkung haben (neoplas med, 23.03.2023). In der Studie von Emmert et al. (2020) wurde sogar bei einer einzelnen Behandlung eine zusätzlich juckreizstillende, proapoptische (den programmierten Zelltod auslösend) und durchblutungsfördernde Wirkung beobachtet. Lediglich eine 2-minütige Behandlung mit dem kalten Atmosphärendruckplasma erwies sich als sehr wirksam, da viele grampositive als auch gramnegative Bakterien wie Escherichia coli, A-Streptokokken, Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus (MRSA) und Pseudomonas aeruginosa vernichtet werden konnten.

Auch in der Tumorforschung werden dem cold atmospheric plasma positive und sehr wichtige Eigenschaften zugeschrieben. Dass Krebszellen abgetötet werden können, wurde bereits in vielen internationalen Studien untersucht, jedoch kann noch nicht von kurativen Behandlungen gesprochen werden. Dies setzt eine weitere intensive Forschung voraus, welche bereits in vollem Gange ist und nur noch eine Frage der Zeit ist, bis Studien dazu veröffentlicht werden (AWMF, 2022).

3.4.1 Weitere Indikationsgebiete

Vom Gebiet der Kaltplasmamedizin abzugrenzen, werden außerdem noch plasmabasierte Methoden in der Elektro- und Hochfrequenzchirurgie angewendet. Dabei werden thermische, sprich heiße Plasmen eingesetzt. Angewendet werden diese hochfrequenten Verfahren zum Beispiel bei der Koagulation, Versiegelung und Abtragung von krankhaften und störenden Gewebestrukturen. Diese Eingriffe können mit dem cold atmospheric pressure plasma nicht durchgeführt werden, da diese Verfahren nur bei lebenden Zellen und intakten Geweben angewendet werden (AWMF, 2022).

Ein weiteres Behandlungsverfahren, welches von der Kaltplasmatherapie abgegrenzt werden muss, sind Anwendungen zur Faltenbehandlung oder

Hautregeneration im kosmetischen Bereich. Dabei werden auch thermische Plasmen verwendet (AWMF, 2022).

3.5 Durchführung der Kaltplasmabehandlung

Bei der Kaltplasmabehandlung wird der Patient vorerst über die Therapie aufgeklärt. Eine ausführliche Patienteninformation ist das Grundelement jeder Therapie, um Ängste zu vermindern und die Lebensqualität und den Erfolg der Therapie zu verbessern. Inhaltliche Informationspunkte sind beispielsweise:

- keine Anwendung auf direkter Haut (berührungsfrei)
- kleine blaue Flamme -> die Temperatur des Plasmas übersteigt nicht 40 Grad
-> daher schmerzlos
- das Indikationsgebiet der Kaltplasmabehandlung
- die Anwendungsdauer
- mögliche Begleiterscheinungen (AWMF, 2022).

Vor jeder Kaltplasmabehandlung wird das vorhandene Wundsekret und der Biofilm entfernt. Auch nekrotische Wunden müssen behandelt werden. Die Wunde wird bestenfalls mit einer sterilen Kochsalzlösung (NaCl 0,9%) gereinigt, damit es falls die Reinigung mit einem Antiseptikum stattfindet, nicht zu ungewollten Wechselwirkungen kommt. Eine anschließende Trockenphase an das Debridement ist nicht sinnvoll, da Kaltplasma bei feuchten Wundverhältnissen besser wirksam ist (AWMF, 2022).

Bei der finalen Applikation von Kaltplasma mittels Plasmajet, am Beispiel an Hand des kINPen MED[®] von der Firma neoplas med, wird das erzeugte Gas, welches durch eine hellblaue Flamme erkennbar ist, senkrecht mit einer angepassten Geschwindigkeit von zirka 5 mm/s über das zu behandelnde Wundgebiet gelenkt. Ein Abstandhalter verhindert, dass die nötige Distanz zum Wundareal eingehalten wird. Dieser kann und muss aus hygienischen Gründen austauschbar sein. Das Wirkungsspektrum des erzeugten Plasmas behandelt dabei eine Fläche von zirka 1 cm². Die Behandlungsdauer bestimmt auch die Intensität der Therapie. Das Prozedere dauert etwa 30-60 s/cm² Wundfläche. Laut Herstellerangaben kann die

Behandlung täglich bzw. alle 3 Tage durchgeführt werden, was jedoch an die Wundverhältnisse angepasst werden muss (neoplas med, 23.03.2023).

Nach der Kaltplasmabehandlung muss kein speziell auf das Kaltplasma verwendeter Verbandstoff appliziert werden. Das weitere Procedere richtet sich nach der Wundsituation, sprich moderne Wundversorgung. Die Kaltplasmatherapie wird nicht als einzige Behandlungsmethode angewendet, sondern dient rein als effektive Ergänzung zur modernen Wundversorgung (AWMF, 2022).

Zum Abschluss sollte eine Fotodokumentation durchgeführt werden, um bei weiteren Behandlungen Fortschritte oder etwaige Stagnierungen zu sehen. Falls die Wunde komplett epithelisiert ist, sind weitere Anwendungen mit dem kalten Atmosphärendruckplasma nicht mehr notwendig. Eine Erhaltungstherapie ist laut klinischen Studien nicht von Bedeutung. Bei palliativen Patienten hingegen wird je nach Intensität des Geruchs eine Kaltplasmabehandlung im weiteren Verfahren abgewogen (AWMF, 2022).

3.5.1 Unerwünschte Nebenwirkungen

Die Anwendung des cold atmospheric pressure plasma wird von den Patienten als sehr gut beschrieben. Die Patienten äußerten, dass die Behandlung einerseits Juckreiz stillt und Schmerzen lindert und andererseits einen kühlen Effekt aufweist. Daher, dass die Behandlung mit dem Plasmajet kontaktlos geschieht, wird das Verfahren als schmerzfrei beschrieben. Außerdem wurden bis dato noch keine Nebenwirkungen im klinischen Setting festgestellt (neoplas med, 23.03.2023). Auch in Bezug auf die Krebsentstehung und die Mutagenität sind keine Nebenwirkungen im Zusammenhang mit Kaltplasma beobachtet worden. Dies konnte auch in Tierversuchen oder bei in-vitro-Untersuchungen in den letzten 7 Jahren nicht nachgewiesen werden (AWMF, 2022).

3.5.2 Obliegt die Kaltplasmatherapie einer ärztlichen Verordnung?

Ja, die Kaltplasmabehandlung kann von einem Arzt an diplomiertes Gesundheits- und Krankenpflegepersonal delegiert werden. Diese qualifizierten Fachkräfte können die Anwendung wiederum an Pflegeassistentenberufe, welche auf dieses Gerät eingeschult sind, weiterverordnen (neoplas med, 23.03.2023).

4 Kaltplasmagerät mittels Plasmajet kINPen MED® von neoplas med

Im nachfolgenden Absatz wird genauer auf das Plasmagerät kINPEN med® von der Firma neoplas med eingegangen und an Hand von Abbildungen verdeutlicht.

4.1 Das Plasmagerät kINPen MED®

Dieses Plasmagerät, wie in Abbildung 6 sichtbar, besteht einerseits aus einem Grundgerüst und andererseits wird es noch von einem Handgerät fließend ergänzt, welches für die Plasmaerzeugung zuständig ist und aus diesem der Plasmastrahl austritt. Die Stromzufuhr erfolgt über ein Netzkabel direkt zum Grundgerät. Zudem wird für die Plasmaerzeugung eine externe Gasversorgung benötigt, welche über einen Gasschlauch verbunden wird. Dabei wird das Edelgas Argon (4.8 = Reinheit) verwendet. Die Gasflussrate beträgt ungefähr 5 ± 1 l/min. Dabei wird mit Hilfe eines Hochfrequenz-Generator kaltes Atmosphärendruckplasma erzeugt, welches schlussendlich als sogenanntes Effluent ($<40^{\circ}\text{C}$) entweicht (neoplas med, 23.03.2023)



Abb. 6: Das Plasmagerät kINPen MED® (Al-Haddad, 2021)

Der kINPen MED® gehört zu den ersten Plasmajets, welche als Medizinprodukt zur Behandlung von chronischen und/oder infizierten Wunden sowie bei anderen zahlreichen Hauterkrankungen in der Dermatologie, wie in Abschnitt 3.4 beschrieben, eingesetzt wird. Dieses Gerät ist CE-zertifiziert und das Ergebnis jahrelanger Forschung durch das Leibnitz Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifswald, durch die Universitätsmedizin Greifswald und die Charité Universitätsmedizin Berlin (neoplas med, 23.03.2023).

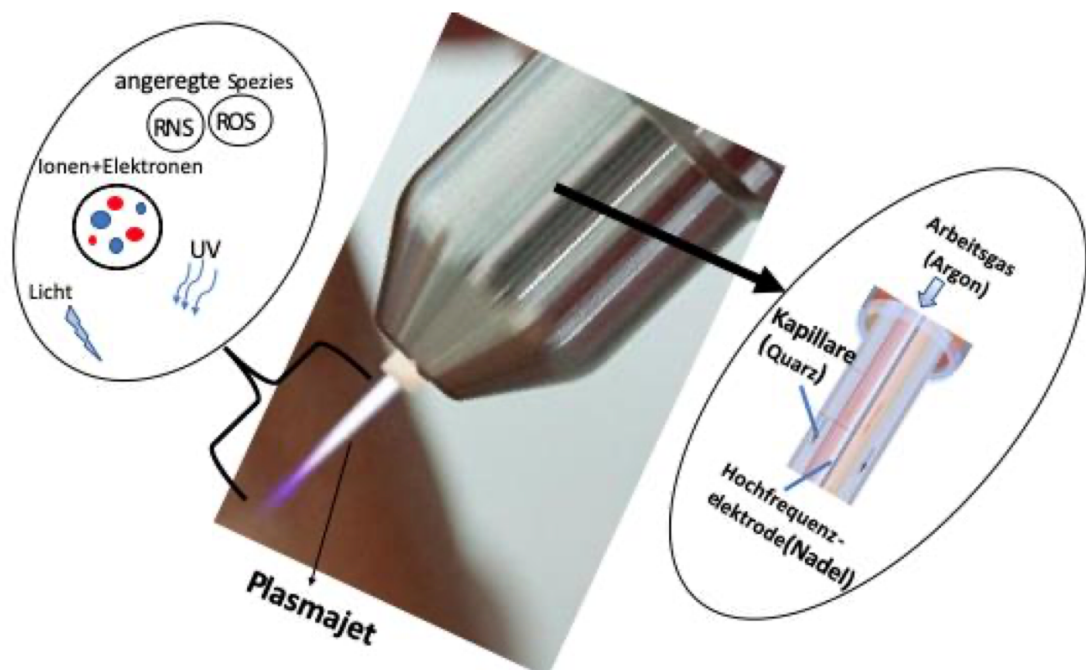


Abb. 7: Geometrie des Plasmageräts kINPen MED® (Al-Haddad, 2021)

Wie rechts in der Abbildung 7 sichtbar, wird das Edelgas Argon durch eine externe Gasflasche zugeführt und durch Energie im Hochfrequenz-Generator in Kaltplasma umgewandelt. Das Endprodukt ist schlussendlich der sichtbare, hellblaue Plasmastrahl bzw. Plasmajet, welcher an der Spitze des Handgerätes austritt. Dieses Effluent besteht aus dem hochkomplexen Plasmacocktail, welches sich aus den Wirkungskomponenten reaktive Stickstoff- und Sauerstoffspezies, UV-Strahlung und elektromagnetischen Felder mit Ionen und Elektronen auseinandersetzt (Al-Haddad, 2021).

5 Chronische Wunden mit Kaltplasmajet Behandlung versus modernes Wundmanagement

Im folgenden Abschnitt wird auf die randomisierte Studie von Strohal, R., Dietrich, S., Mittlböck, M. & Hämmerle, G. (2022) mit dem Titel „Chronic wounds treated with cold atmospheric plasmajet versus best practice (BP) wound dressings“ näher eingegangen.

Bei dieser quantitativen Studie von Strohal et al. (2022) wurden die Probanden, männlich und weiblich in 2 Interventionsgruppen nach dem Zufallsprinzip eingeteilt. Bei der 1. Interventionsgruppe wurden die Patienten mit chronischen Wunden mit einem modernen Kaltplasmajet (CAP-Jet) behandelt, hingegen bei der anderen Interventionsgruppe mit best practice (BP) Wundauflagen. Die Behandlungszeit betrug 6 Wochen (8 Visiten) und das durchschnittliche Alter lag bei 69 Jahren. Die Ätiologie der Wunden umfasste das venöse Fußulcus, durch die periphere arterielle Verschlusskrankheit bedingte Ulzera, gemischte Beingeschwüre, das diabetische Fußulcus und Druckulzera. Bei mehr als die Hälfte der Wunden lag eine Infektion vor. Bei der Gruppe mit Kaltplasmabehandlung waren Antiseptika nicht erlaubt, hingegen bei der Wundversorgung mit BP- Wundauflagen schon. Das Auftreten eines Ulcus dauerte im Median 3 Monate und die mediane (min. & max.) Wundfläche betrug 3,5cm² in der CAP-Jet-Gruppe und 3,8cm² in der best practice Gruppe.

Bei dieser Studie von Strohal et al. (2022) wurden folgende 9 Aspekte genauer untersucht und zwischen den 2 Interventionsgruppen verglichen:

1. Summe des Granulationsgewebes am Ende der Studie
2. Wundfläche
3. Infektionshäufigkeit
4. Zeit bis zur Heilung der Infektion
5. Senkung des Wund-pH-Wertes
6. Heilungsrate und Zeit bis zur vollständigen Heilung
7. Exsudat-Management

8. Behandlungsassoziiertes Empfinden
9. Sicherheitsbewertung

Summe des Granulationsgewebes am Ende der Studie. In beiden Behandlungsgruppen nahm der Prozentsatz (%) des Granulationsgewebes im Laufe der Zeit zu. Wie in Abbildung 8a sichtbar, erreichten die Wunden in der CAP-Jet Gruppe bereits bei Visite 5 (Tag 21) ein komplettes Granulationsgewebe, was einer fast vollständigen Heilung entspricht. Bei der BP- Gruppe hingegen deutlich langsamer. Am Ende der Studie, sprich Visite 8 wird anhand Abbildung 8b deutlich sichtbar, dass die Probanden in der CAP-Jet Gruppe 100% Granulationsgewebe erreichten, was einer kompletten Heilung entspricht, hingegen lag der Median der Studienteilnehmer in der BP-Gruppe bei ca. 90% (Stohal et al., 2022).

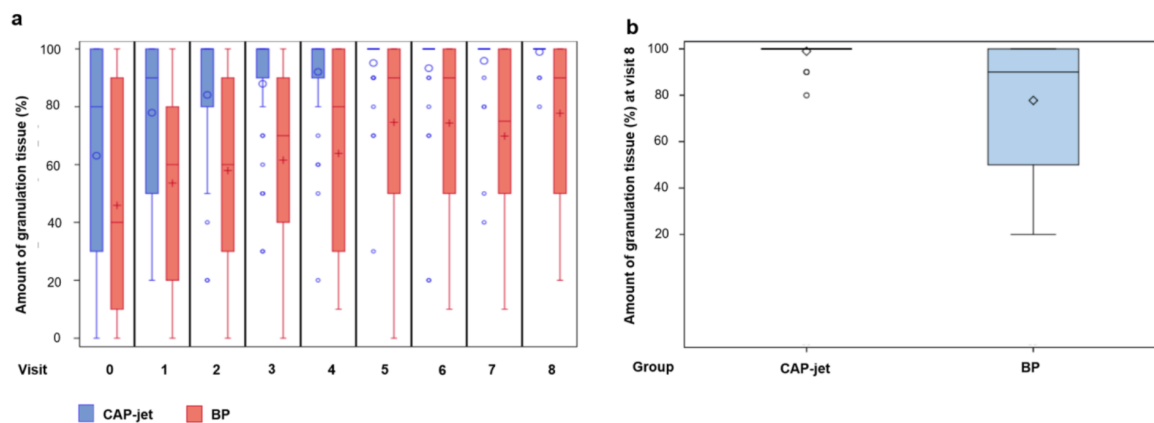


Abb. 8: Prozentsatz der Summe des Granulationsgewebes; (a) Dynamik (% des Granulationsgewebes, (b) Menge (%) des Granulationsgewebes am Ende der Studie (Stohal et al., 2022)

Wundfläche. Zu Studienbeginn war die Wundfläche zwischen den Behandlungsgruppen vergleichbar. Die relative Wundfläche von Visite 0 bis Visite 8 nahm in beiden Gruppen signifikant ab. Allerdings nahm die relative Wundfläche unter CAP-Jet-Therapie statistisch signifikant schneller ab als unter BP-Behandlung, siehe Abbildung 9 (Strohal et al., 2022).

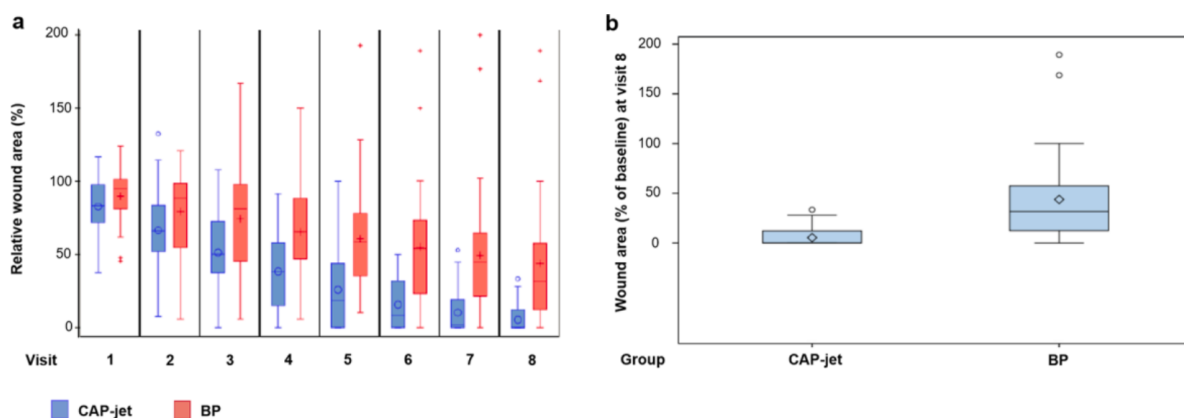


Abb. 9: (a) Relative Wundfläche in % vom Ausgangswert; (b) Verteilung der relativen Veränderung der Wundfläche (%) am Ende der Studie (Strohal et al., 2022)

Infektionshäufigkeit. Bei Studienbeginn hatten die Patienten in der CAP-Jet und BP-Gruppe infizierte Wunden. In beiden Behandlungsgruppen nahmen die Wundinfektionen von Visite 0-8 im Verlauf der Therapie statistisch signifikant ab. In der CAP-Jet Gruppe waren bis zum Ende der Studie fast alle registrierten infizierten Wunden abgeheilt, eine Infektion trat jedoch bei Visite 8 erneut auf. In der BP-Gruppe hingegen blieben 4 Infektionen bestehen (Strohal et al., 2022).

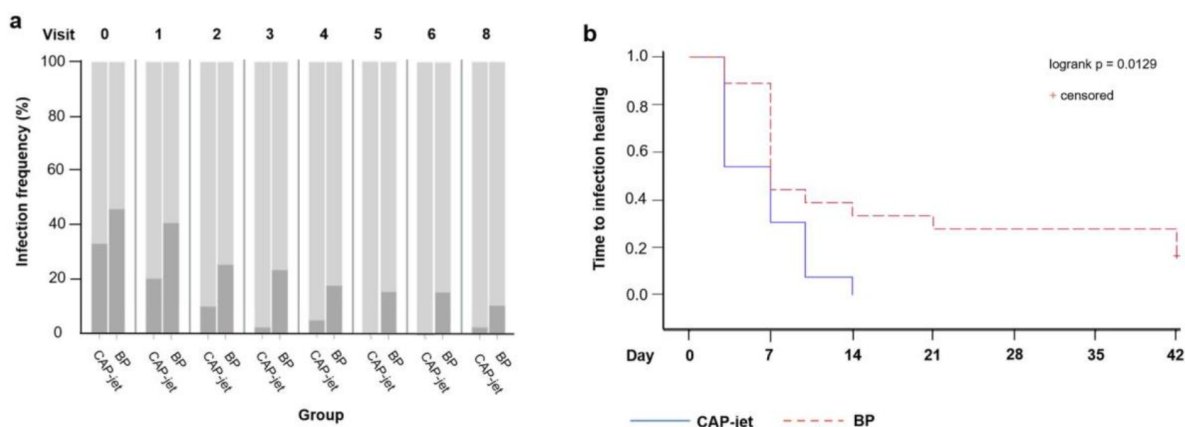


Abb. 10: (a) Häufigkeit von Infektionen; (b) Zeit bis zur Heilung der Infektion (Strohal et al., 2022)

Zeit bis zur Abheilung der Infektion. Es zeigt sich eine signifikant kürzere Zeit bis zum Abklingen der Infektion bei Patienten, die eine CAP-Jet-Behandlung erhielten. Bei Patienten, die eine BP-Behandlung hatten, wie in Abbildung 10b zu sehen ist, war die Zeit bis zur Heilung der Infektion deutlich länger (Strohal et al., 2022).

Senkung des Wund-pH-Wertes. Der Vergleich des Wund-pH-Wertes zu Beginn der Behandlung ergab vergleichbare Ergebnisse in beiden Behandlungsgruppen, zirka 10. Die Werte nahmen im Laufe der Zeit statistisch signifikant ab und erreichten am Ende der Studie in der CAP-Jet Gruppe einen pH-Wert von 7,9 und in der BP-Gruppe 8,7, wie Abbildung 11 deutlich zeigt. Allerdings sinkt der Wund-pH-Wert unter CAP-Jet Therapie signifikant schneller als unter BP, obwohl Daten von abgeheilten Wunden, die bei CAP-Jet Behandlung häufiger vorkamen, nicht in die Auswertung einfließen (Strohal et al., 2022).

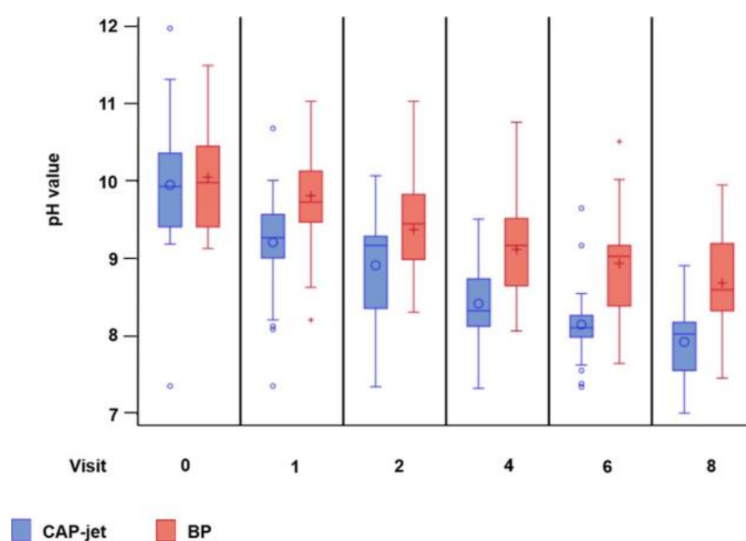


Abb. 11: Dynamik der pH-Werte vom Ausgangswert bis zum Ende der Studie bei Besuch 8 (Strohal et al., 2022)

Heilungsrate und Zeit bis zur vollständigen Heilung. Bei der CAP-Jet Behandlung waren die Wunden von 60% der Probanden am Ende der Studie verheilt, während nur 5% der Wunden von Patienten, die eine BP- Behandlung erhielten, geheilt waren. Die Zeit bis zur vollständigen Heilung war mit CAP-Jet signifikant kürzer als mit der BP-Therapie (Strohal et al., 2022).

Exsudat-Management. Bei Studienbeginn wiesen 3% der Wunden in der CAP-Jet Gruppe kein Exsudat auf, bei 18% wurde die Exsudatmenge als gering, bei 74% als mäßig und bei 5% als hoch eingestuft. In der BP-Gruppe war die Exsudatmenge bei den meisten Patienten gering (36%), mäßig (61%) und hoch (3%). Bis zum Ende der Studie verbesserte sich das Exsudatmanagement in beiden Gruppen. Bei den verbleibenden Patienten in der CAP-Jet Gruppe mit nicht geheilten Wunden waren die Exsudatmengen bei 60% bzw. 40% gering bzw. moderat. In der BP-Gruppe wiesen Patienten, die noch unter ihrer Wunde litten, deutlich mehr Exsudatmengen auf, wie Abbildung 12 darstellt (Strohal et al., 2022).

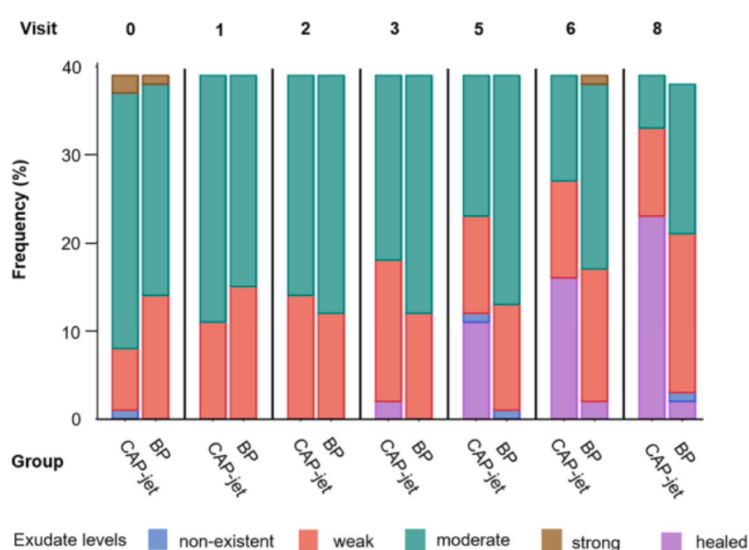


Abb. 12: Exsudatwerte im Zeitverlauf (Strohal et al., 2022)

Behandlungsassoziiertes Empfinden während der CAP-Behandlung. Während des Studienzeitraums wurden Befragungen zum Empfinden der Patienten während der Anwendung des kalten Plasmajets auf der Wunde ausgewertet. Ungefähr die Hälfte der Patienten beschrieb die CAP-Jet Behandlung sogar als angenehm. Die andere Hälfte als nicht spürbar (Strohal et al., 2022).

Sicherheitsbewertung: lokale Verträglichkeit und unerwünschte Ereignisse. Zur Bestimmung der lokalen Verträglichkeit wurde das Vorhandensein oder Fehlen von Erythemen, Mazerationen, Blasen und Exsudatstauungen beurteilt. Während in der CAP-Jet Gruppe keine der genannten Störungen auftrat, traten in der BP-Gruppe bei jeweils 3 Patienten Erytheme und Anzeichen einer Mazeration auf (Strohal et al., 2022).

6 Diskussion/Resümee

Im folgenden Abschnitt wird diese Literaturarbeit in Hinblick auf die These reflektiert und kritisch diskutiert.

6.1 Beantwortung der These

Die folgende These: „Die Kaltplasmatherapie mittels Plasmajet kann die Wundheilung bei chronischen Wunden nicht beschleunigen“ kann nach ausführlicher Recherche widerlegt werden.

Werden die Vorteile der Kaltplasmatherapie genauer untersucht wird deutlich, dass die Wundheilung gefördert wird, das kalte Atmosphärendruckplasma eine antibakterielle und antientzündliche Wirkung hat und multiresistente Erreger inaktiviert werden. Zudem ist es ein nicht invasives, schmerzloses Verfahren ohne vorherige Betäubung des zu behandelnden Gebietes. Die Kaltplasmabehandlung wird außerdem punktgenau angewendet und kann beispielsweise bei Vertiefungen und Kavitäten eingesetzt werden. Die Handhabung des Plasmajets setzt keine großen Kenntnisse voraus, sondern kann ganz einfach durch medizinisches Personal (Arzt an Pflegepersonen) angeleitet werden. Ein großer Pluspunkt der Kaltplasmabehandlung ist, dass durch die Therapie keine Resistenzen oder Nebenwirkungen entstehen (neoplas med, 23.03.2023).

Wie in der Studie von Strohal et al. (2022) in den Ergebnissen klar verdeutlicht wird, erzielt die Kaltplasmabehandlung mittels Plasmajet signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zu einem best practice (BP) Wundverband. Die Zunahme des Granulationsgewebes über die Zeit war statistisch signifikant schneller. Darüber hinaus nahm die relative Wundfläche mit der CAP-Jet Therapie im Zeitverlauf statistisch signifikant schneller ab als mit der BP-Behandlung. Eine statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zu BP wurde auch hinsichtlich der Zeit bis zur vollständigen Heilung erreicht. Wie bei der BP nahm auch unter der CAP-Jet Behandlung die Zahl der infizierten Wunde im Laufe der Zeit ab. Ein zusätzlicher Einsatz von Antiseptika war jedoch nicht erforderlich, während in der Kontrollgruppe trotz des Einsatzes von Antiseptika nicht alle Infektionen innerhalb der Studiendauer

beseitigt werden konnten. Wichtig ist, dass sich die Zeit bis zum Abklingen der Infektionen unter der Therapie mit der CAP-Jet Behandlung als statistisch signifikant kürzer erwies. Zudem führte die Therapie mit dem CAP-Jet auch zu einem günstigen Exsudatmanagement (keine Mazeration in der CAP-Jet Gruppe gegenüber Patienten in der BP -Gruppe) und einer schnelleren Neutralisierung des Wund-pH-Werts im Vergleich zur BP. Darüber hinaus war die Exsudatdynamik im Zeitverlauf bei der CAP-Jet Behandlung günstig. Die Senkung des pH-Wertes in chronischen Wunden von einem alkalischen zu einem neutralen Milieu ist die Voraussetzung für einen physiologischen Wundheilungsprozess. Der Wund-pH-Wert wirkt sich auf die bakterielle Besiedelung von Wunden aus, da bestimmte Krankheitserreger im physiologischen sauren Milieu von intaktem Gewebe nicht überleben können. In chronischen Wunden jedoch ermöglicht das überwiegend alkalische pH-Milieu das Wachstum von Erregern. Das durch den CAP-Jet verursachte Absinken des pH-Wertes wirkt sich positiv auf und führt zu einer Unterbrechung des Koloniewachstums.

Die S2k-Leitlinie (AWMF) von der deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie fasst viele unterschiedliche Studien in eine Leitlinie zusammen. In dieser wurden ebenfalls die gleichen Ergebnisse dargestellt, wie in der Studie von Strohal et al. (2022).

Zudem wurde in der S2k-Leitlinie veranschaulicht, dass die Behandlung mit Plasma auch für einige Zeit den strengen Geruch von Wunden reduziert, Schmerzen mildert und sogar für eine vorübergehende Tumorremission sorgt. Zudem wurde verdeutlicht, dass eine stagnierende und stark keimbesiedelte Wunde durch Kaltplasma wieder aktiviert wurde und schlussendlich zu einer kompletten Dekontamination führte (AWMF, 2022).

6.2 Erkenntnisse

Die Kaltplasmatherapie stellt eine hochwirksame und gut verträgliche Therapieoption dar, die in der Lage ist, eine effiziente und frühzeitige Wundheilung bei Wunden unabhängig von der Wundätiologie und dem Infektionsstatus zu induzieren. Basierend auf den Ergebnissen, dass die Zeit bis zur Wundheilung unter

der Kaltplasmatherapie verkürzt werden kann, eine zusätzliche antiseptische Behandlung nicht notwendig ist sowie die Kosten für den Einsatz eines CAP-Gerätes oft geringer sind als die Kosten für verschiedene Verbände und Verbandswechsel im Allgemeinen. Der CAP-Jet mit seinem feinen Strahl ermöglicht eine hochpräzise Behandlung in anatomisch und pathologisch anspruchsvollen Bereichen unter Sichtkontrolle und ohne Berührung, was für andere physikalische Behandlungsmethoden wie Unterdruck, Ultraschall- oder Lasertherapien nicht durchführbar ist. Zusammenfassend kann daher von einem medizinisch-ökonomischen Aspekt ausgegangen werden (Strohal et al., 2022).

6.3 Ausblick in die Zukunft

Da diesem Produkt sehr viele positive Eigenschaften zugeschrieben werden, ist es von großer Bedeutung, dass die Kosten von den Krankenkassen übernommen werden. Da die Handhabung von diesem Gerät sehr leicht ist, wäre es sehr einfach und schnell im medizinischen Bereich zu etablieren. Wichtig ist, dass medizinisches Personal sensibilisiert und geschult wird und Fortbildungen dazu abgehalten werden. Insgesamt wäre es wichtig, mehr Krankenanstalten sowie Altersheime davon zu überzeugen indem Aufklärungsarbeit zu dieser Thematik geleistet wird. Unterstützend würde auch wirken, vorerst Geräte für den mobilen Gebrauch zu implementieren, sodass die Institutionen Erfahrungen damit sammeln können, bevor sie die Anschaffungen tätigen.

7 Literaturverzeichnis

Al-Haddad, H. (2021). Wirkung von kaltem Atmosphärendruckplasma auf die menschliche Haut [*Dissertation, Universität Greifswald*]. OPUS – Online Publikationssystem der Universität Greifswald. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:9-opus-60295>

AWMF (2022). Rationaler therapeutischer Einsatz von kaltem physikalischem Plasma. Abgerufen am 17.01.2023, von https://register.awmf.org/assets/guidelines/007-107I_Rationaler-therapeutischer-Einsatz-von-kaltem-physikalischem-Plasma_2022-02.pdf

Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (Hrsg.). (2015). Expertenstandard „Pflege von Menschen mit chronischen Wunden – 1. Aktualisierung 2015“ Schriftenreihe des Deutschen Netzwerks für Qualitätsentwicklung in der Pflege. Osnabrück.

Dissemond, J., Bültemann, A., Gerber, V., Jäger, B., Münter, C., Kröger, K. (2020). Standards für die Diagnostik und Therapie chronischer Wunden. Herausgeber Initiative Chronische Wunden. Abgerufen am 17.01.2023, von https://www.icwunden.de/fileadmin/Fachinfos/Standards/Standards_2020_web.pdf

Emmert, S., Van Welzen, A., Masur, K., Gerling, T., Bekeschus, S., Eschenburg, C., Wahl, P., Bernhardt, T., Schäfer, M., Semmler, M. L., Grabow, N., Fischer, T., Thiem, A., Jung, O., & Boeckmann, L. (2020). Kaltes Atmosphärendruckplasma zur Behandlung akuter und chronischer Wunden. *Hautarzt* 71, 855-862. <https://doi.org/10.1007/s00105-020-04696-y>

Fiedler, H. (2018). Reaktive Sauerstoffspezies. In: Gressner, A., Arndt, T. (eds) *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik*. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49054-9_2630-1

Fiedler, H. (2019). Reaktive Stickstoffspezies. In: Gressner, A., Arndt, T. (eds) Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik. Springer Reference Medizin. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48986-4_2631

Hasarmi, D. (2021). Chronic wounds – Objective telemedicine and remote wound care 2.0. made in Austria. Abgerufen am 15.01.2023, von <https://www.scarletred.com/articles/chronic-wounds-objective-telemedicine-and-remote-wound-care-2-0-made-in-austria>

Hintner, M. (o. J.). Die Wundheilung. Unveröffentlichtes Manuskript. Weiterbildung Wundmanagement. AZW-Innsbruck.

Kammerlander, G., Dvorak, A., & Glaser, A. (2012). Chronische Wunde als Herausforderung- Wundmanagement. ProCare 17, 26-32. <https://doi.org/10.1007/s00735-012-0669-3>

Neoplas med GmbH (2021). Neue Möglichkeiten für ein effektives Wundmanagement. Abgerufen am 23.03.2023, von <https://neoplas-med.eu/wirkung/>

Protz, K. (2012). Pflegelexikon Lebensqualität – Wohlbefinden bei Patienten mit chronischen Wunden. Wundmanagement, 2012, 220-223.

Statistik Austria (2022). Bevölkerungsprognosen für Österreich und die Bundesländer. Abgerufen am 15.01.2023, von <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/demographische-prognosen/bevoelkerungsprognosen-fuer-oesterreich-und-die-bundeslaender>

Strohal, R., Dietrich, S., Mittlböck, M., & Hämmerle, G. (2022). Chronic wounds treated with cold atmospheric plasmajet versus best practice wound dressings: a multicenter, randomized, non-inferiority trial. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07333-x>

Eidesstattliche Erklärung und Einverständniserklärung

für die Publikation der vorher genannten Abschlussarbeit (Thesepapier)
einschließlich Foto- und Videomaterial

Ich erkläre, dass ich mein Thesepapier selbständig verfasst und alle in ihr verwendeten Unterlagen, Hilfsmittel und die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

Ich, als alleiniger Inhaber aller Rechte am genannten Werk und dem Verfügungsrecht über eventuell beiliegende selbst erstellte Abbildungen, Fotos, Graphiken, Tabellen, Filmmaterial, etc., räume dem Ausbildungszentrum West (AZW) das zeitlich unbegrenzte, unentgeltliche Recht ein, meine Abschlussarbeit (Thesepapier) den jeweiligen technischen Standards angepasst, elektronisch im Dateiformat „pdf“ ohne Kennwortschutz, zu archivieren und online im Internet einem unbestimmten Personenkreis unentgeltlich und zeitlich unbefristet zur Verfügung zu stellen.

Es ist mir bewusst, dass bei einer Datenmigration eine etwaige Änderung von Form, Umfang oder Darstellung des Werks aus technischen Gründen nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann und ich habe diesbezüglich keine Einwände.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiat-Erkennungssoftware) elektronisch überprüft wird. Zu diesem Zweck wird die vorne genannte Arbeit auf dem Server des Softwareanbieters gespeichert und zum Vergleich mit anderen Arbeiten herangezogen.

Ebenso nehme ich zur Kenntnis, dass auch bei auszugsweiser Veröffentlichung meiner Arbeit das Ausbildungszentrum West und die BetreuerInnen zu nennen sind. Dieses Einverständnis kann jederzeit, auch teilweise, widerrufen werden und gilt ansonsten zeitlich unbeschränkt.

Landeck, am 10.April 2023

Patrick REICH