plasma care®

Kaltplasmatherapie in der Wundbehandlung und Dermatologie

Wirkweise | Anwendung | Fallbeispiele | Forschungsergebnisse

Die Wirkung von plasma care® in einer Minute

Physikalisches Wirkprinzip

Keine Nebenwirkungen bekannt

Keine Resistenzen von Bakterien gegen kaltes Plasma

Beschleunigte Wundheilung

Förderung der Wundheilung

Inaktivierung von Bakterien, Pilzen und Viren

Normalisierung des pH-Werts

Mobiles Gerät

Handlich und akkubetrieben

Ohne Zusatz eines Trägergases

Sichere und einfache Anwendung, delegierbar

Breites Indikationsspektrum

Chronische und akute Wunden

Entzündliche Hauterkrankungen

Nagel- und Fußpilz

Expertenstimmen zu plasma care®

Dr. Nikolaus Scheper, Diabetologe, Marl

„In unserer diabetologischen Schwerpunktpraxis setze ich das plasma care® seit über einem Jahr beim diabetischen Fußsyndrom (DFS) und anderen problematischen Wunden ein. Ich bin überzeugt, dass Kaltplasma perspektivisch unbedingt zur Regelversorgung bei DFS gehören sollte."

Rahel Wyss, Wundexpertin, Fulenbach

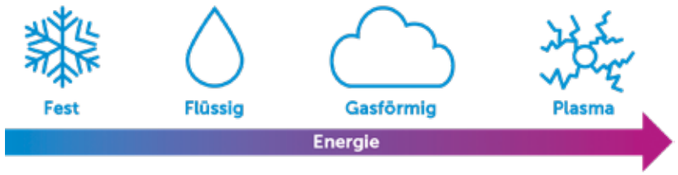
„Die Kaltplasmatherapie kann vom ersten Tag (Exudationsphase) bis zum letzten Tag (Epithelisierung/ Narbenbildung) angewendet werden. Die Anwendung ist sehr einfach, da das plasma care® sehr handlich und klein ist."

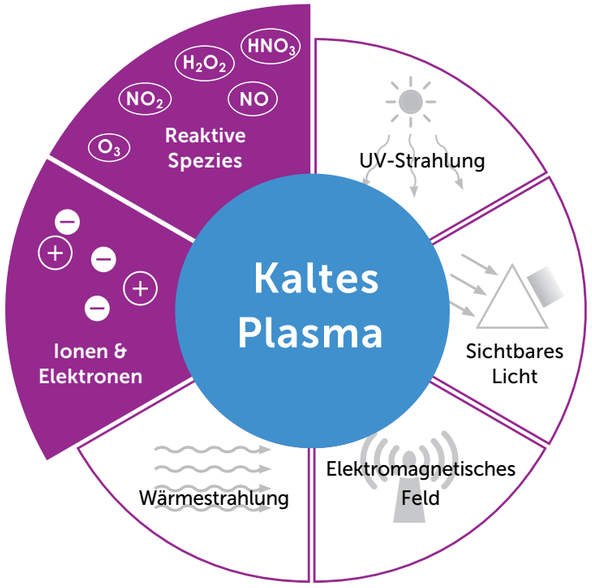
Kaltes atmosphärisches Plasma – der „Wunderstoff“ aus der Physik erobert die Medizin

Wenn Eis oder Wasser erhitzt werden – ihnen also Energie zugeführt wird – dann ändern sie ihren Aggregatzustand: Eis schmilzt und Wasser siedet.

Wird einem Gas Energie zugeführt, entsteht Plasma. Deshalb gilt Plasma in der Physik als der vierte Aggregatzustand, in dem ein Gas ganz oder teilweise ionisiert vorliegt.

Von kaltem atmosphärischem Plasma (CAP) spricht man, wenn sich die Temperatur bei der Bildung des Plasmas nur leicht erhöht und der auf der Erde herrschende Luftdruck genügt, um es herzustellen[1]. In der Wissenschaft hat sich auch der englische Begriff “non-invasive physical plasma” (NIPP) etabliert.





Komponenten von kaltem atmosphärischem Plasma

Auch das Gasgemisch der Luft kann durch die Zufuhr von Energie in Plasma umgewandelt werden. Dieses Plasma hat Eigenschaften, die in der Medizin zur Therapie von Patienten eingesetzt werden können.[2, 3]

Physikalisch besteht CAP aus freien Elektronen, Radikalen, Ionen und reaktiven Spezies, die aus der Luft erzeugt werden. Das bei Anwendung von plasma care® entstehende elektrische Feld ist miminal. Daher sind implantierte und externe Herzschrittmacher oder Defibrilatoren keine Kontraindikation. Auch die entstehende UV Strahlung ist minimal und liegt weit unter dem zulässigen Grenzwert.

Ionen & Elektronen	N^+, N_2^+, N_3^+, N_4^+, O^+, O_2^+, NO^+, NO_2^+, H^+, H_2^+, H_3^+, OH^+, H_2O^+, H_3O^+, e^-, O^-, O_2^-, O_3^-, O_4^-, NO^-, N_2O^-, NO_2^-, NO_3^-, H^-, OH
Reaktive Spezies	angeregtes N_2, angeregtes O, H, N, O, angeregtes O_2, O_3, NO, N_2O, NO_2, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5, H_2, OH, HO_2, H_2O_2, HNO, HNO_2, HNO_3
UV-Strahlung	Max. 0,00198 J/m² in 3 Minuten (Grenzwert = 30 J/m² am Tag)
Sichtbares Licht	Lila Schimmer
Wärmestrahlung	ΔT = circa 1 °C/Minute, immer $\leq$40 °C

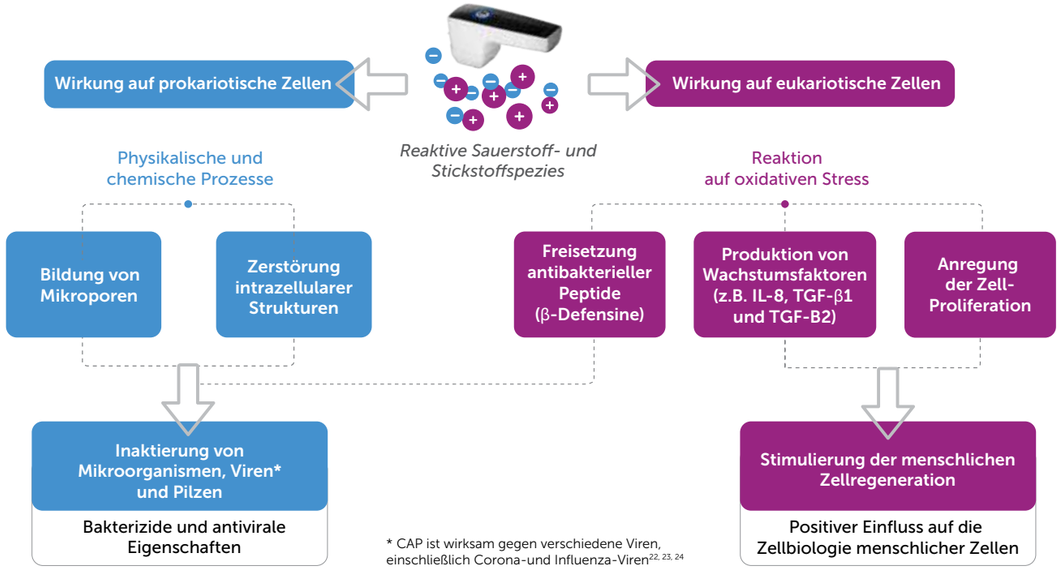
Plasmaquelle mit Gitter-Elektrode und aktivierte Plasmaquelle.

Der zweifache Wirkmechanismus von kaltem Plasma

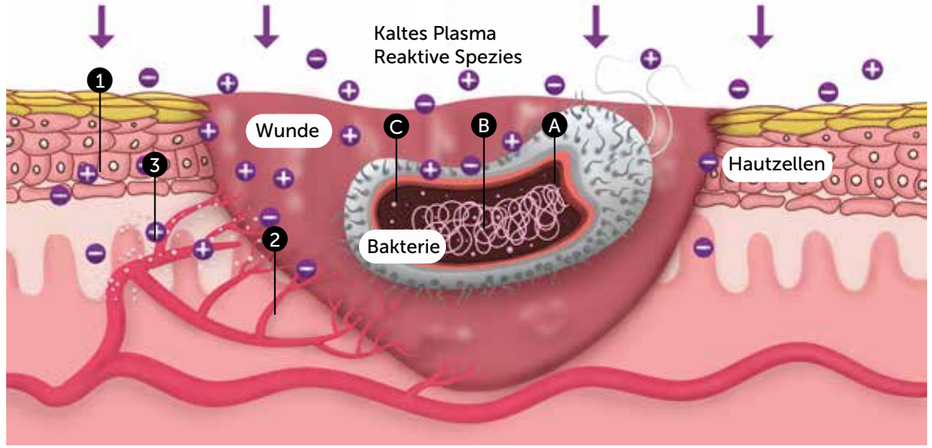
Die Anwendung von kaltem atmosphärischem Plasma ist in der Medizin seit über 10 Jahren etabliert und erweist sich als ausgesprochen erfolgreich.[4,5,6,7,8,9] Gut erforscht ist die effektive Inaktivierung von Bakterien sowie die Anregung intrazellulärer Prozesse in den menschlichen (eukariotischen) Zellen.[10,11,12,13]

Die erzeugten Moleküle (reaktive Spezies) wirken auf die Zellmembran von Zellen ein. Je nach Art der Zelle sind die Effekte sehr unterschiedlich. Bei Bakterien (prokaryotische Zellen) zerstören langlebige reaktive Spezies des CAP Makromoleküle sowie die DNA im Inneren der Zelle. Mittels dieser physikalischen Wirkweise werden auch Bakterien, die Antibiotikaresistenzen entwickelt haben, inaktiviert.[14,15,16,17,18]

Bei eukarioten Zellen löst kaltes atmosphärisches Plasma durch oxidativen Stress intrazelluläre Mechanismen aus, die einen sehr positiven Einfluss auf die Wundheilung haben. Obwohl Pilze eukaryote Zellen sind, werden sie durch den oxidativen Stress bei der Anwendung von CAP inaktiviert.
Des Weiteren konnte auch eine antivirale Wirkung der von kaltem atmosphärischem Plasma produzierten reaktiven Sauerstoffspezies gezeigt werden.[19]



* CAP ist wirksam gegen verschiedene Viren, einschließlich Corona- und Influenza-Viren[22, 23, 24]



Intrazelluläre Prozesse

1 Zellstoffwechsel
Zellstoffwechsel wird angeregt, was insgesamt den Wundheilungsprozess aktiviert

2 Anregung der Angiogenese*
führt zu besserer Durchblutung der Wunde und der Wundumgebung.
*Gefäßbildung aus bereits vorhandenen Blutgefäßen

3 Ausschüttung von Cytokinen*
fördert das Zellwachstum
*Proteine, die das Zellwachstum und die Differenzierung von Zellen regulieren

Wirkung auf Bakterienzellen

A Zellwand/Zellmembran
Aufbrechen chemischer Verbindungen und Öffnen von Signalwegen sowie Interaktion mit Zelle führt zur Zerstörung zellulärer Bestandteile

B Nukleinsäuren
Zerstörung von DNA und RNA senkt die Replikationsrate

C Proteine und Enzyme
Denaturierung der Proteine, Inaktivierung der Enzyme innerhalb der Zelle und Oxidation von Aminosäuren

Humane Zellen sind durch ihren Zellkern und zelluläre Reparaturmechanismen gegen die Inaktivierung durch das Kaltplasma geschützt. In vitro wurde zudem beobachtet, dass der oxidative Stress, der durch das Kaltplasma verursacht wird, zellbiologische Überlebensmechanismen stimuliert. Eine neue Studie zeigt zudem, dass die Behandlung mit kaltem Plasma den pH-Wert in der Wunde reguliert und damit die Wundheilung begünstigt.[21]

Durch Forschung optimiertes Plasmadesign – die Technologie

Im plasma care® und plasma derma care® kommt eine indirekte Plasmaquelle mit der patentierten Surface Micro-Discharge-Technologie (SMD) zum Einsatz.

Bei dieser Oberflächen-Mikroentladung fließt kein Strom durch die Haut der Patienten. Die Haut und die Wundoberfläche hat ausschließlich Kontakt mit den therapeutisch wirksamen Plasmakomponenten.

Damit ist plasma care® auch zur Anwendung bei Träger*Innen von Herzschrittmachern und Defibrilatoren geeignet.

Homogene Plasma-Qualität ohne Trägergas

Die im Spacer des plasma care® gebildeten reaktiven Spezies werden ohne Trägergas direkt aus der Luft erzeugt. Um eine möglichst homogene und wiederholbare Plasmaqualität zu garantieren, sind bei plasma care® zwei Parameter konstant:

1. Durch den Spacer ist das Volumen, in dem das Plasma reaktive Spezies erzeugt, exakt definiert.

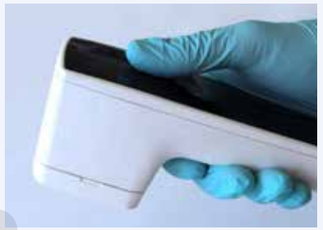
2. Die Behandlungszeit ist exakt festgelegt und das Gerät stoppt automatisch. Innerhalb der Behandlungszeit wird die vom Spacer abgedeckte Fläche somit homogen behandelt.

Das Gerät ist zur Anwendung bei Patient*Innen mit Herzschrittmachern oder Defibrilatoren geeignet.

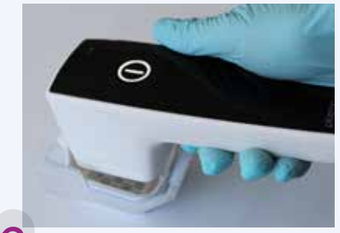
plasma care® – mobil, sicher und leicht zu bedienen

Das plasma care®/plasma derma care® ist ein mobiles Medizingerät zur Behandlung von Wunden und entzündlichen Hauterkrankungen mithilfe von kaltem, atmosphärischen Plasma.

Es ist leicht, handlich und akkubetrieben – mit einer vollen Akkuladung sind ca. 100 Behandlungen möglich. Die Aufladung erfolgt induktiv in einer Ladestation. Somit kann das plasma care® im klinischen oder niedergelassenen Bereich, aber auch von ambulanten Pflegediensten und Wundspezialisten eingesetzt werden.



1 Gerät mit dem Touch-Button einschalten



2 Abstandhalter am Gerät befestigen

3 Gerät mit Abstandshalter auf die Wunde/Haut setzten

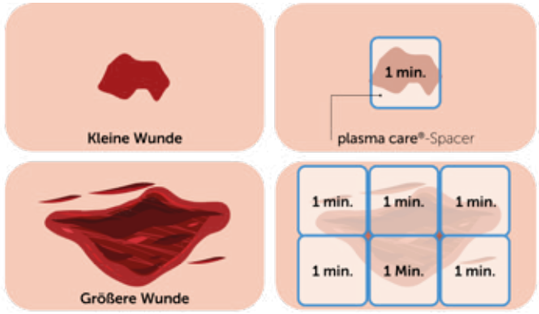
4 Starten der Behandlung mit dem Touch-Button

plasma care® – einfache Integration in die Wundbehandlung

Handhabung der plasma care® Spacer

Zur Wundbehandlung ist das plasma care® mit einem steril verpackten Spacer erhältlich. Dieser bietet eine Behandlungsfläche von 13 cm^2. Sind größere Flächen zu behandeln, kann ein Spacer innerhalb einer Therapiesitzung bis zu 6-mal aufgesetzt werden.

Um eine sterile Wundbehandlung von allen Patient*Innen zu gewährleisten und Kreuzkontaminationen zu vermeiden, sind plasma care® Spacer einzeln steril verpackt. Der Spacer wird leicht auf die Wunde aufgesetzt, ohne durch Druck zusätzliche Schmerzen zu verursachen.



Ablauf der Wundversorgung

Die Therapie mit CAP ersetzt nicht die konventionelle Wundversorgung. Damit das kalte Plasma optimal wirken kann, muss das Wundbett mechanisch debridiert werden. Wir empfehlen, die Behandlung mit dem plasma care® nach der Wundbettreinigung in die Standard-Wundversorgung zu integrieren.

Bei stark kontaminierten Wunden kann zusätzlich ein Antiseptikum eingesetzt werden, um eine antibakterielle Langzeitwirkung zu erzielen.

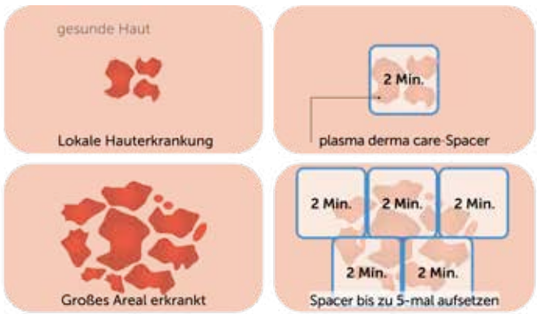
Selbstverständlich gehört zur leitlinien-gerechten Wundversorgung auch die Behandlung der Grunderkrankung.

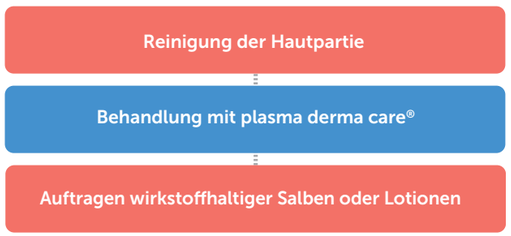
plasma derma care® – zur Behandlung von Hauterkrankungen

Ablauf der Hautbehandlung

Zur Behandlung entzündlicher Hauterkrankungen bieten wir das plasma derma care® mit einem nicht sterilen, dafür weich gepolsterten plasma derma care Spacer.

Da Hauterkrankungen oft an gewölbten Hautpartien wie Wangen und Kinn auftreten, ist der plasma derma care® Spacer mit weichem Schaumstoff gepolstert. Somit liegt er angenehm auf der Haut und schließt den Plasmaraum optimal ab.





Ablauf der Hautbehandlung

Zur Behandlung entzündlicher Hauterkrankungen empfehlen wir eine Reinigung der zu behandelnden Fläche.

Werden wirkstoffhaltige Salben (z. B. Kortison) angewendet, diese erst nach der Plasmabehandlung auftragen.

Plasmatherapie ist leitliniengerecht (S2k-Leitline AWM) bei der Behandlung von Wunden: „Rationaler therapeutischer Einsatz von kaltem physikalischem Plasma".

Kaltplasmatherapie ist Teil der Facharztausbildung Dermatologie.

Indikationsgebiete in der Wundversorgung

	Indikation	klinische Aspekte
Chronische Wunden	• Ulcus jeder Genese (wie z.B. arteriell, venös, diabetisch, neuropathisch) • Dekubitus • Pyoderma gangraenosum	• kritische Kolonisation oder Infektion mit Bakterien • Prävention bakterieller Belastungen (prophylaktisch) • bei Wundheilungsstörungen • Wunden an schwer sauber zu haltenden Stellen (z. B. Leiste, Schambereich, After) • großflächige Wunden • lange Nähte/Spannung auf Nähten/ Nahtdehiszenz • lange OP-Dauer • Wunden an stark beanspruchten Körperstellen
Akute, offene Wunden	• Verbrennungen • Erfrierungen • Schürf, Schnitt, Stich- & Platzwunden • Quetschungen • Ablederung • Riss- und Bisswunden • Amputationen • Schusswunden Eintrittsstellen: Katheter, Port, Stoma Driveline-Eintrittsstellen PEG/SPK Fixateur Externa postoperative Wundheilungsstörung: • infizierte oder infektanfällige Operationswunden • sekundär heilende Operationswunden • Spalthauttransplantationen (Entnahmestelle und Transplantat)	

Dermatologische Anwendungsgebiete

Indikation	Ursache	klinische Aspekte
• Herpes Zoster • Röschenflechte • Ringelflechte • Soor • Periorale Dermatitis • Akne • Psoriasis • Atopisches Ekzem • Rosazea • Fußpilz • Nagelpilz	• entzündlich • autoimmun • bakteriell • viral • akut • vaskulitisch	• Inaktivierung von Herpes-Viren begünstigt die Heilung • Vermeidung von bakteriellen Superinfektionen • CAP tötet Pilze und Sporen. Dadurch ist es eine effiziente Therapie bei Hautmykosen • Erkrankungen wie Psoriasis und atopisches Ekzem werden durch CAP nicht geheilt. • Allerdings kann CAP hier Entzündungen und Juckreiz deutlich lindern

Durch permanente Forschung und experimentelle Anwendung von CAP in Kliniken und Forschungseinrichtungen werden sich die Anwendungsgebiete permanent erweitern.

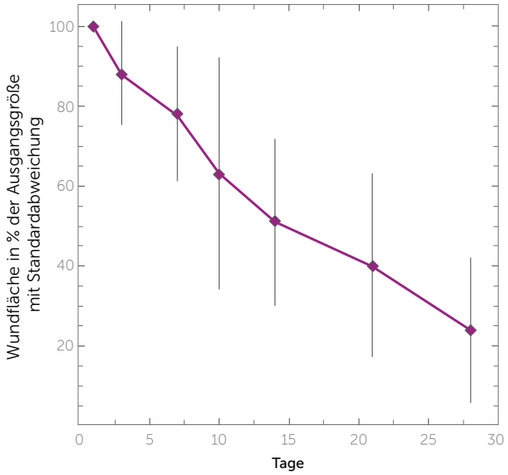
Förderung der Wundheilung mit plasma care® – Ergebnisse einer Pilotstudie

In einer Pilotstudie[20] wurden 10 Patienten mit chronischen Wunden zusätzlich zur Standard-of-care Versorgung mit plasma care® behandelt. Gemessen wurde die Verringerung der Wundgröße sowie der pH-Wert innerhalb der Wunde.

Behandlungsplan:

- Woche 1: 3 Behandlungen
- Woche 2 und 3: 2 Behandlungen
- Woche 4 und 5: 1 Behandlung

Durchschnittliche Reduktion der Wundfläche in 28 Tagen



[20] Hämmerle et.al. 2021;

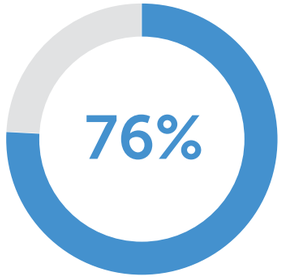
Ergebnisse der Pilotstudie:

Alle Wunden zeigten innerhalb der fünf Wochen eine deutliche Reduktion der Wundfläche.

Drei Patienten zeigten zu Beginn der Behandlung klinische Infektionszeichen, welche jedoch spätestens an Tag 14 abgeheilt waren.

Bei allen Patienten nahm die Exsudatmenge ab. Der Anteil an stabilem Granulationsgewebe nahm im Untersuchungszeitraum deutlich zu.

Signifikante Verringerung der Schmerzen nach nur 3 Behandlungen



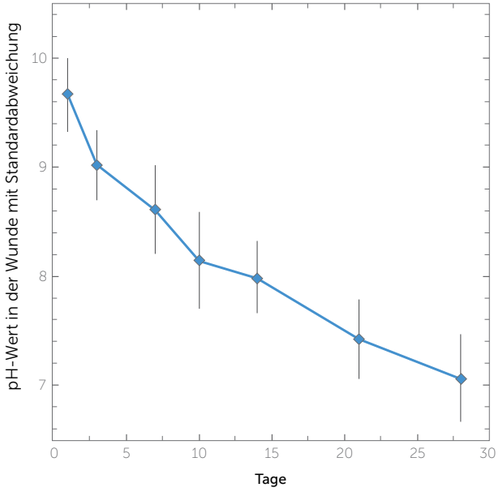
Durchschnittliche Reduktion der Wundfläche um 76% in 28 Tagen nach nur sieben Behandlungen

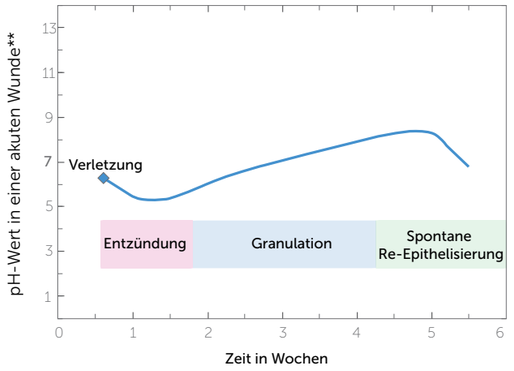
Die Rolle des pH-Werts bei der Wundheilung:

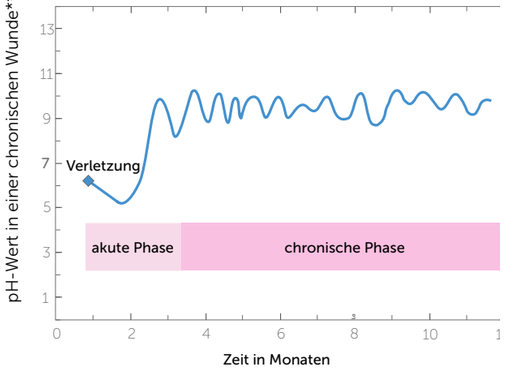
- Ein basischer pH-Bereich begünstigt das Wachstum von Bakterien und Biofilm.
- Ein basischer pH-Wert schränkt die Funktion von Fibroblasten ein, die für den Wundverschluss verantwortlich sind.
- Bei basischen pH-Werten gibt Hämoglobin weniger Sauerstoff ab (Bohr-Effekt). Dadurch werden die Zellen in der Wunde schlechter mit Sauerstoff versorgt.

Die Behandlung mit CAP senkt den pH-Wert in der Wunde und begünstigt damit die Wundheilung zusätzlich.

Durchschnittliche Entwicklung des pH-Werts von Behandlungsbeginn bis Tag 28.[20]







** Abbildungen nach Dargaville et.al. 2012. Sensors and imaging for wound healing: A review[5]

Fallbeispiele – komplexe, chronische Wunden unterschiedlicher Genese

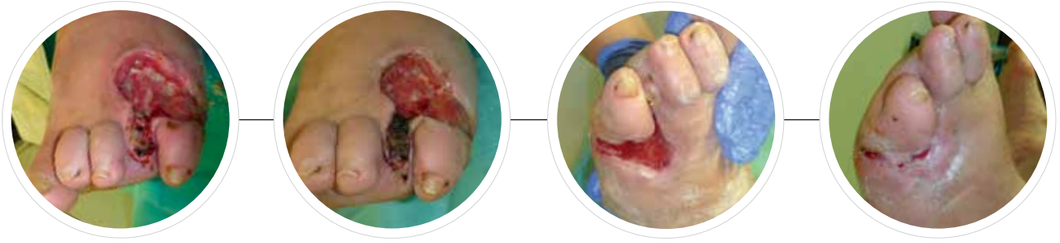
Diabetisches Fußsyndrom

Patient (50 Jahre) mit Diabetischem Fußsyndrom.

Infizierte Ulcera oberhalb der Mittelfußknochen (links) und nekrotischer 4. Zehe, Amputation aufgrund von Verschlechterung der Wundsituation, Wundinfektion mit teilweise resistenten Corynebakterien, Enterokokken und Staphylokokken.

Behandlungsablauf:

- 2 CAP-Behandlungen pro Woche in den ersten 3 Wochen, anschließend 1 CAP-Behandlung alle 14 Tage
- 9 Behandlungen in 12 Wochen im Rahmen des Verbandwechsels
- Abheilung innerhalb von 12 Wochen nach Beginn der Plasmatherapie



Tag 0
Ausgangssituation

Tag 2
2 CAP
Behandlungen

Tag 14
4 CAP
Behandlungen

Tag 83
9 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Amputation der 5. Zehe konnte abgewendet werden. Vollständiger Wundverschluss an Tag 105.

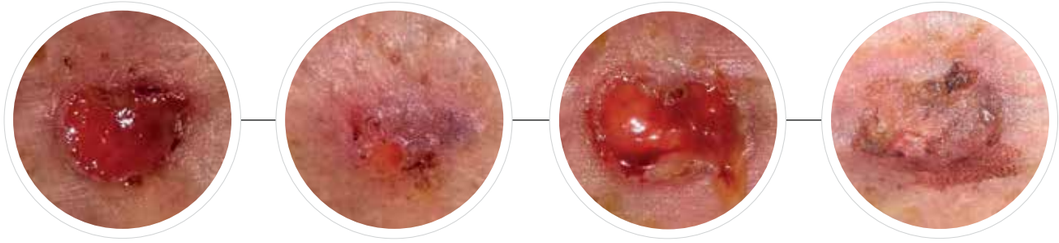
Ulcus Cruris

Patientin (77 Jahre), bettlägerig aufgrund einer Wirbelsäulenverletzung.

Rezidiv eines Ulcus cruris unklarer Genese am rechten Unterschenkel, keine Ödeme, Gefäß-Status unklar. Wundheilung stagnierte seit mehreren Monaten, teils eitrige Beläge, Patientin berichtet von starken Schmerzen bei der mechanischen Wundreinigung.

Behandlungsablauf:

- 8 CAP-Behandlungen (1 Min.) in 4 Wochen führen zur deutlichen Verringerung der Wundgröße
- Fortschreitende Epithelialisierung & Schmerzverringerung
- Unterbrechung der CAP-Behandlung führt zu Rezidiv. Ulcus; Vollständige Epithelisierung der Wunde nach 4 Wochen erneuter CAP-Therapie (2 x Woche, 1 Min.)



Woche 0
Ausgangssituation

Woche 4
8 CAP
Behandlungen

Woche 8
Rückfall nach
Unterbrechung der
Therapie

Woche 12
erneut 8 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Schmerzfreiheit und vollständiger Wundverschluss nach 14 Wochen.

Postoperative Wundheilungsstörung

Patientin (77 Jahre),
mit Wundheilungsstörung bei bekannter CVI und Herzinsuffizienz

Sekundär heilende Wunde (Spalthauttransplantation und Lappenplastik) nach Trauma (Quetschung bei Autounfall).

Infektion mit Enterobacter aerogenes, zusätzlich Neigung zu Ödem-Bildung in den Unterschenkeln.

Behandlungsablauf:

- 2 CAP-Behandlungen pro Woche (je 1 Min.)
- Umstellung auf feuchte Wundversorgung zum Aufweichen der Verkrustungen und Nekrosen
- mechanische Reinigung
- nach 18 Behandlungen in 11 Wochen bis auf punktuelle oberflächliche Hauteröffnung (Wundgröße: 0,22 x 0,17 cm) Wunde vollständig epithelisiert.

Woche 0
Ausgangssituation

Woche 1,
3 CAP
Behandlungen

Woche 2
5 CAP
Behandlungen

Woche 9
12 CAP
Behandlungen

Woche 11
14 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Vollständiger Wundverschluss zwei Wochen nach der letzten Plasmabehandlung.

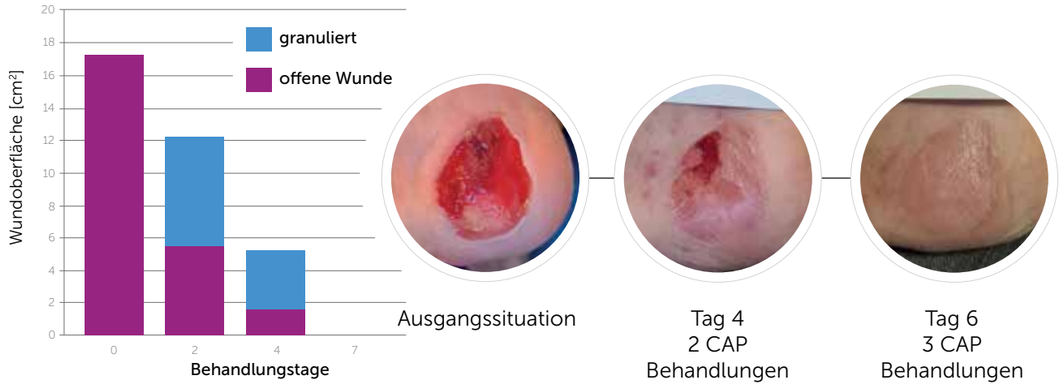
Bagatellwunde an der Ferse

Patient (39 Jahre), ohne Grunderkrankungen

Blase beim Skilaufen. Die Blase war dauerhaft mechanischer Belastung ausgesetzt, da der Patient über den gesamten Zeitraum der Behandlung weiter Ski gelaufen ist.

Behandlungsablauf:

- 3 CAP-Behandlunegn in 7 Tagen
- Tag 2: Wundgröße um 30% reduziert. Die verbleibende Wundfläche ist zu 55% granuliert.
- Tag 4 (2 CAP-Behandlungen): 70% der ursprünglichen Wunde abgeheilt, 71% der verbleibenden Wunde granuliert.
- 3 CAP-Behandlungen (7 Tage nach erster Dokumentation): Wunde vollständig abgeheilt



Ausgangssituation

Tag 4
2 CAP
Behandlungen

Tag 6
3 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Vollständiger Wundverschluss nach einer Woche.
Patient konnte die Ferse weiter belasten.

Fallbeispiele aus der Dermatologie – CAP bei entzündlichen Hauterkrankungen

Psoriasis am Sprunggelenk

Patient (52 Jahre) mit schubweise auftretender, stark juckender Typ 2 Psoriasis. Die Erkrankung besteht seit ca. 6 Monaten.

Bisherige Behandlung: Die Behandlung erfolgte mit Cortison-Salbe. Diese führt nur kurzzeitig zu einer Besserung.

Behandlungsablauf:

- 4 CAP-Behandlungen in 7 Tagen
- Zusätzliche Hautpflege: 10% Urea Creme und Salicylsäurepflaster.

Ausgangssituation | Tag 3, 2 CAP Behandlungen | Tag 5, 3 CAP Behandlungen | Tag 7, 4 CAP Behandlungen

Behandlungserfolg:

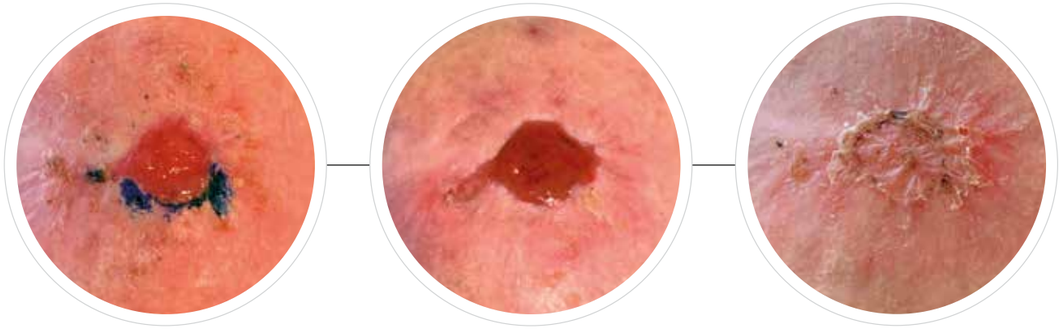
Empfinden des Patienten sehr positiv, keine Schmerzen, kaum Juckreiz und kein Spannungsgefühl mehr im Sprunggelenk.

Postoperatives Basalzellkarzinom

Patient (82 Jahre) mit deutlich verzögerter Wundheilung nach operativer Basalzellenresektion auf dem Scheitelbein.

Behandlungsablauf:

- 11 CAP-Behandlungen in 7 Wochen
- nekrotischer Wundrand war nach 2 Wochen verschwunden



Woche 0, Ausgangssituation | Woche 2, 3 CAP Behandlungen | Woche 7, 11 CAP Behandlungen

Behandlungserfolg:

Komplette Epithelisierung nach 7 Wochen. Patient vollständig schmerzfrei.

Akne Vulgaris

Patientin (17 Jahre),
ohne Grunderkrankungen

Ausgeprägte Akne, vor allem an den Wangen und auf der Stirn. Papeln sorgen für unangenehmes Spannungsgefühl.

Behandlungsablauf:

- 6 CAP-Behandlungen in drei Wochen
- Peeling, professionelle Abreinigung, Plasmabehandlung und Tonic

Woche 0
Ausgangssituation

Woche 2
4 CAP
Behandlungen

Woche 3
6 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Entzündung und Rötungen sind deutlich reduziert. Spannungsgefühl ist verschwunden.

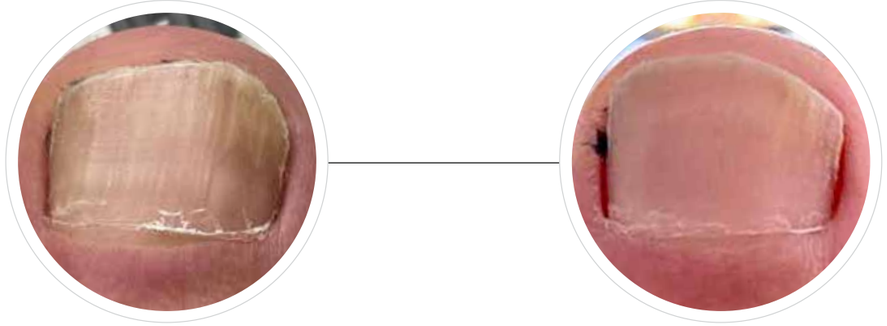
Nagelpilz

Patient (68 Jahre),
ohne Grunderkrankungen

Nagelpilz, vorwiegend am rechten großen Zeh.

Behandlungsablauf:

- 16 CAP-Behandlungen in zwölf Wochen
- Behandlung des nebelfeuchten Nagels zweimal pro Woche in den ersten vier Wochen
- Anschließend wöchentliche Behandlung



Woche 0
Ausgangssituation

Woche 12
16 CAP
Behandlungen

Behandlungserfolg:

Nagelpilz ist vollständig verschwunden. Re-Infektion konnte verhindert werden.

Studien und Anwendungsbeobachtungen mit plasma care®

Hygcen (2020) Skin disinfection test according to VAH Method 13 on natural skin flora and supplemented with E. coli

Scheper et al. (2021) Cold plasma therapy with the handheld device plasma care® improves the tendency to heal in problem wounds - 10 case studies from diabetological practice

Yuta Terabe et. al. (2021) Using cold plasma to treat chronic foot ulcer infection

Yuta Terabe et. al. (2021) Treating hard-to-heal skin and nail onychomycosis of diabetic foot with plasma therapy

Brüning et. al. (2021) Using cold atmospheric plasma to treat hard to heal wounds. A case study with 10 Patients (with 19 wounds) treated in a dermatological outpatient clinic

Hämmerle et.al. 2021; Positive effects of cold atmospheric plasma on pH in wounds: a pilot study

Dejonckheere et.al. 2022. Non-Invasive Physical Plasma for Preventing Radiation Dermatitis in Breast Cancer: A First-In-Human Feasibility Stud

Deitmerg et. al. 2022; Wundbehandlung mit Kaltplasma, https://www.bibliomed-pflege.de/sp/artikel/47048-wundbehandlung-mit-kaltplasma

Dejonckheere et.al. 2024. Non-invasive physical plasma for preventing radiation dermatitis in breast cancer: Results from an intrapatient-randomised double-blind placebo-controlled trial

Aktuelle Studien und klinische Daten finden Sie auch auf unserer Internetseite

Literatur

[1] Heinlin, J.et al. S. Plasma Medicine: Possible Applications in Dermatology. J. Dtsch. Dermatol. Ges. J. Ger. Soc. Dermatol. JDDG 2010, 8 (12), 968–976. https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2010.07495.x.

[2] Isbary, G.et al. Atmospheric Plasma Devices for Medical Issues. Expert Rev. Med. Devices 2013, 10 (3), 367–377. https://doi.org/10.1586/erd.13.4.

[3] Gerling, T.et al. D. Einführung in Atmosphärendruck-Plasmaquellen für plasmamedizinische Anwendungen. In Plasmamedizin; Metelmann, H.-R., von Woedtke, T., Weltmann,K.-D., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2016; pp 3–15. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52645-3_1.

[4] Isbary, G.et al. First Prospective Randomized Controlled Trial to Decrease Bacterial Load Using Cold Atmospheric Argon Plasma on Chronic Wounds in Patients. Br. J. Dermatol. 2010, 163 (1), 78–82. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09744.x.

[5] Isbary, G. et al. Successful and Safe Use of 2 Min Cold Atmospheric Argon Plasma in Chronic Wounds: Results of a Randomized Controlled Trial. Br. J. Dermatol. 2012, 167 (2), 404–410. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2012.10923.x.

[6] Isbary, G. et al. Cold Atmospheric Argon Plasma Treatment May Accelerate Wound Healing in Chronic Wounds: Results of an Open Retrospective Randomized Controlled Study in Vivo. Clin. Plasma Med. 2013, 1 (2), 25–30. https://doi.org/10.1016/j.cpme.2013.06.001.

[7] Heinlin, J. et al. Randomized Placebo- Controlled Human Pilot Study of Cold Atmospheric Argon Plasma on Skin Graft Donor Sites. Wound Repair Regen. Off. Publ. Wound Heal. Soc. Eur. Tissue Repair Soc. 2013, 21 (6), 800–807. https://doi.org/10.1111/wrr.12078.

[8] Stratmann, B. et al. Effect of Cold Atmospheric Plasma Therapy vs Standard Therapy Placebo on Wound Healing in Patients With Diabetic Foot Ulcers: A Randomized Clinical Trial. JAMA Netw. Open 2020, 3 (7), e2010411. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.10411.

[9] Jensen, J.-O. et al. The Repetitive Application of Cold Atmospheric Plasma (CAP) Improves Microcirculation Parameters in Chronic Wounds. Microvasc. Res. 2021, 138, 104220. https://doi.org/10.1016/j.mvr.2021.104220.

[10] Arndt, S. et al. Effects of Cold Atmospheric Plasma (CAP) on ß-Defensins, Inflammatory Cytokines, and Apoptosis-Related Molecules in Keratinocytes in Vitro and in Vivo. PloS One 2015, 10 (3), e0120041. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120041.

[11] Arndt, S. et al. Cold Atmospheric Plasma (CAP) Activates Angiogenesis-Related Molecules in Skin Keratinocytes, Fibroblasts and Endothelial Cells and Improves Wound Angiogenesis in an Autocrine and Paracrine Mode. J. Dermatol. Sci. 2018, 89 (2), 181–190. https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2017.11.008.

[12] Arndt, S. et al. Cold Atmospheric Plasma (CAP) Changes Gene Expression of Key Molecules of the Wound Healing Machinery and Improves Wound Healing in Vitro and in Vivo. PloS One 2013, 8 (11), e79325. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079325.

[13] Hasse, S. et al. Induction of Proliferation of Basal Epidermal Keratinocytes by Cold Atmospheric-Pressure Plasma. Clin. Exp. Dermatol. 2016, 41 (2), 202–209. https://doi.org/10.1111/ced.12735.

[14] Nicol, M. J. et al. Antibacterial Effects of Low-Temperature Plasma Generated by Atmospheric-Pressure Plasma Jet Are Mediated by Reactive Oxygen Species. Sci. Rep. 2020, 10 (1), 3066. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59652-6.

[15] Hoon Park, J. et al. Comparative Study for the Inactivation of Multidrug Resistance Bacteria Using Dielectric Barrier Discharge and Nano-Second Pulsed Plasma. Sci. Rep. 2015, 5 (1), 13849. https://doi.org/10.1038/srep13849.

[16] Zimmermann, J. et al. Test for Bacterial Resistance Build-up against Plasma Treatment. New J. Phys. 2012, 14 (7), 073037. https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/7/073037.

[17] Daeschlein, G. et al. Skin and Wound Decontamination of Multidrug-Resistant Bacteria by Cold Atmospheric Plasma Coagulation. J. Dtsch. Dermatol. Ges. J. Ger. Soc. Dermatol. JDDG 2015, 13 (2), 143–150. https://doi.org/10.1111/ddg.12559.

[18] Bourke, P. et al. Microbiological Interactions with Cold Plasma. J. Appl. Microbiol. 2017, 123 (2), 308–324. https://doi.org/10.1111/jam.13429.

[19] Weiss, Daeschlein, Kramer et. al. Virucide Properties of Cold Atmospheric Plasma for Future Clinical Applications, Journal of Medical Virology 2017, 89, 952-959.

[20] Hämmerle et al. Journal of Wound Care. 2023, 32, 9, 530-536.

[21] v. Brunn, Max-von-Pettenkofer institut, unpublished data, showing that in first results plasma care can inactivate corona virus in solution

[22] Lee, et. al. Fast and easy disinfection of coronavirus-1 contaminated face masks using ozone gas produced by a dielectric barrier discharge plasma generator. Medrxiv, May 2020.

[23] Dargaville, T. et al. (2012). Sensors and Imaging for Wound Healing: A review. Biosensors & bioelectronics. 41. 10.1016/j.bios.2012.09.029.

exklusiv bei:

TCH med

www.tch-med.com/terraplasma

Andreas Ahrer
Mobil +43 676 652 3003
E-Mail: ah@tch-med.com

Hersteller:

terraplasma MEDICAL

terraplasma medical GmbH
Parkring 32
85748 Garching bei München

+ 49 89 588 055 30
info@terraplasma-medical.com
www.terraplasma-medical.com

Jens Kirsch | Chief Executive Officer (CEO)
PD Dr. rer. nat. habil. med. Julia Zimmermann | Chief Medical Officer (CMO)
Prof. Dr. Dr. h.c. Gregor Morfill | Wissenschaftlicher Beirat