

Miniserie, Ultraschall, Teil 1

Ultraschall in Kosmetik und ästhetischer Medizin

Ultraschall gilt als einer der bekanntesten apparativen Behandlungsklassiker in Medizin und Kosmetik. Grund genug, seine Technologie und Anwendung in einer Miniserie zu beleuchten. In Teil 1 stellt Dr. Ilja Kruglikov die physikalischen Grundlagen und biophysikalischen Wirkungen des Ultraschalls vor. Teil 2 und 3 folgen in den nächsten Ausgaben.

Ultraschall (US) mit seinen vielseitigen Wirkungen auf Zellen und Gewebsstrukturen findet schon seit langem Anwendung in verschiedenen Bereichen der Medizin, vor allem in der physikalischen Therapie zur Behandlung von Muskel- und Sehnenverletzungen sowie von Schmerzen. Während noch vor zwanzig Jahren der US in der Dermatologie hauptsächlich zu Diagnostikzwecken und im therapeutischen

Bereich lediglich zur Wundheilung und Verbesserung von hypertrophen Narben sowie zum Einschleusen von Präparaten eingesetzt wurde, hat sich das US-Indikationsspektrum heute erheblich verändert. **Niederfrequenter US** und **hochintensiver fokussierter US (HIFU)** werden zur Fettzerstörung eingesetzt; hochfrequenter HIFU wird zusätzlich zur nicht-invasiven Hautfestigung in der ästhetischen Medizin angewendet und auch

i Miniserie: Ultraschall

- Teil 1:** US: Physikalische Grundlagen
- Teil 2:** HIFU in der Ästhetik
- Teil 3:** Phonophorese im Institut

der therapeutische Frequenzbereich der US-Wellen wurde stark ausgeweitet, so dass heutzutage US-Frequenzen bis zu

20 MHz (sehr hochfrequenter US – SHF-US) ihre Anwendung in diversen Hautbehandlungen finden. Worauf basiert die Anwendung des US in der Ästhetik und was kann er tatsächlich leisten?

Physikalische Kurzbeschreibung

US-Wellen sind Schallwellen mit Frequenzen über 20.000 Hz und liegen somit über der hörbaren Grenze. Diese Wellen breiten sich in einem wasserreichen Medium mit einer Geschwindigkeit von ca. 1.500 m/s aus. Dabei schwingen die Teilchen in diesem Medium mit der Frequenz der US-Welle. Ihre Schwingungsamplituden sind von der Schallintensität und Frequenz abhängig. Bei einer für kosmetische Ultraschallbehandlungen üblichen Schallintensität von 1 W/cm² und der Frequenz von 1 MHz (1.000.000 Hz) bzw. 10 MHz schwanken die Teilchen mit kleinen Amplituden von ca. 0,018 µm (0,000018 mm) bzw. 0,0018 µm (0,0000018 mm).

Zum Vergleich

Die typische Größe einer **Hautzelle** ist ca. 10 µm und eine **Zellmembran** ist lediglich 0,005 µm dick. Die Schwankungsamplituden eines Mediumsteilchens im **US-Feld** sind damit viel kleiner als die Zelle selbst und vergleichbar mit der Größe der Zellmembran. Letzteres ist ein Hinweis dafür, dass man die **Membraneffekte** (z.B. die Durchlässigkeit der Zellmembran) **durch US beeinflussen** kann. Es wurde nach US-Anwendung tatsächlich eine Durchlässigkeitssteigerung der Zellmembran von bis zu 200 % registriert.

Die Geschwindigkeit dieser Teilchen in einem US-Feld ist frequenzunabhängig und erreicht bei einer US-Intensität von 1 W/cm² maximale Werte von lediglich ca. 10 cm/s. Die Teilchen werden jedoch nicht gleichmäßig bewegt und ihre Beschleunigung, die letztendlich auch die Kräfte definiert, kann gigantische Werte von bis zu 725 km/s² (bei 1 MHz) und 14.500 km/s² (bei 20 MHz) erreichen.

Zum Vergleich

Wenn ein Auto von 0 auf 100 km pro Stunde in 10 Sekunden beschleunigt, entsteht eine Beschleunigung von nur ca. 0,003 km/s².

Die Eindringtiefe der US-Welle wird mit steigender Frequenz deutlich reduziert (Abb. 1). **Je höher die US-Frequenz, desto oberflächlicher wird die US-Energie im Körper absorbiert.** Das ist ein wichtiger Grund, warum gerade die SHF-US-Wellen mit Frequenzen von 10 MHz und höher in den letzten Jahren eine breite Anwendung in der Dermatologie und Ästhetik gefunden haben¹.

Durch ihre Absorption produzieren US-Wellen auch eine frequenzabhängige Temperatursteigerung in der Haut². Während diese Temperaturen und Temperaturgradienten bei der Anwendung des 3-MHz-US sehr niedrig sind, können sie bei der Anwendung des SHF-US mit Frequenzen über 10 MHz signifikante Werte erreichen (Abb. 2). Das ist der zweite wichtige Grund für die Anwendung des SHF-US in der Kosmetik und der ästhetischen Medizin.

HIFU: Biophysikalische Wirkungen

Die US-Wirkung auf einzelne Zellen und Gewebstrukturen definiert letztendlich seine Behandlungsergebnisse. Absorption der US-Energie in der Dermis und der damit verbundene Temperaturanstieg in der Haut bei Anwendung des SHF-US (Abb. 2) führen zu einer lokalen Erhöhung der endogenen Hyaluronan-Produktion und somit zu einer Ansammlung des gebundenen Wassers und zu einer lokalen Erhöhung des Turgors im Bindegewebe. Eine andere ganz wichtige Wirkung des US ist die Verflüssigung des Zytoskeletts. Um einen solchen Effekt bei der Anwendung von niederfrequenten mechanischen Kräften (mit einer Frequenz von 1 Hz) erreichen zu können, müssen die Zellen um mehr als 10% deformiert werden. Die Anwendung des US

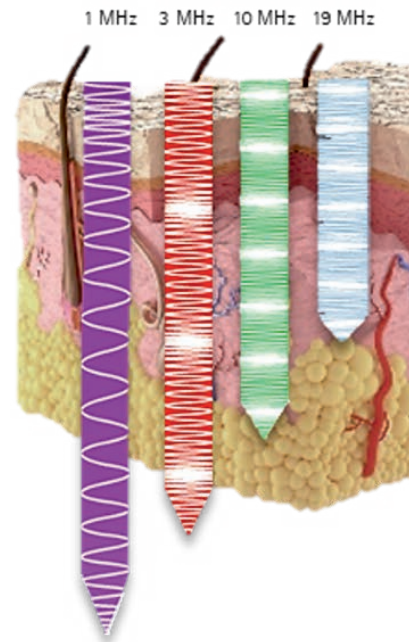


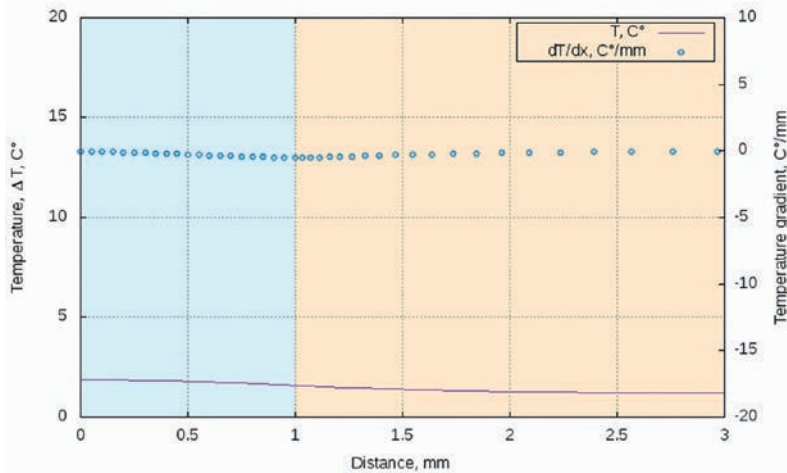
Abb. 1: Eindringtiefen von US-Wellen mit verschiedenen Frequenzen: ca. 30 mm bei 1 MHz, ca. 10 mm bei 3 MHz, ca. 3 mm bei 10 MHz und ca. 1,5 mm bei 19 MHz.

mit einer Frequenz von 1 MHz reduziert diese Deformation auf ca. 0,001%. Es wurde vor kurzem gezeigt, dass ein solcher Effekt mit steigender US-Frequenz verstärkt auftritt. Darüber hinaus können höhere US-Frequenzen die Hitzeschockproteine induzieren und die für die Spaltung von Kollagen zuständigen Matrixmetalloproteinasen erheblich reduzieren^{3,4}, was auch zu einer Hautbildverbesserung beitragen kann. Der SHF-US demonstriert außerdem eine stark frequenzabhängige Stimulation der Hämoxxygenase-1, die eine porphyrinreduzierende und anti-inflammatorische Wirkung besitzt.

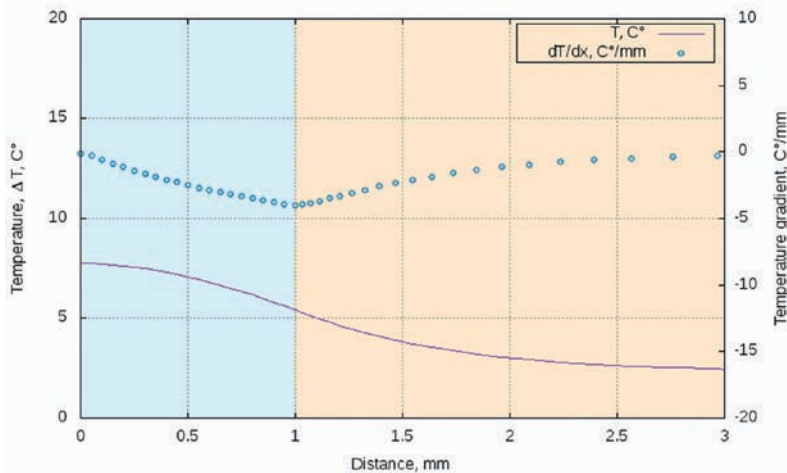
Indikationen für sehr hochfrequenten Ultraschall

SHF-US-Wellen wurden entsprechend ihren bekannten biophysikalischen Wirkungen in den letzten Jahren in der Dermatologie als eine Stand-alone-Behandlungsmethode erfolgreich zur Behandlung von Ulcus cruris (tiefe, meist nässende Wunde im Bereich des Unterschenkels), Rosacea, Akne, hypertrophen Narben, Dermatitis und Psoriasis

Frequenz: 3 MHz



Frequenz: 10 MHz



Frequenz: 19 MHz

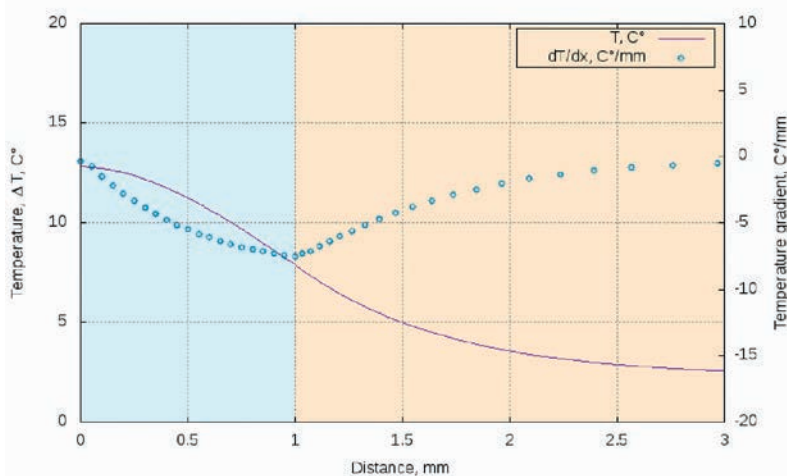


Abb. 2: Temperaturfelder in der Haut nach Anwendung der US-Wellen mit verschiedenen Frequenzen – 3, 10 und 19 MHz (Grafiken von oben nach unten).
US-Intensität – 2,0 W/cm², Beschallungszeit – 5 Sek., Hautdicke – 1 mm
Haut – blau, Subkutis – Gelb. Lila – Temperatur, blaue Punkte – Temperaturgradient.

eingesetzt¹. In der Ästhetik wurden sie bei Anti-Aging-Behandlungen als Stand-alone-Methode⁴ sowie in der Kombination mit Injektionslipolyse, Laser, radiofrequenten Strömen, Kryolipolyse usw. erfolgreich angewendet¹.

Dabei spielt der **Behandlungsrhythmus** eine besondere Rolle: Um aussagekräftige und stabile Ergebnisse zu erreichen, müssen Behandlungen (vor allem zu Beginn der Behandlungsserie) **sehr regelmäßig** durchgeführt werden⁵.

Phonophorese: Einschleusen der Wirkstoffe in die Haut

Eine wichtige Eigenschaft der US-Wellen in der Kosmetik und Ästhetik bleibt die Phonophorese – Verstärkung des trans-epidermalen Transports und Bildung eines Wirkstoffdepots unter der Haut. Diese Wirkung kann mit US-Wellen verschiedener Frequenzen erzielt werden und sorgt für eine verlängerte Wirkung von kosmetischen Wirkstoffen auf die Haut. Die Anwendungen von hochfrequenten US-Wellen sind generell schmerzfrei und nebenwirkungsarm und finden dadurch bei Kunden und Patienten eine sehr hohe Akzeptanz.



Dr.rer.nat.habil. Ilja Kruglikov
Biophysiker, Geschäftsführer
Wellcomet GmbH, Karlsruhe
www.wellcomet.de

Literatur

- 1 Kruglikov I. (2015) Sehr hochfrequenter Ultraschall. Neues Therapieverfahren in der Ästhetik und Dermatologie. Der Hautarzt, 66(11): 829–833.
- 2 Kruglikov IL. (2017) Modeling of the spatiotemporal distribution of temperature fields in skin and subcutaneous adipose tissue after exposure to ultrasound waves of different frequencies. AIP Advances, 7(10): 105317.
- 3 Sontag W, Kruglikov IL. (2009) Expression of heat shock proteins after ultrasound exposure in HL-60 cells. Ultrasound Med Biol. 35(6): 1032–1041.
- 4 Meyer-Rogge D, Rösken F, Holzschuh P, D'hont B, Kruglikov I. (2012) Facial skin rejuvenation with high frequency ultrasound: multicentre study of dual-frequency ultrasound. J Cosmet Dermatol Sci Appl, 2(2): 68–73.
- 5 Meyer-Rogge D, Kruglikov IL. (2013) Pilot study into super-fractionation treatment strategy of acne and rosacea. J Cosmet Dermatol Sci Appl, 3(3): 197–202.