

Sabine Keutmann¹, Manfred Staat¹, Walter van Laack¹

Untersuchung der thermischen Auswirkung von therapeutischem Ultraschall

Research about the thermal effects of therapeutic ultrasound

Zusammenfassung: In der Orthopädie zählt der therapeutische Ultraschall als Mittel zur Prävention und Therapiebegleitung. Er hat mechanische, thermische und physiko-chemische Auswirkungen auf den menschlichen Körper. Um mehr Erkenntnisse über die thermischen Auswirkungen zu erlangen, wurden Versuche an einem Hydrogel-Phantom und an Probanden durchgeführt. Dabei entstand eine signifikante Erwärmung des Gewebes, welche beim Probandenversuch an der Oberfläche und beim Hydrogelversuch in der Tiefe gemessen wurde.

Schlüsselwörter: Ultraschall, therapeutischer Ultraschall, Diathermie, Mechanotherapie, Infrarotthermografie

Zitierweise

Keutmann S, Staat M, van Laack W: Untersuchung der thermischen Auswirkung von therapeutischem Ultraschall. OUP 2018; 7: 518–522 DOI 10.3238/oup.2018.0518–0522

Summary: In orthopaedics, therapeutic ultrasound is a tool of prevention and therapy support. It has mechanical, thermal and physico-chemical effects on the human body. Tests with a hydrogel phantom and with human probands have been performed in order to obtain more knowledge about their thermal effects. Both tests measured temperature increases in cell tissue, on the surface with the human proband test and in depth with the hydrogel phantom test.

Keywords: ultrasound, therapeutic ultrasound, thermography, diathermy, mechanotherapy, infrared thermography

Citation

Keutmann S, Staat M, van Laack W: Research about the thermal effects of therapeutic ultrasound. OUP 2018; 7: 518–522 DOI 10.3238/oup.2018.0518–0522

Einleitung

Bei therapeutischem Ultraschall handelt es sich um hochfrequenten Ultraschall, welcher in der Orthopädie als Mittel zur Prävention und Therapiebegleitung eingesetzt wird. Durch die thermischen, mechanischen und physiko-chemischen Wirkungen werden beispielsweise Verspannungen gelöst und Heilungen angeregt. Doch zur Prävention von möglichen Verbrennungen des Periosts wird der Ultraschall nicht oder lediglich als Impulsschall angewendet, bei dem die mechanischen Wirkungen im Vordergrund stehen [6, 11].

Durch die genaue Erforschung der thermischen Wirkung von therapeutischem Ultraschall könnte dem Verbren-

nungsrisiko entgegengewirkt werden. Wenn genau bekannt ist, wann und nach welcher Anwendungszeit es zu Verbrennungen kommt, kann die Behandlung daran angepasst werden und die Patienten können von den positiven Effekten wie Wärme, Massage oder Stoffwechsellanregungen profitieren.

Hierbei muss beachtet werden, dass jeder menschliche Körper anders ist. Der Abstand zwischen Ultraschallkopf und Knochen ist aufgrund der verschiedenen Körpergrößen bei jedem Menschen anders. Hinzu kommen noch das individuelle Wärmeempfinden sowie die unterschiedlich schnellen Stoffwechselprozesse. Diese Unterschiedlichkeit der Menschen erschwert es, eine allgemeine, für jeden Menschen gleich wirkende Be-

handlungsform zu definieren. Es ist sehr aufwendig und kostenintensiv, eine individuelle Behandlungsform zu erstellen.

Um mehr Verständnis über die thermische Wirkung von therapeutischem Ultraschall zu gewinnen, werden Versuche an Phantomen durchgeführt – basierend auf einschlägigen Quellen [2, 3, 5, 7, 8]. Zusätzlich werden Ultraschalltests, wie sie in orthopädischen Praxen angewendet werden, an Probanden durchgeführt und dabei die Temperatur durch Infrarotthermografie gemessen.

Therapeutischer Ultraschall

In der Medizin unterscheidet man den diagnostischen und den therapeutischen

¹ Labor Biomechanik der FH Aachen, FB9, Campus Jülich

Ultraschall. Hier wird auf Letzteren näher eingegangen. Ultraschall wird seit 1939 als physikalische Therapie an Patienten angewendet – meist mit einer Frequenz von 800 kHz [9: p. 191; 4: p. 387].

Bei der Ultraschalltherapie treten 3 Wirkeffekte auf: ein mechanischer, ein thermischer und ein physiko-chemischer Effekt [11: p. 605]. Bei der mechanischen Wirkung kann von einer Wechselwirkung des inneren Gewebes mit den Longitudinalwellen des Ultraschalls ausgegangen werden. Dadurch kommt es durch Kavitation zu einer Art inneren Massage des Gewebes und durch den mechanischen Druck zu Zellaktivierungen in den Knochen [6: p. 40]. Die thermische Wirkung entsteht beim therapeutischen Ultraschall durch das Phänomen der Absorption und der Reflexion. Das Gewebe absorbiert und reflektiert den Ultraschall, und es entsteht an den Grenzflächen zwischen den verschiedenen Gewebearten Wärme [4: p. 391; 11: pp. 606–607]. Bei der physiko-chemischen Wirkung steht die Alkalisierung des Gewebes im Mittelpunkt. An den Zellmembranen kommt es zu einer Permeabilitätsänderung, welche eine Steigerung der Diffusion zur Folge hat. Dadurch kommt es wiederum zur Hyperämie und zu einer Stoffwechselsteigerung [11: p. 607].

Bei der Ultraschalltherapie werden 2 verschiedene Ultraschallarten verwendet: der kontinuierliche und der pulsierende Ultraschall. Beim kontinuierlichen Ultraschall – oder auch Gleichschall – wirkt die Schallwelle kontinuierlich, also ohne Unterbrechung, auf das zu behandelnde Gewebe ein. Diese Form wird angewendet, wenn die Wärmewirkung im Vordergrund der Therapie steht. Hier wird mit dem geringsten technischen Aufwand die größte Energie auf das Gewebe übertragen. Wenn jedoch die mechanische Wirkung des Ultraschalls im Vordergrund steht, wird der pulsierende Ultraschall, auch Impulsschall genannt, angewendet. Hierbei wird die Ultraschallintensität periodisch unterbrochen und das Gewebe thermisch geschont [6: pp. 17–18]. Außerdem besitzt der Impulsschall eine muskelrelaxierende Wirkung [3: p. 271].

Wie die meisten medizinischen Anwendungen hat auch der therapeutische Ultraschall Nebenwirkungen. Eine objektive Dosierung ist nicht möglich [4: p. 387]. Jeder Mensch empfindet Tem-

peratur, umgangssprachlich Wärme, anders. Und Wärme ist der Richtwert für die richtige, stets individuelle Dosierung des therapeutischen Ultraschalls. Dennoch dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschritten werden. Wird ein zu hoher Schall appliziert, sind sogar gravierende thermische und mechanische Schäden möglich. Bei einer starken Überhitzung kann es so zur Denaturierung von Eiweißmolekülen im Gewebe kommen. In Bereichen, in welchen der Patient eine gestörte Sensibilität hat, sollte also keine Anwendung des therapeutischen Ultraschalls erfolgen. Außerdem sollte hochfrequenter Ultraschall (800 kHz bis 1 MHz) nicht angewendet werden, wenn Veränderungen der Haut vorliegen. Ebenso wenig bei akuten, entzündlichen und fieberhaften Erkrankungen, Gefäßerkrankungen, malignen Tumoren, Kreislaufstörungen, Herzkrankungen und Störungen der Blutgerinnung. Bei einer schwangeren Patientin sollte die Beschallung des Bauchbereichs mit hochfrequentem Ultraschall auf jeden Fall vermieden werden. Es sollte auch darauf geachtet werden, dass keine metallischen Gegenstände wie z.B. Prothesen oder Herzschrittmacher im zu beschallenden Bereich liegen, da es durch die mechanische Wirkung zur Lockerung kommen kann. Darüber hinaus sollte die Beschallung von empfindlichen Drüsen, Hoden, Ovarien, Augen, größerer Organe (Herz, Gehirn, Leber, Milz oder Lunge) und Wachstumszonen vermieden werden [6: pp. 102–103; 11: p. 608].

Infrarotthermografie

Thermografie ist ein Verfahren der Oberflächentemperaturmessung, welches bildlich dargestellt wird. Unter Wärmeübertragung wird der Energieaustausch durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung verstanden. Bei der Thermografie wird der augenblickliche, statische, stationäre Zustand eines Wärmeflusses gemessen und bildlich in einem Thermogramm dargestellt [12: p. 18].

Unter Konduktion wird die Wärmeleitung, d.h. die weitergeleitete Wärmeenergie innerhalb eines Materials verstanden. Je höher die spezifische Wärmeleitfähigkeit eines Materials, desto höher ist die Wärmeleitfähigkeit des

Materials [12: p. 25]. Konvektion beschreibt die thermische Gesamtbewegung von flüssiger und gasförmiger Materie. Beide beschriebenen Effekte treten bei der aktiven Thermografie auf, wie beispielsweise bei der Erwärmung durch einen Luftstrom [12: p. 25]. Bei der oben genannten Strahlung handelt es sich um Wärmestrahlung, die auch Infrarotstrahlung genannt wird. Im Strahlenspektrum kann die Infrarotstrahlung zwischen der sichtbaren Strahlung und den Radiowellen eingeordnet werden; mit den Unterbereichen naher Infrarotbereich (0,78–3 μm), mittlerer Infrarotbereich (3–7 μm), langwelliger Infrarotbereich (7–14 μm) und der ferne Infrarotbereich mit einer Wellenlänge oberhalb von 14 μm [13: p. 12].

Bei der Infrarotthermografie wird der sogenannte „schwarze Körper“ als Referenzpunkt für die Messungen verwendet, da er ein hypothetischer und idealisierter Körper ist, der auftreffende elektromagnetische Strahlung bei jeder Frequenz vollständig absorbiert [12, p. 58]. In der medizinischen Anwendung kann von den besonders günstigen Verhältnissen der Haut profitiert werden. Die menschliche Haut besitzt einen Emissionsgrad von $\epsilon_{\text{ges}} = 0,98 \pm 0,01$ für $\lambda > 2 \mu\text{m}$ (λ : Wellenlänge) und ist damit einem schwarzen Körper sehr nahe [10: p. 293]. Ziel bei der medizinischen Anwendung ist die Feststellung abnormaler Temperaturverteilungen auf der Hautoberfläche. Aus diesen können dann Rückschlüsse auf eventuelle Krankheiten geschlossen werden. Beispiele sind Früherkennung von Brustkrebs, Erkennung von Tumoren, Metastasen, Verbrennungen und Erfrierungen, Wundheil- und Durchblutungsstörungen und rheumatische Erkrankungen [10: pp. 303–304].

Versuche am Hydrogel

Um Erkenntnisse über die Wärme zu gewinnen, die im Inneren des Phantoms durch therapeutischen Ultraschall entsteht, wurde ein gewebeähnliches Phantom erstellt. Es handelt sich um eine Mischung der Proteine BSA (Rinderserumalbumin, engl. bovine serum albumin) und PAG (Poly-Aldehydgluronat). Dieses Phantom besitzt sehr ähnliche thermische und akustische Eigenschaften wie weiches Gewebe [5: p. 2; 2: p. 1; 7: p. 1].

Für das Hydrogel werden nachstehende Chemikalien benötigt:

- 148,5 g destilliertes Wasser,
- 1 g N,N'-Methylenbisacrylamid,
- 5 g Ammoniumperoxodisulfat,
- 0,0187 g Poly-Acrylsäure,
- 18,75 g Acrylamid, 7 g BSA.

Nach dem Abwiegen der verschiedenen Substanzen wurden zuerst Poly-Acrylsäure und Acrylamid vermischt. Danach wurde der Vernetzter N,N'-Methylenbisacrylamid und der Initiator Ammoniumperoxodisulfat in das Becherglas hinzugefügt, und alles wurde erneut vermischt. Anschließend wurde das BSA untergemischt und in destilliertem Wasser aufgelöst. Die Masse wurde so lange mit einem Magnetrührer in einem 30 °C warmen Wasserbad vermischt, bis alles komplett aufgelöst war. Dabei wurde die Temperatur des Bades mit Tinytag-Temperatur Sensoren der Firma Gemini Data Loggers (UK) Ltd dauerhaft überwacht. Die Mischung verblieb so lange im Wasserbad, bis die Temperatur rapide zu steigen begann. Dann kam das Becherglas in ein kaltes Wasserbad und umgehend in den Kühlschrank, damit die Polymerisationstemperatur nicht zu hoch wurde.

Die Messungen an dem Hydrogel-Phantom wurden mit dem Ultraschallgerät PHYSIOSON-Expert der Praxis Dr. med. Kochs et al. in Aachen durchgeführt. Es wurden Messungen mit Impulsschall und mit Permanentschall durchgeführt. Das Hydrogel wurde in verschiedenen Dicken geschnitten und auf ein Stück Holzlatte gelegt. Es hatte Raumtemperatur. In das Hydrogel wurde zum Messen der Temperatur ein Tinytag Temperatursensor hineingeführt (Tab. 1).

Bei Impulsschall tritt keine erhebliche Erwärmung des Hydrogels auf. Die Temperatur bleibt konstant. Bei dieser Ultraschallart steht die mechanische „Massagewirkung“ in Vordergrund. Beim Permanentschall ist hingegen eine deutliche Temperaturerhöhung messbar. Bei dieser Ultraschallart liegt die thermische Wirkung im Vordergrund.

Dies war ein Modellversuch mit Holz. Im Körper trifft der Ultraschall auf kortikale Knochen. Nach Berechnung des Wellenwiderstands kann davon ausgegangen werden, dass der Wellenwiderstand bei Holz um den Faktor 5,3 höher ist als bei kortikalen Knochen.

Versuche am Probanden

Bei diesem Versuch wurden mit dem PHYSIOSON-Expert bei 1 MHz Ultraschall und 1 W/cm² Leistung n = 5 Messungen mit pulsierendem Schall und n = 5 Messungen mit permanentem Schall am Knie durchgeführt. Dabei wird die Wärmeentwicklung mit einer Infrarotkamera des Modells VariocAM HD der Firma InfraTec GmbH, Dresden, gemessen. Die Aufnahmezeit betrug 2 Hz. Jede Messung dauerte t = 10 Minuten. Die Probanden saßen alle aufrecht auf einem Stuhl und wurden gebeten, möglichst still zu sitzen. Die Kamera stand auf einem Stativ vor ihnen und hat den Focus auf die Knie gesetzt. Die Messergebnisse der Infrarotkamera wurden mit einer zur Kamera gehörenden Auswertungssoftware von InfraTec bearbeitet.

Nach dem Auswerten der Daten können den Messreihen Formeln zugewiesen werden, welche die Trendlinien der Messungen beschreiben. Die Messreihe, bei der mit Impulsschall gearbeitet wurde, folgt der Geradengleichung $y = -0,0041x + 14,792$. Die Messreihe, bei der mit Permanentschall gearbeitet wurde, folgt der Gleichung $y = 0,0023x + 9,9536$. Beide Trendlinien werden in Abbildung 1 in demselben Diagramm über dieselbe Anzahl von Werten dargestellt.

Beim Impulsschall (diskontinuierlicher Schall, blaue Linie) war keine sichtbare Temperaturerhöhung zu erkennen. Die mechanische Wirkung steht hier im Vordergrund. Der blaue Graph lässt eine Abkühlung durch das Ultraschallgel erkennen. Beim Gleichschall (kontinuierlicher Schall, rote Linie) war eine sichtbare Temperaturerhöhung zu erkennen. Hier steht die thermische Wirkung im Vordergrund.

Diese thermische Wirkung ist in Abbildung 2 durch ein Nachziehen der Wärme zu erkennen. Der Ultraschallkopf wird in kreisenden Bewegungen im Uhrzeigersinn um die Kniescheibe bewegt. Am Ultraschallkopf (R1) erkennt man die Erwärmung durch die orange-rote Färbung. Diese Erwärmung kühlt durch die Verdunstungskühle des Ultraschallgels beim Weiterführen des Ultraschallkopfs langsam wieder ab. Dies ist durch einen gelblichen, langsam ins Grüne verlaufenden „Wärmeschweif“ (über R4 zu R2 verlaufend) zu erkennen:

Bei den thermografischen Messungen kann nur die Wärmeentwicklung an der Oberfläche detektiert werden. Es ist an der Oberfläche genug Wärme entstanden, sodass die Verdunstungskühle des Ultraschallgels kompensiert werden konnte. Jedoch ist von einer Tiefenwirksamkeit des therapeutischen Ultraschalls die Rede. Das heißt, die Wärme entsteht nicht an der Oberfläche, son-

Nr.	Dicke Hydrogel (cm)	Tiefe Temperatursensor (cm)	Ultraschallart Leistung	Dauer (min.)	ΔT (°C)
1	4,8	4,5	Impuls; 1:5; 1W/cm ²	10	1,2
2	4,8	4,5	Permanent; 2W/cm ²	12	6,6
3	4,0	3,7	Impuls; 1:5; 1W/cm ²	10	konstant
4	4,0	3,7	Permanent; 2W/cm ²	12	4,2
5	3,0	2,7	Impuls; 1:5; 1W/cm ²	10	konstant
6	3,0	2,7	Permanent; 2W/cm ²	12	5,8
7	2,0	1,7	Impuls; 1:5; 1W/cm ²	10	konstant
8	2,0	1,7	Permanent; 2W/cm ²	12	9,3
9	1,0	0,7	Impuls; 1:5; 1W/cm ²	10	konstant
10	1,0	0,7	Permanent; 2W/cm ²	4,1	8,5

Tabelle 1 Protokoll Messungen Hydrogel mit 1 MHz

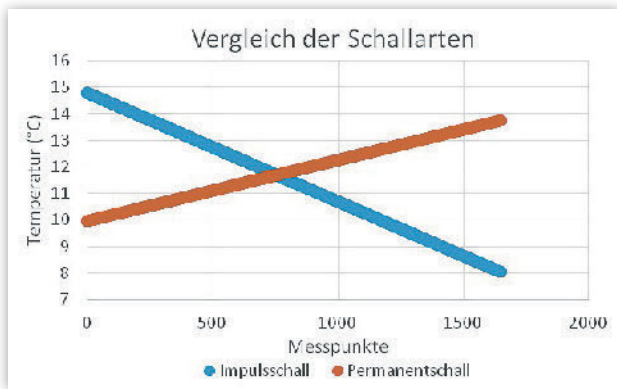


Abbildung 1 Vergleich der Schallarten

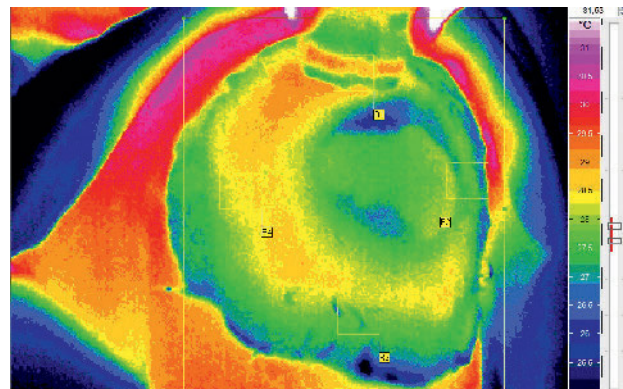


Abbildung 2 „Wärmeschweif“ bei im Uhrzeigersinn kreisender Bewegung des Ultraschallkopfs und Messung am Knie eines Probanden mit abnehmender Temperatur über R4 zu R2 verlaufend infolge Verdunstungskühle. Quelle: Thermografische Messungen ZEA-1; Team MSE

dern im Gewebe. Dies ist mit diesem Versuch nicht darstellbar, jedoch kann das mit dem Hydrogelversuch nachvollzogen werden. Die Probanden haben von einer angenehmen Wärme im Knie und angenehmen Nachwirkungen für den Rest des Tages berichtet.

Fazit und Diskussion

Beim Hydrogelversuch wurde eine deutliche Erwärmung des Phantoms beobachtet, welche ohne Ultraschall nicht entstanden wäre. An der Grenzfläche zwischen Phantom und Holzlatte ist durch die Absorption von dem therapeutischen Ultraschall Energie freigesetzt worden. Dies ist Energie in Form von Wärme.

Der Probandenversuch hat mithilfe von Infrarottechnik gezeigt, dass beim therapeutischen Ultraschall auch Wärme an der Hautoberfläche entsteht. Die Probanden haben ebenfalls von einem Wärmegefühl im kompletten Knie berichtet. Es handelt sich um eine angenehme Wärme. Bei einer korrekten Anwendung der Dosis und der Anwendungszeit in den orthopädischen Praxen kann es zu keinen Verbrennungen des Periosts kommen. Bei Fehlanwendungen können jedoch Verbrennungen entstehen.

In beiden Versuchen konnte bestätigt werden, dass beim Impulsschall die mechanische Wirkweise im Vordergrund steht. Es entstand zwar Wärme beim Impulsschall, die allerdings so gering war, dass sie durch die Küh-

lungswirkung des Ultraschallgels kompensiert wird. Beim Gleichschall steht die thermische Wirkung im Vordergrund.

Von dem Phänomen, dass bei Gleichschall mehr Wärme entsteht als bei Impulsschall, schrieben schon van Laack und Albrecht im Jahr 1987. Sie berichteten davon, dass der Impulsschall eine konstante Wärmebildung verhindern würde [11]. Conradi, Fritze und Hoffmann stellten bereits 1983 ebenfalls Unterschiede zwischen Gleich- und Impulsschall fest. Für ihre Erklärung für diese Temperaturunterschiede liefern die physikalischen Abhängigkeiten der Wärmeentwicklung und des Wärmetransports im Gewebe die Grundlage. Sie gehen davon aus, dass die Temperaturunterschiede auf einer anderen Temperaturverteilung beruhen, die Folge des tieferen Eindringendes des sinusförmigen Impulsschalls ist [3]. Die Autoren der Quellen, die sich mit Hydrogelphantomen beschäftigt haben, berichten von einer sehr starken Wärmeentwicklung, welche beim Menschen zu Verbrennungen führen würden. Doch wurde in allen diesen Quellen mit einer größeren Ultraschallfrequenz von 27 MHz gearbeitet, welche die größere gemessene Wärme erklärt [2, 5, 7, 8].

Beim Gleichschall entsteht möglicherweise mehr Wärme, da das Gewebe dem Schall permanent ausgesetzt ist. Das Gewebe beginnt in der Frequenz des Schalls zu schwingen, und diese kinetische Energie äußert sich in Form von Wärme. Beim Impulsschall ist das Gewe-

be nicht durchgehend, sondern intervallweise dem Schall ausgesetzt. In der Tiefe des Gewebes entsteht möglicherweise mehr Wärme als auf der Oberfläche, da durch Nutzung des Ultraschallgels an der Oberfläche kaum Schall absorbiert wird. Knochen jedoch absorbiert den Schall fast komplett. Die Schallenergie, die dabei vom Knochen aufgenommen wird, wird in Wärme umgewandelt. An Übergängen zwischen verschiedenen Gewebearten wird ebenfalls Schall absorbiert und reflektiert, allerdings nicht so stark wie beim Knochen.

Für weitere Forschungen könnten Dummies gebaut werden, welche aus dem Hydrogel-Phantom bestehen. In dieses Hydrogel können Inhomogenitäten eingegossen werden: Holz, welches die starke Absorption der Knochen simuliert, und Glasperlen ($\varnothing = 2 \text{ mm}$; 2 g), welche den erhöhten Streukoeffizienten eines Organs simulieren. Außerdem könnten in das Hydrogel Ultraschall- und Temperatursensoren mit eingegossen werden. So ließen sich Erkenntnisse darüber gewinnen, wie viel Erwärmung in welcher Tiefe und bei welcher Inhomogenität entsteht. Außerdem wäre eine Studie denkbar, in der Schalleistungsmessungen am Ultraschallgerät durchgeführt werden [1]. So könnte ein Zusammenhang zwischen Leistung, Wärme als Energie und Temperaturentwicklung an einem Dummy untersucht werden. Somit könnten Rückschlüsse auf die Zusammenhänge beim Patienten gezogen werden.

Danksagung: Unser Dank gilt zunächst der orthopädischen Praxis Dr. med. Andreas Kochs et al. in Aachen für die Ausleihe des verwendeten Ultraschalltherapiegeräts. Außerdem gilt unser Dank Dr. Eberhard Rosenthal, Marcel Turiaux und Dr. Harald Glückler vom Team für Machbarkeitsstudien und Ex-

perimente des Instituts Engineering und Technologie ZEA-1 des Forschungszentrums Jülich für die Durchführung der Infrarotmessungen. OUP

Interessenkonflikt: Keine vorhanden.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Walter van Laack
Labor Biomechanik der FH Aachen
FB9
Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-Straße 1
52428 Jülich
dr.vanlaack@web.de

Literatur

- Berger M: Entwurf und Realisierung eines Messplatzes zur Schalleistungsmessung an Ultraschalltherapiegeräten. Bachelorarbeit, Hochschule Mittweida, Mittweida, 2010
- Choi MJ, Guntur SR, Lee KI, Paeng DG, Coleman A: A tissue mimicking polyacrylamide hydrogel phantom for visualizing thermal lesions generated by high intensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2012; 39: 439–48
- Conradi E, Fritze U, Hoffmann B: Untersuchungen zur Verteilung der Wärmeenergie in verschiedenen Gewebsschichten beim Schwein nach Ultraschalltherapie im Gleich- und Impulschall. *Phys Med Rehab Kuror.* 1983; 35: 271–80
- Hutten H (Hrsg.): Biomedizinische Technik 2: Therapie und Rehabilitation. Berlin: Springer, 1992
- Kim HJ, Kim HG, Zheng Z et al.: Coagulation and ablation patterns of high-intensity focused ultrasound on a tissue-mimicking phantom and cadaveric skin. *Lasers Med Sci.* 2015; 30: 2251–58
- Knoch HG, Knauth K: Therapie mit Ultraschall. 4. Aufl., Jena: Gustav Fischer, 1991
- Lafon C, Zderic V, Noble ML et al.: Gel phantom for use in high-intensity focused ultrasound dosimetry. *Ultrasound Med Biol.* 2005; 31: 1383–9
- Maxwell AD, Wang TY, Yuan L, Duryea AP, Xu Z, Cain CA: A tissue phantom for visualization and measurement of ultrasound-induced cavitation damage. *Ultrasound Med Biol.* 2010; 36: 2132–43
- Morneburg H (Hrsg.): Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik. 3. Aufl., München: Publicis MCD, 1995
- Schuster N, Kolobrodov VG: Infrarotthermographie. 2. Aufl., Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2004
- van Laack W, Albrecht T: Ultraschalltherapie in der Praxis. *ZFA Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 2010; 63: 606–8
- Zimmermann T, Zimmermann M: Lehrbuch der Infrarotthermografie. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012

AKTUELLES / NEWS

Medien / Media

Handbuch UV-GOÄ (Stand Januar 2018). Abrechnung der Heilbehandlung in der Gesetzlichen Unfallversicherung

Barbara Berner, Deutscher Ärzteverlag, 2. Auflage 2018, 752 Seiten, broschiert, mit CD-Rom, ISBN 9783769136586, 69,99 Euro

Das Handbuch UV-GOÄ, herausgegeben von Frau Barbara Berner, ist im Deutschen Ärzteverlag in der 2. Auflage erschienen. Die Autoren der einzelnen Kapitel sind jeweils erfahrene Fachärzte. Das Buch stellt in einem gut gegliederten Aufbau die Grundlagen der Abrechnung mit den Unfallversicherungsträgern dar. In weiteren Kapiteln werden die einzelnen ansetzbaren Pauschalen für die Erstattung durch die Kostenträger aufgeführt. Das Buch enthält in übersichtlichen Tabellen sowohl die seit 01.10.2017 als auch die ab 01.01.2018 geltenden Sätze. Zum einen stellt die gute Aufarbeitung der trockenen Thematik für den am BG-Verfahren interessierten Arzt in der



Weiterbildung und im Alltag eine wichtige Informationsquelle zum berufsgenossenschaftlichen Heilverfahren dar. Zum anderen bietet es eine unverzichtbare Unterstützung für die korrekte Abrechnung von erbrachten Leistungen mit den Kostenträgern. Als weiteres Plus liegt dem Buch eine CD-ROM mit aktuellen Hinweisen, wichtigen Adressen und der aktuell gültigen Gebührenordnung bei.

Dr. Sören Bachmann, Kassel