

April 2025



# THEORIE UND ANWENDUNG DER STOSSWELLEN THERAPIE UND ELEKTROTHERAPIE

Referenten:

Carolina Lopez Navarro

Fabian Loosli-Zimmerli



# ABLAUF

1. Einleitung

2. Compex

- Theorie
- Anwendung

3. Stosswellentherapie

- Theorie
- Anwendung



Carolina



Fabian

Herzlich willkommen!

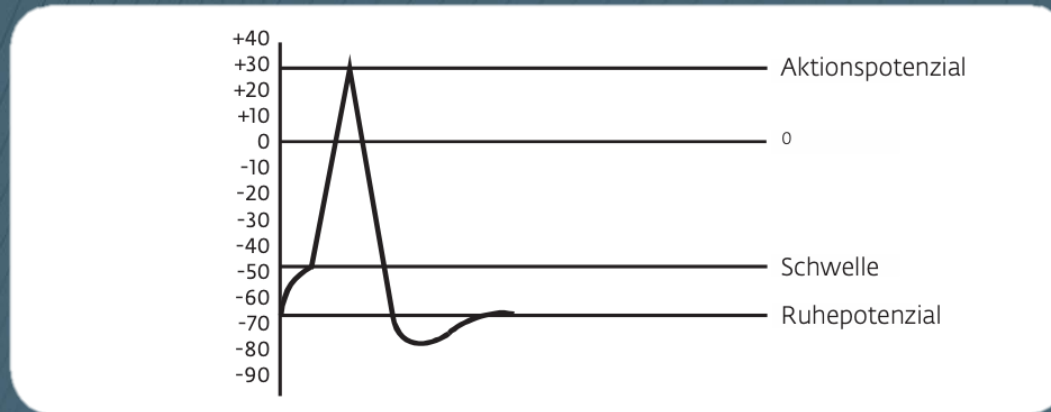


# Compex

## Theorie: Elektrotherapie

Die Ruhepotenzial von Nervenzellen-Membran = -70 mV

Um an der Oberfläche der Zellmembran ein Aktionspotenzial zu erzeugen, muss das Ruhepotenzial auf einen bestimmten Schwellenwert gesenkt werden, der durchschnittlich -50 mV beträgt.

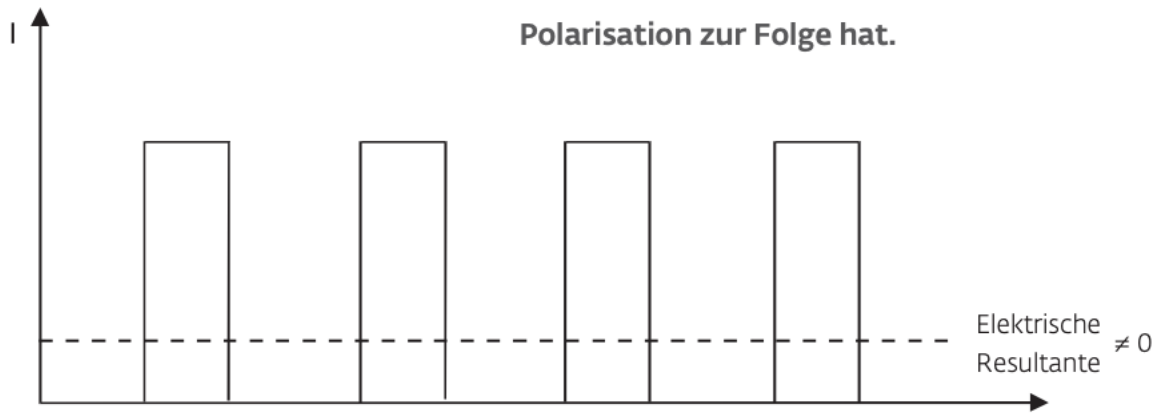


Wenn der Schwellenwert erreicht ist, wechselt die Membran vom Ruhezustand in den Aktivitätszustand. Es tritt ein Aktionspotenzial auf, das sich entlang der Nervenfasern fortbewegt.

# Compex

## Theorie: Elektrotherapie

Nicht kompensierte Stromimpulse.  
Die elektrische Resultante ist nicht Null, was eine  
Polarisation zur Folge hat.

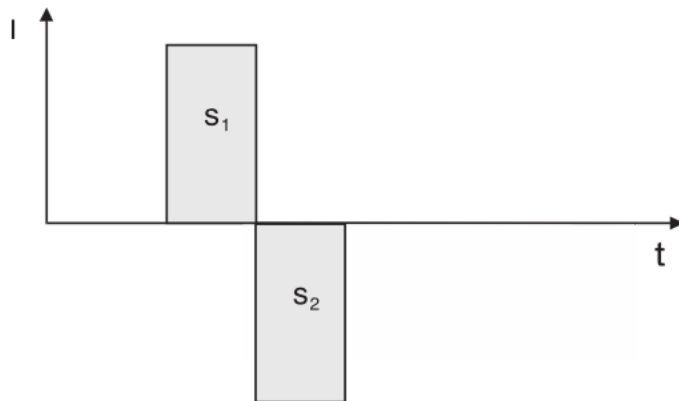


z.B. Galvanischer  
Strom

Es kann zu  
Hautverbrennungen und  
eventuell bei  
Osteosynthesematerial aus  
Metall auch zu einer  
Ionisation kommen.

# Compex

## Theorie: Elektrotherapie



Rechteckiger, kompensierter  
Stromimpuls;  $S_1 = S_2$ , daher ist  
die elektrische Resultante Null.

Elektrische Resultante = 0

1 Impuls  
=  
1 Aktionspotential  
=  
1 Muskelkontraktion

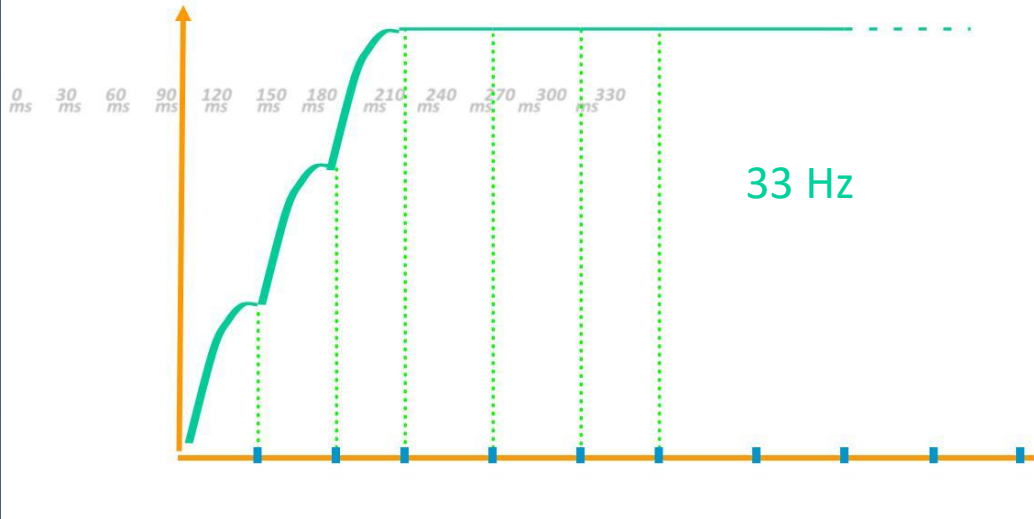
Um das Polarisations-Problem zu lösen, muss die positive Stromkurve mit einer negativen Kurve mit gleicher elektrischer Ladung kompensiert werden. Dieser Strom wird als vollständig kompensiert bezeichnet und die Polarisationsrisiken entfallen.

# Unterschiede Atrophie-Behandlung und Muskelkräftigung

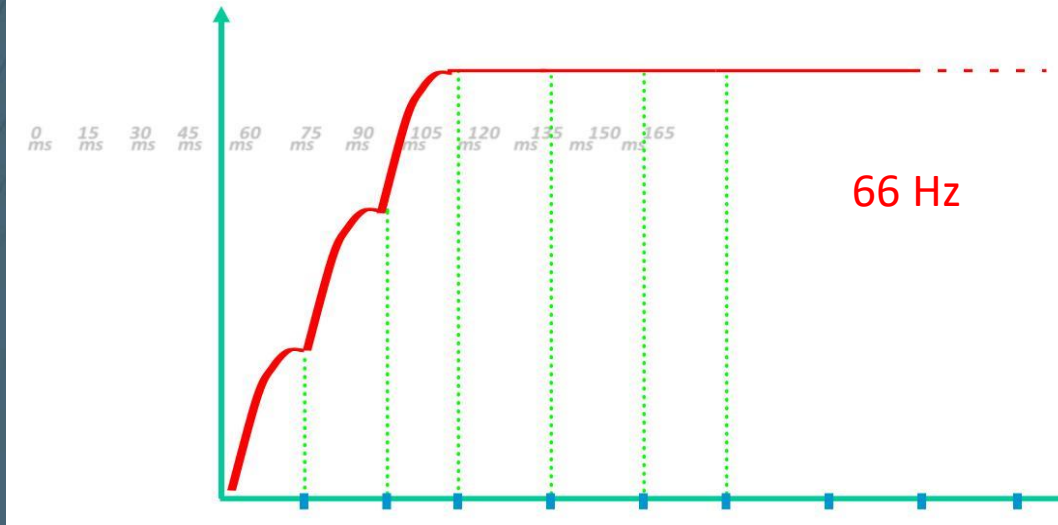
## Complex

Theorie: EMS oder NMES = NeuroMuscleElectroStimulation

*langsame Fasern*



*schnelle Fasern*

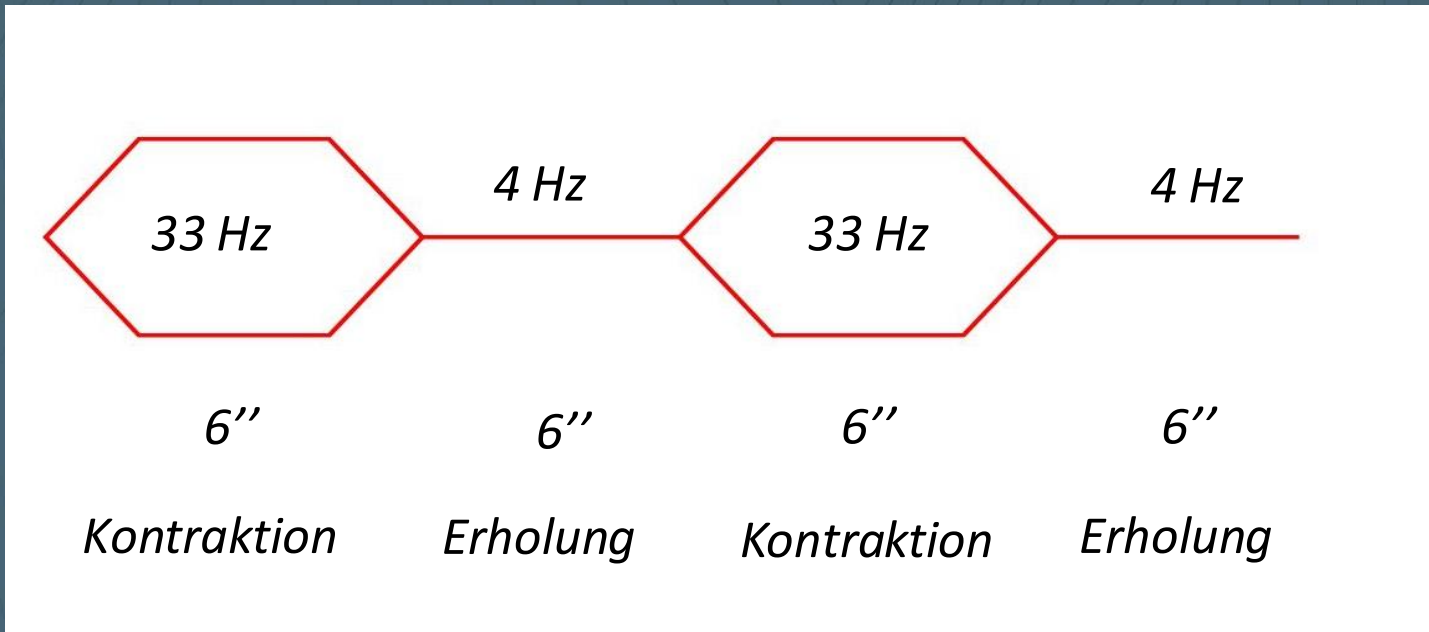


Herz-Wert für tetanische Reaktion der Muskelfasern

# Complex

Theorie: EMS oder NMES = NeuroMuscleElectroStimulation

Atrophie-Behandlung

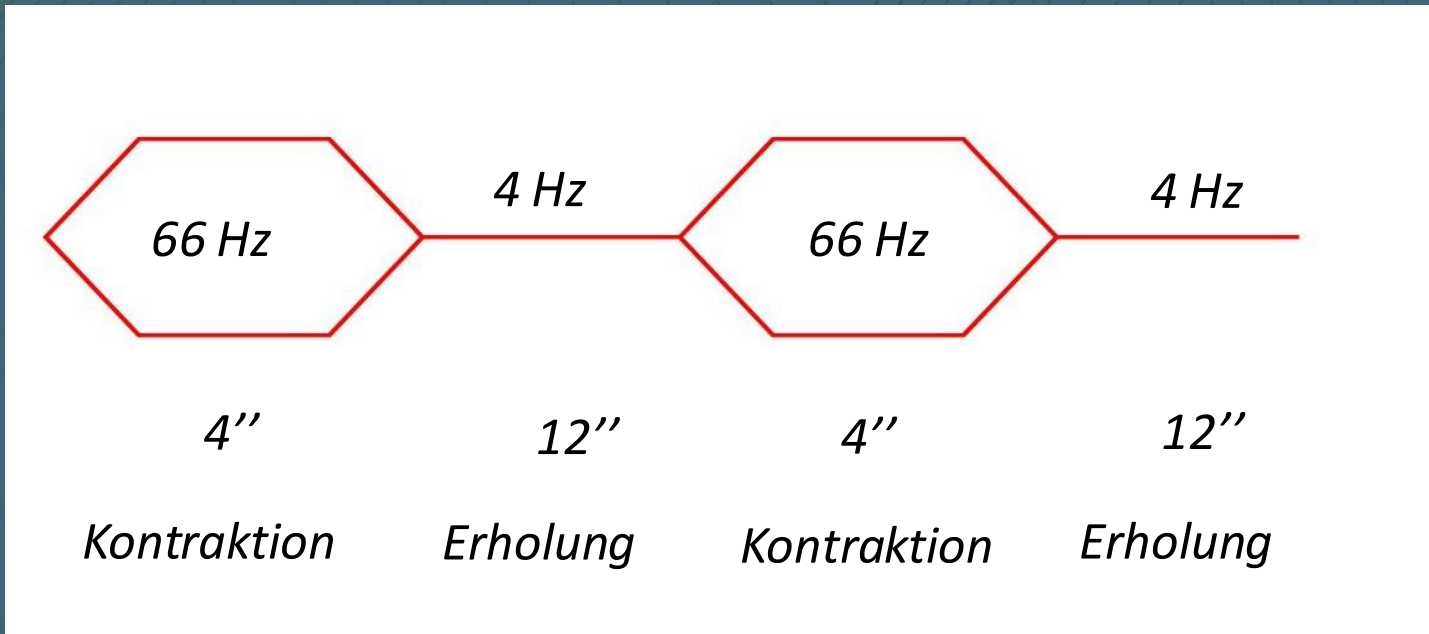


Kontraktions-  
und Erholungs-  
phase sind gleich  
lang.

# Complex

Theorie: EMS oder NMES = NeuroMuscleElectroStimulation

Kräftigung



Kürzere  
Kontraktionsphasen,  
längere  
Erholungsphasen.



# Compex

Evidenz: EMS oder NMES = NeuroMuscleElectroStimulation



## Knieosteoarthritis

Santos et al. (2020) führten eine systematische Übersichtsarbeit mit Meta-Analyse durch, um die Auswirkungen der NMES auf die Muskelkraft, die Schmerzlinderung und die Funktion bei Patienten mit Knieosteoarthritis zu bewerten.

Die Ergebnisse zeigten, dass die NMES, kombiniert mit **Übungen**, die isometrische Muskelkraft des Quadrizeps im Vergleich zur aktiven Kontrollgruppe erhöhte.

Es wurden jedoch keine signifikanten Verbesserungen in der **physischen Funktion** beobachtet, und die Ergebnisse hinsichtlich der **Schmerzlinderung** waren umstritten.

# Compex

Evidenz: EMS oder NMES = NeuroMuscleElectroStimulation



## Neurologische Rehabilitation

Sentandreu-Manó et al. (2015) führten eine systematische Übersichtsarbeit durch, die die Wirksamkeit der distalen NMES bei der Rehabilitation des **oberen Gliedmaßes** nach einem Schlaganfall bewertete.

Die Ergebnisse zeigten, dass NMES hilfreich sein könnte, um die **motorische Funktion** zu verbessern, obwohl weitere Untersuchungen erforderlich sind, um die optimalen Parameter und die Langzeiteffektivität zu bestimmen.

# Compex

## Theorie: TENS (Transkutane Elektrische Nerven Stimulation)

### Ziel:

Stimulierung afferenter Nervenfasern zur Schmerzlinderung oder Trophik-Verbesserung.

### Theorie:

Durch die Stimulation eines Rechteckstroms wird die Erregung von Nerven und Muskelgewebe durch den Transport von Ionen durch die Gewebemembran ausgelöst. Dabei spielt der Mechanismus der Natrium-Kalium-Pumpe eine wichtige Rolle.

**Achtung TENS ist monophasisch, sprich es kommt zu einer Polarisation im Gewebe. Dies bedeutet eine Verätzungsgefahr der Haut!**

# Compex

## Theorie: TENS (Transkutane Elektrische Nerven Stimulation)

### Theorie:

Zwischen Elektrode und Gewebe wird der Elektronenstrom in einen Ionenstrom im Gewebe umgewandelt.

An der Anode und in dem darunterliegenden Gewebe werden positive Ionen (Natrium und Kalium) abgestoßen, während negativ geladene Ionen (hauptsächlich Chlor) gleichzeitig angezogen werden. Die Kathode zieht die positiven Ionen an und stößt negative Ionen ab.

Positive Ionen werden unter der Anode in die stimulierte Faser hineingebracht und an der Kathode hinausgezogen. So wird ein Aktionspotential ausgelöst.

Die Polarität kann für die Anwendung von Iontophorese benutzt werden.

# Compex

## Theorie: TENS (Transcutane Elektrische Nerven Stimulation)

### Wirkungsweise:

1. Niederfrequenter Stimulation: das körpereigene Hormon Endorphin wird freigesetzt. Endorphine haben eine schmerzlindernde Wirkung.
2. Hochfrequente Stimulation: eine elektrische Reizung sorgt für eine Interferenz zwischen den schmerzleitenden Nervenfasern und der Schmerzübermittlung im Rückenmark. So wird die Schmerzweiterleitung ans Gehirn blockiert (Gate Control)

Niederfrequenz:  
2-3 Hz

Hochfrequenz:  
Bis 150 Hz

# Compex

Evidenz: TENS (Transcutane Elektrische Nerven Stimulation)

Neuropathischer Schmerz: Takahashi et al. (2015) analysierte die Wirksamkeit von TENS in 15 Studien mit 724 Teilnehmern.

Die Ergebnisse zeigten, dass TENS die Schmerzintensität im Vergleich zum Placebo signifikant reduzierte.

Allerdings schränken die große Vielfalt der Behandlungsprotokolle und das Risiko von Verzerrungen in einigen Studien die Verallgemeinerbarkeit dieser Ergebnisse ein.

# Compex

Evidenz: TENS (Transcutane Elektrische Nerven Stimulation)

Chronischer nicht-maligner Schmerz: Sid-Inico (2019) bewertete die Wirksamkeit von TENS bei 200 Patienten mit chronischem nicht-malignem Schmerz über einen Zeitraum von zwei Jahren.

Die Ergebnisse zeigten eine mittlere **Schmerzlinderung von 44,9 %** im ersten Monat, die nach **sechs Monaten 58,6 %** erreichte.

Obwohl die Wirksamkeit mit der Zeit abnahm, setzten **34 %** der Patienten die TENS-Behandlung auch nach zwei Jahren fort. Es wurde festgestellt, dass Schmerzen mit miofaszialer Herkunft besser auf die Behandlung ansprachen.

# Compex

Evidenz: TENS (Transcutane Elektrische Nerven Stimulation)

**Akuter Schmerz: Johnson et al. (2015)** bewertete TENS als alleinige Behandlung für akuten Schmerz bei Erwachsenen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass TENS die Schmerzintensität stärker reduzieren kann als das Placebo.

Aufgrund der kleinen Stichprobengrößen und des möglichen Bias in einigen Studien sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um die Wirksamkeit zu bestätigen.



# Complex

A. Die Taste EIN/AUS drücken



B. Die Kabel anschließen

Hinweis: Das mi-Sensor-Kabel (sofern mit dem Gerät geliefert) kann an jeder Buchse des Stimulators angeschlossen werden.

C. Sprache, Kontrast und Lautstärke auswählen



D. Eine Therapiemethode auswählen



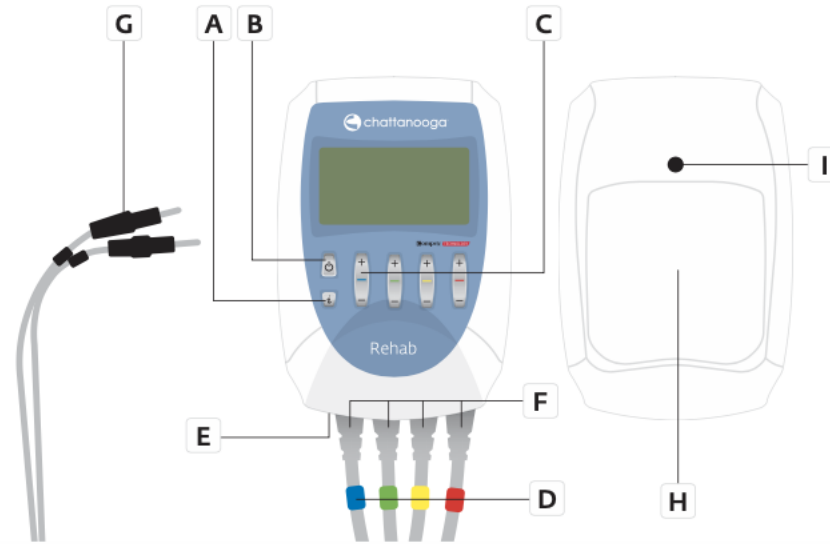
E. Eine Programmkategorie auswählen



F. Ein Programm auswählen



# Complex



- A - Taste Ein/Aus.
- B - i-Taste. Verwendung:
  - Gleichzeitige Erhöhung der Stimulationsenergie auf mehreren Kanälen.
  - Zugriff zum Menü Top 5 (die 5 zuletzt aufgerufenen Programme).
  - Zugriff zum Menü Informationen, Parameter der individuellen Programme.
- C - Tasten +/- für die 4 Stimulationskanäle.
- D - Steckbuchsen für die 4 Stimulationskabel.
- E - Steckbuchse für das Akku-Ladegerät.
- F - Stimulationskabel Kanal 1 = blau, Kanal 2 = grün, Kanal 3 = gelb, Kanal 4 = rot.
- G - Stimulationskabel mit Stiftstecker.
- H - Fach für den aufladbaren Akku
- I - Aussparung für einen Gürtelclip.



# Complex

- F. Ein Programm auswählen
- G. Ein Programm personalisieren
- H. Ein Programm starten
- I. Ein Programm durch Drücken der EIN/AUS-Taste beenden





# Compex

mi-ACTION (willentlich):



Bei diesem Arbeitsmodus löst eine willentliche Kontraktion des aktiven Muskels einen elektrischen Stimulus aus. Die Kontraktion durch Elektrostimulation wird hier also allein durch willentliche Muskelkontraktionen gesteuert.

Zur Erzielung maximaler Wirksamkeit erfordert der Modus mi-ACTION gute Muskeleigenschaften. Leistungsschwache Muskeln können in manchen Fällen das Auslösen der elektrisch induzierten Kontraktion beeinträchtigen.

Die im Modus mi-ACTION eingesetzten Programme bieten eindeutige Vorteile:

- Sie verlangen eine aktive Beteiligung und motivieren den Patienten, sich maximal in seine Behandlung einzubringen.
- Sie stellen es dem Patienten frei, eine Kontraktion auszulösen, und machen die praktische Anwendung der Elektrostimulation auf diese Weise noch bequemer.
- Sie sorgen für noch wirkungsvollere Muskelarbeit, da sie willentliche Übungen und Elektrostimulation verbinden und die Muskelfasern so noch stärker beansprucht werden.
- Sie fördern die Wiederherstellung des Körperschemas und das Wiedererlernen motorischer Fertigkeiten bei Patienten mit Beeinträchtigung der neuromuskulären Steuerung.



## 6. BEHANDLUNGSOPTIONEN

Aufsuchen des **motor**ischen Reizpunkts mit dem Rehab/Theta/Physio:

z. B. Aufsuchen des **motor**ischen Reizpunktes des M. vastus medialis des Quadrizeps

1. Kleben Sie eine große Elektrode am Ansatz des Oberschenkels (dem Muskelbauch) auf.
2. Schließen Sie den negativen Pol des Kabels (schwarz) an den Snap-/Pin-Anschluss der großen Elektrode an, die zur Innenseite des Oberschenkels ausgerichtet ist.
3. Tragen Sie auf der Innenseite des Oberschenkels an der Stelle, die für die positive Elektrode vorgesehen ist (den Bereich des **motor**ischen Reizpunktes), und nach allen Seiten einige Zentimeter darüber hinaus eine dünne, gleichmäßige Schicht leitfähigen Gels auf.
4. Schließen Sie den positiven Pol des Kabels (rot) an den Snap-Anschluss des **Motor Point Pen** an und bringen Sie die Spitze des Stifts mit dem leitfähigen Gel in Kontakt.
5. Schalten Sie das Gerät ein, wählen Sie das Programm „**Motor Point**“ (Programmkategorie: Rehabilitation) und starten Sie das Programm.
6. Erhöhen Sie die Energie auf Kanal 1 sehr langsam, bis ein Wert zwischen 5 und 25 erreicht ist. Bewegen Sie dabei ununterbrochen die Stiftspitze über die Gelschicht, ohne jemals den Kontakt zu verlieren, damit keine Fehlermeldung der Elektroden ausgelöst wird.
7. Sobald Sie eine Muskelreaktion in Form von Zuckungen beobachten, haben Sie den **motor**ischen Reizpunkt des M. vastus medialis lokalisiert. Markieren Sie diesen **motor**ischen Reizpunkt und kleben Sie eine kleine Elektrode mittig auf diesen Punkt.
8. Trennen Sie den Stift vom positiven Ausgang und schließen Sie den positiven Pol des Kabels an die kleine Elektrode an, die mittig auf dem **motor**ischen Reizpunkt des M. vastus medialis platziert sein sollte.



### Warnung!

Patientengefährdung – Kontaminierung des Patienten

Vor jeder Verwendung des **Motor Point Pen** muss der Stift, insbesondere die Spitze, die mit der Haut des Patienten in Kontakt kommt, gereinigt und desinfiziert werden.



# Compex

Anwendung: EMS oder NMES =  
NeuroMuscleElectroStimulation

Intensität: deutliche und vollständige Muskelkontraktion  
Nachregelung: durch Adaption nimmt motorische Reaktion des Muskels  
nach wenigen Minuten ab. Dann Nachregeln.  
Behandlungsdauer: 20 - 30 Minuten  
Behandlungsfrequenz: mehrmals täglich  
Elektrodenplatzierung: im Muskelverlauf, eine Elektrode proximal und eine distal

## Vorteile:

- Einfache Anlage
- Kein Risiko einer Verätzung oder andere Schäden

# Compex

## Anwendungs-Beispiele: EMS oder NMES

- Atrophie-Prophylaxe (Plantarflexoren)
- VKB-Programm
- Muskelverletzung (M. tibialis ant.)

Nach einer Schulung durch den behandelnden Physiotherapeuten ist der Patient in der Lage, die Therapie selbständig fortzuführen.



# Compex

## Anwendung: TENS

Angst und Intensität:

SIT-Test (Setting of Intensity of TENS Test)

Stromintensität hoch fahren bis der Patient ein deutliches aber nicht schmerzhaftes Stromgefühl hat. Dieser Wert wurde als SC1 definiert (Strong but Comfortable 1).

Die Intensität wird erhöht, bis der Patient dies als „schädlich, ungesund“ einschätzt. Die Intensität wird dann sofort wieder heruntergeregelt, bis auf ein Niveau, dass der Patient es als „deutlich, aber knapp nicht schmerzhaft“ einstuft. Das ist nun SC2.

Eine Studie hat ergeben, dass die Intensität von SC2 signifikant höher lag als von SC1.

**Ziel:**  
bei ängstlichen  
Patienten, um eine  
nicht-schädliche  
Wirkung zu  
demonstrieren.

# Compex

Anwendung: TENS

Intensität: sehr deutlich spürbar, nicht unangenehm  
Nachregelung: durch Adaption nimmt die Wahrnehmung der Intensität nach wenigen Minuten ab. Dann behutsames Nachregeln.

Behandlungsdauer: 20 - 30 Minuten  
Behandlungsfrequenz: mehrmals täglich  
Gewöhnung: bei täglicher Anwendung kommt es bei ca. 30% bei gleichen Parametern nach 4-5 Tage zu einem Gewöhnungseffekt

**ACHTUNG:**  
Nicht unangenehm  
ist nicht gleich  
angenehm!

# Compex

Anwendung: TENS

Elektrodenplatzierung:

Davoser Methode, am einfachsten und effektivsten. Strom soll sich im schmerzhaften Bereich ausbreiten. Kann in erster Behandlung eine mehrmalige Umplatzierung zur Folge haben.

Kathode proximal. Eine proximal platzierte Anode kann die afferente Weiterleitung hemmen, Ziel ist jedoch eine Reizung.

Segmentale Platzierung 2 + 2: zwei Elektroden werden im Rückenmarkssegment platziert, zwei im lokal im Schmerzbereich.

**Tipp:**  
Um die Elektroden bei der Platzierung flexibel bewegen zu können, Kontaktgel benutzen.

# Compex

## Anwendung-Beispiele: TENS

- Lokale Schmerzbehandlung
- Segmentale Schmerzbehandlung 2 + 2

# Stoßwellentherapie

## Definition

“Stoßwelle, Schockwelle, Wellenform, die durch einen extrem kurzzeitigen starken Anstieg des Drucks in einer kompressiblen Flüssigkeit entsteht.“

(<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/stoosswelle/13943>)



# Stosswellentherapie

## Geschichte

In den 60er Jahren entstand erstmals die Idee, Stosswellen in der Therapie einzusetzen. Der erste Einsatz erfolgte in der Medizin 1980 um Nieren- und Gallensteine ohne operativen Eingriff zu entfernen. Später wurde die Behandlungsmethode eingesetzt, um schlecht heilende Frakturen, (Pseudarthrosen) zu behandeln.

Durch den erfolgreichen Einsatz in den beiden Gebieten, wurde diese Behandlungsmethode weiter erforscht.

# Stosswellentherapie

## Geschichte

Dadurch wurde die Stosswellentherapie auch in der Behandlung von Krankheitsbildern in muskuloskelettalen Bereich eingesetzt. Seit den 90er Jahren gewinnt die Behandlungsmethode immer mehr an Bedeutung.

### Vorteile:

- In Reha vielseitig einsetzbar
- Wenige Risiken
- Einfache Anwendung

# Stosswellentherapie

Physiologische Wirkung: Schmerzlinderung

Gate-Control-Theorie:

- Nocizeptor-Aktivierung der A- $\beta$ -Fasern durch die intensiven, wiederkehrenden Impulse
- Inhibition der Übertragung von Schmerzsignalen als Reaktion der Interneurone

Beeinflussung der Umgebungsgewebe der Nerven

- Auslösen eines Ödems und Mikroentzündungsprozesses
- hemmende Wirkung auf die Nervenübertragung und -weiterleitung

Vorteil:

- Geringe Gefahr von Nebenwirkungen
- Schwer erreichbare Strukturen können behandelt werden



# Stosswellentherapie

Physiologische Wirkung: Zellstoffwechsel

Veränderung des chemischen Milieus durch mechanische Belastung  
(Mechanotransduktion)

- Aktivierung von Abwehrmechanismen (Produktion von Zytokinen und Freisetzung freier Radikale NO,CO,O-)
- Beschleunigtes Absterben alter und schwacher Zellen
- Bessere Membrandurchlässigkeit
- Freisetzung von schmerz- und entzündungshemmenden Substanzen
- Veränderte Regelung von Entzündungsprozessen

# Stoßwellentherapie

Physiologische Wirkung: Durchblutungsfördernd

Stoßwellen steigern die Durchblutung im behandelten Gewebe.

Dies wiederum steigert den Sauerstoffgehalt, senkt die Kohlendioxidkonzentration im Gewebe signifikant und stimuliert somit den Heilungsprozess.

# Stosswellentherapie

Physiologische Wirkung: Durchblutungsfördernd

In abheilendem Sehngewebe wurden histologische Veränderungen beobachtet, beispielsweise:

- Adhäsionsbildung
- steigende Anzahl der Fibroblasten
- Kollagenstrukturierung
- Zunahme der Kapillaren
- Verdickung des Epitheliums

# Stosswellentherapie

Physiologische Wirkung: Reduktion des Muskeltonus

Prozess:

- entzündungsdämpfende und schmerzmodulierende Wirkung vermutlich durch GABA-erge Interneurone im Hinterhorn
- verbesserte Durchblutung und Lymphabfluss durch mechanische Einwirkung der Druckwelle

# Stosswellentherapie

Behandlungseffekte:

- Wissenschaftlich kurzfristige Schmerzreduktion  
=> analgetisch wirkende Nozizeptorstimulation =>  
Freisetzung der Substanz P
- Langfristige Schmerzreduktion  
=> Gewebeheilung und Durchbrechen des  
Schmerzgedächtnis
- Abbau von Kalkdepots

# Stosswellentherapie

Behandlungseffekte:

- Senkung des Muskeltonus => Entspannung
- Förderung der Zellregeneration
- Vergrößerung der ROM
- Stimulation der Mikrozirkulation  
=> Durchblutungsförderung, Lymphabfluss
- Anregung des Knochenwachstums

# Stosswellentherapie

## Wirkung

### Wissenschaftlich nachgewiesene Effekte:

- Ausschüttung von Stickoxid (NO), welche Vasodilatation, erhöhten Stoffwechsel und Angiogenese bewirkt und entzündungshemmend wirkt
- Ausschüttung von Wachstumshormonen (Blutgefäße, Epithel, Knochen, Kollagen usw.)
- Stimulation von Stammzellen

# Stoßwellentherapie

## Nebenwirkung

Im Rahmen der Behandlung mit Stoßwellen kann es zu Nebenwirkungen kommen.

Diese machen sich meist nach **1-2 Tagen** bemerkbar.

- Eine Behandlung sollte erst dann fortgesetzt werden, nachdem die aufgetretenen Nebenwirkungen abgeklungen sind.
- Diese verschwinden zumeist nach 5-10 Tagen.



### Häufige Nebenwirkungen sind:

- Rötung
- Schwellung
- Schmerzen
- Hämatom
- Petechien, rote Flecken
- Hautläsionen (nach vorausgegangener Kortisonbehandlung!)

Side Effect	Heel Spur	Tennis Elbow
Irritation	76 %	82 %
Petechia	18 %	35 %
Hematoma	6 %	6 %
Swelling	35 %	54 %
Pain	33 %	62 %



# Stosswellentherapie

Zwei Hauptarten: radiale vs fokussierte

In Therapiegeräten kommen zwei Klassen von Stoßwellengeneratoren zum Einsatz:

- **Fokussierte elektromagnetische Stoßwellen**
- **Radiale pneumatische Druckwellen**

Beide unterscheiden sich in der Art der Wellenausbreitung, der Eindringtiefe und den spezifischen Anwendungsgebieten.



**Fokussierte SWT:** höhere Energiedichte ( $\text{mJ}/\text{mm}^2$ ) und tiefere Gewebepenetration (90-125 mm).

**Radiale SWT:** geringere Energiedichte (bar) und dringen weniger tief ein (30-40 mm).

# Stoßwellentherapie

## Biophysik: Kavitationswirkung.

- *Was ist der Wirkmechanismus der Stoßwellen?*
- *Warum und wie Stoßwellen in der Therapie wirken?*

Wenn der Druck in einer Flüssigkeit unter den Dampfdruck fällt, entstehen kleine Dampfblasen. **Kavitationsblasen**. Bei STW passiert das durch schnelle Druck- und Zugwechsel.

Bildung von Kavitationsblasen im Gewebe direkt nach Durchlaufen der STW durch wechselweise Druck-/Zugbelastung .

### Kavitationswirkung:

1. Flüssigkeit mit normalem Druck → keine Blasen
2. Druck fällt → Dampfblasen entstehen.
3. Stoßwelle trifft → Blasenbildung im Gewebe

# Stoßwellentherapie

## Biophysik: Kavitationswirkung.

- **Hohe Energie der Blasen:** Die durch STW erzeugten Mikrodampfblasen besitzen eine hohe Energie und durchdringen sogar kleine Blutgefäße, was sie bei der Behandlung von Vaskularisation und Verkalkungen hilfreich macht.
- **Abtragen harter Strukturen:** Sie helfen beim Abtragen harter Strukturen, wie Steinen (z. B. Nierensteine oder Kalkablagerungen).

**!** **Aber:** Stoßwellen dürfen nicht bei **Gewebe mit Gas** angewendet werden, wie in der Lunge oder im Darm, da dies aufgrund der Kavitation zu Schäden führen kann. **!**

✓ Blase trifft Stein → zerstört Oberfläche

✗ Blase trifft Lunge → Gefahr!  
Nicht anwenden!

# Stoßwellentherapie

Biophysik: **Akustische Impedanz.**

- *Warum ist die akustische Impedanz wichtig in der Stoßwellentherapie?*
- *Wie beeinflusst die **akustische Impedanz** die Energieübertragung im Gewebe?*

Die akustische Impedanz =  
Fähigkeit des Gewebes, Schallwellen zu absorbieren

**Die akustische Impedanz:**  
Fähigkeit des Gewebes,  
Schallwellen zu absorbieren.

Hohe **Gewebedichte**



Hohe **akustische Impedanz**



Hohe **Energieaufnahme** durch  
die Stoßwelle

# Stosswellentherapie

Biophysik: Akustische Impedanz, Absorption und Energie.

- > hohe Dichte des **Mediums**
- > hohe akustische **Impedanz**
- > hohe **Energieabsorption**

Medium	Akustische Impedanz ( $\times 10^3 \text{ Ns/m}^3$ )
Luft	429
Lungengewebe	260-460
Fettgewebe	1 380
Wasser	1 480
Muskelgewebe	1 650-1 740
Knochengewebe	3 200-7 400



**Relevanz:** eine gezielte Wirkung der STW auf tieferliegende Strukturen

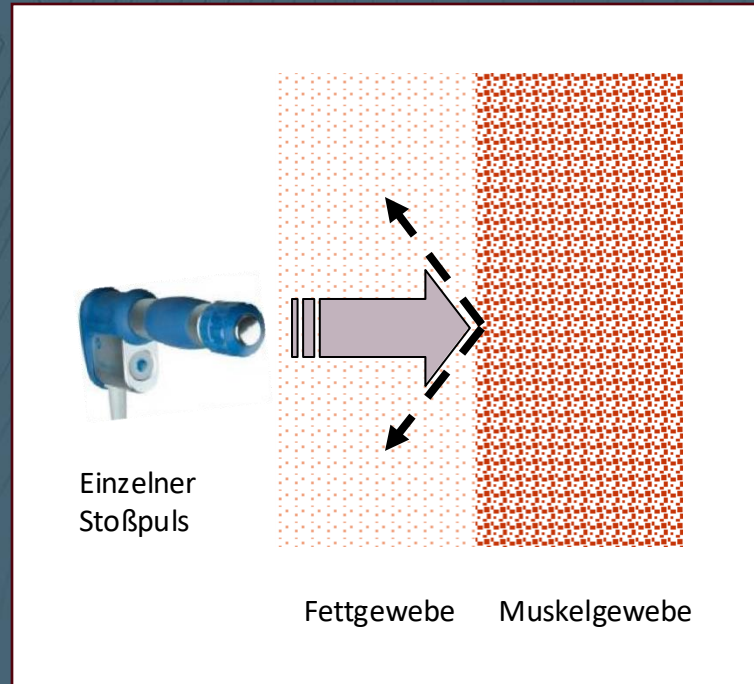
# Stoßwellentherapie

## Biophysik: Einmal Druckwelle

1.  $IF \ll IM$
  2. → starke Brechung an Fett-Muskel-Grenze
  3. Geringe Eindringfähigkeit
- **weniger therapeutischer Effekt**

IF: Akustische Impedanz des  
Fettgewebes (1380 Ns/m)

IM : Akustische Impedanz des  
Muskelgewebes (1740 Ns/m)



**Relevanz:** eine gezielte Wirkung der STW auf tieferliegende Strukturen

# Stosswellentherapie

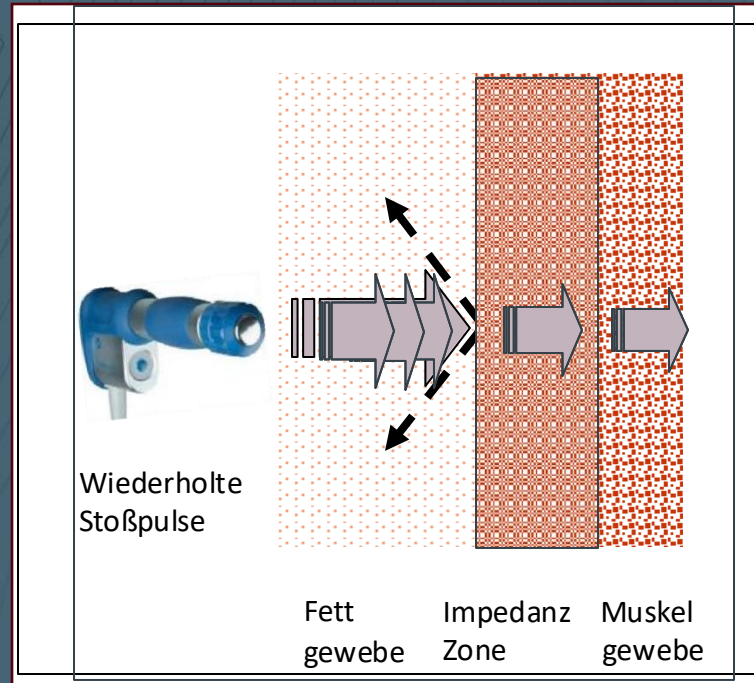
## Biophysik: Wiederholte Druckwelle

1.  $IF < IMM < IM$
  2. → geringe Brechung an Fett-Muskel-Grenze
  3. Hohe Eindringfähigkeit
- **therapeutischer effektivere Energieverteilung**

IF: Akustische Impedanz des Fettgewebes (1380 Ns/m)

IM : Akustische Impedanz des Muskelgewebes (1740 Ns/m)

IMM: Modifizierte akustische Impedanz des Muskelgewebes



**Relevanz:** eine gezielte Wirkung der STW auf tieferliegende Strukturen

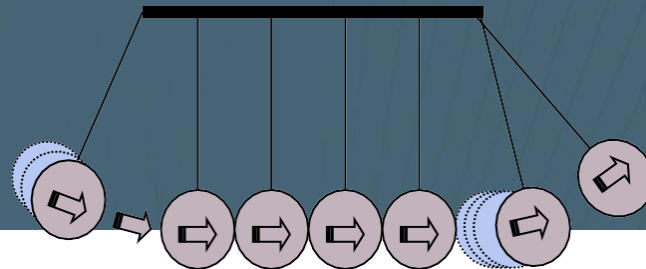
# Stoßwellentherapie

Zwei Hauptarten: **radiale** vs fokussierte

- Pistolenprinzip:

Erzeugung eines kurzen, starken **Druckluftimpulses** durch einen **Kompressor** Umwandlung in ein akustisches Signal durch Auftreffen des Projektils auf den Transmitter.

- Übertragung der Energie durch den Transmitter auf die Hautoberfläche und Ausbreitung der Druckwelle im Gewebe.

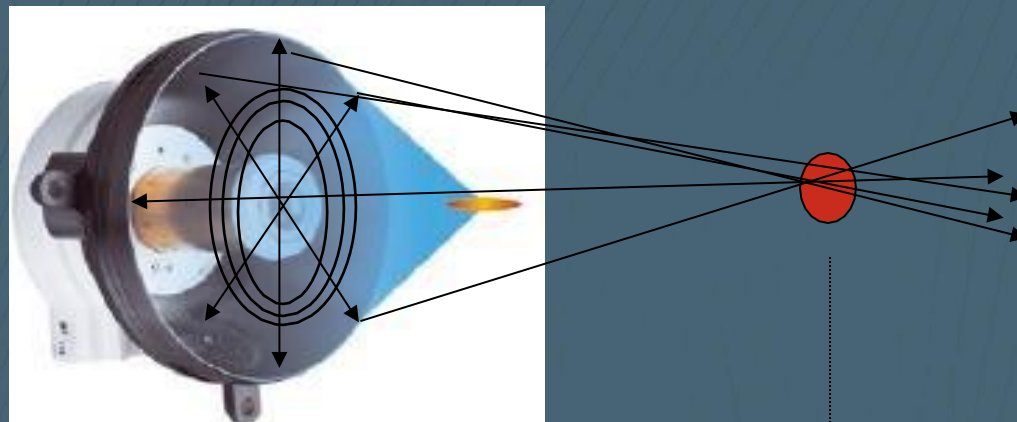




# Stoßwellentherapie

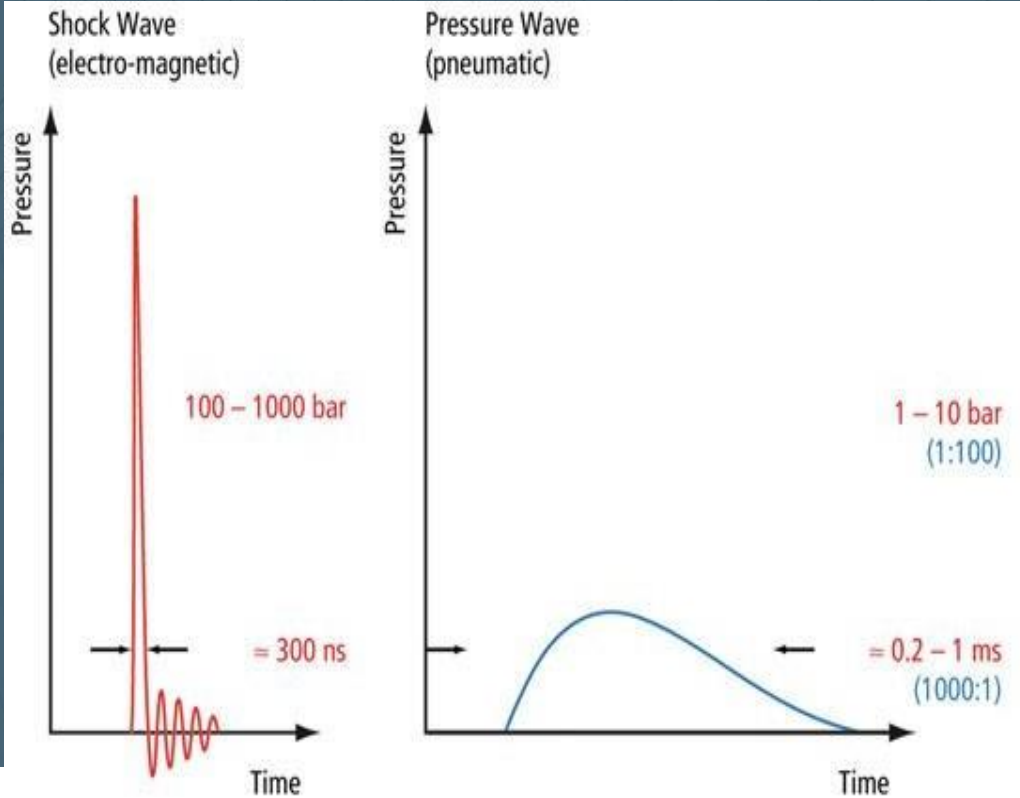
Zwei Hauptarten: radiale vs fokussierte

- Lautsprecherprinzip: Erzeugung eines kurzen, **präzisen**, leistungsstarken akustischen Signals (Stoßwelle) durch **elektromagnetische** Induktion.
- Fokussierung der Welle durch ein Parabolelement.



# Stoßwellentherapie

Zwei Hauptarten. Energiedichte



Die **Stoßwelle** (rot) erreicht deutlich höhere Drücke (bis zu 1000 bar) in sehr kurzer Zeit (~300 ns) und zeigt eine konzentrierte Energieabgabe.

Die **Druckwelle** (blau) hat einen geringeren Druck (1–10 bar) und eine längere Impulsdauer, wodurch weniger Energie pro Zeiteinheit übertragen wird.



# Stosswellentherapie

Zwei Hauptarten. Behandlungstiefe

Hautoberfläche

30 mm

40 mm

90 mm

125 mm

F-SW ohne Stand-Off  
(Aufsatz)

F-SW mit Stand-Off  
(Aufsatz)

RPW mit Deep  
Impact Transmitter

RPW mit F-15  
Transmitter

30mm 55mm 125mm

**Die radiale Welle** wirkt eher oberflächlich (~30-40 mm).

**Die fokussierte Welle** (oben) dringt tiefer ein und konzentriert die Energie in einem definierten Punkt (~90-125 mm).

# Stosswellentherapie

Zwei Hauptarten. Stoß- und Druckwelle

Vergleich der Hauptformen radial und fokussiert:  
Die **radiale** Welle wirkt oberflächlich, während die **fokussierte** Welle tiefer eindringt und eine höhere Energiekonzentration in einem bestimmten Punkt hat.

Method	Empfindung	Energiedichte	Eindringtiefe	Wellenphysik	Wirkmaximum
RADIAL	Hammer	+	+ 30-40 mm	Druckwelle	oberflächlich
FOKUSSIERT	Nadelstich	+++	+++ 90-125 mm	Stoßwelle	in der Fokuszone

# Stoßwellentherapie

Zwei Hauptarten: Zeitverlauf der Therapie

	Anzahl der Behandlungen	Gesamtdauer der Therapie
<b>Radiale</b> Stoßwellentherapie	5 +	5 Wochen
<b>Fokussierte</b> Stoßwellentherapie	3 – 5	3 – 5 Wochen
	<u>Chronifizierte</u> Krankheitsbilder müssen <b>eher öfter</b> behandelt werden als <u>akute</u> Geschehen.	Die Therapie <u>chronifizierter</u> Krankheitsbilder benötigt u.U. eine <b>längere</b> Therapiezeit.

## INDIKATIONEN:

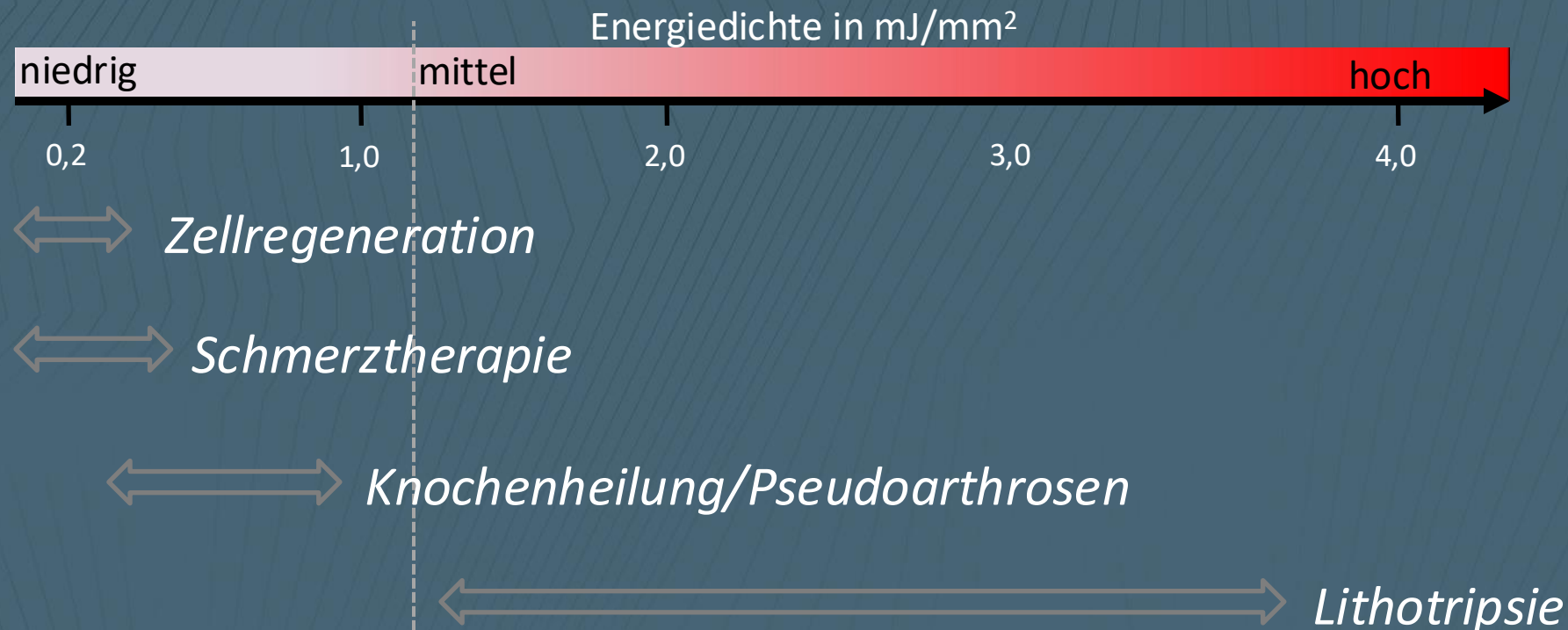
1. Meist auf dem Gebiet der Insertions-Tendinopathien.
2. Kalzifikationen.
3. Weichteile/Bindegewebe/ Muskeln mit Triggerpunkten oder/und erhöhtem Tonus.

The cell biological behaviour can be influenced by radial and focused shockwaves.  
At higher intensities the positive effects on proliferation, apoptosis and migration are inverted for both kinds of shockwaves. **Bloch et al. 2008**

# Stosswellentherapie

Therapeutische Energiedichten

Von der Zellregeneration zur Zertrümmerung



- Die Effekte variieren in Abhängigkeit von der applizierten Energiedichte.
- Die **Zellregeneration** nach der Anwendung von Stoßwellen nimmt ab, je **höher** die Energiedichte ist.
- **Hohe Energiedichten zerstören den Zellkern.**

## The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy on chronic achilles tendinopathy: a systematic review.

Al-Abbad, H. and J.V. Simon, Foot Ankle Int, 2013. 34(1): p. 33-41.

CONCLUSION: (...) our review showed satisfactory evidence for the effectiveness of low-energy ESWT in the treatment (...) before considering surgery if other conservative management fails. However, combining ESWT with eccentric loading appears to show superior results. LEVEL OF EVIDENCE: Level 1

### Einheitlichkeit der Beweise:

- Uneinheitliche Ergebnisse bei einigen Erkrankungen, z.B. bei Epicondylitis oder Achilles Tendinopathy.
- NICE empfiehlt SWT nur nach erfolglosen alternativen Behandlungen.

# Stosswellentherapie

Evidenz / Indikationen. Wissenschaftliche Untersuchungen zur STW

1. **Fersensporn und Plantarfasziitis:** Signifikante Schmerzreduktion nach SWT-Behandlung.
2. **Kalkschulter:** Effektive Behandlungsoption. (Kalzifikationen)
3. **Tendinopathien:** Wirksam, aber andere Methoden könnten schneller/besser wirken. (Achillodynie, Patelladynie)
4. **Tendinose der Rotatorenmanschette:** Positive Ergebnisse, potenzielle alternative Therapie.

# Stoßwellentherapie



## Evidenz. Wirksamkeit der SWT bei Fersensporn

Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Schmerzreduktion bei Patienten.

Study	Titel
Rompe et al. (2002)	The treatment of chronic calcaneal pain (heel spur) with extracorporeal shock waves.
Greve et al. (2009)	Shock wave therapy for the treatment of plantar fasciitis: A systematic review.
Speed et al. (2013)	Extracorporeal shock wave therapy in the management of plantar fasciitis: A randomized controlled trial

Zusammenfassung der gemeinsamen Parameter:

- Frequenz: **1 Sitzung pro Woche (3-5)** in allen Studien.
- Anzahl der Impulse: Zwischen **1.500 und 3.000** Impulsen pro Sitzung.
- Angewandte Energie: Zwischen **0,16 und 0,32** mJ/mm<sup>2</sup>



# Stosswellentherapie

## Evidenz. Wirksamkeit der SWT bei Plantarfasziitis

Study	Parameter
Efficacy and tolerability of ESWT in patients with plantar fasciitis (2023)	Frequenz: 1 Sitzung/5Woche, Anzahl der Impulse: 1.500–2.000, Energie: 0,16–0,32 mJ/mm <sup>2</sup>
ESWT shows comparable results to other modalities for managing plantar fasciitis (2024)	Frequenz: 1 Sitzung/5Woche, Anzahl der Impulse: 1.500–2.000, Energie: 0,15–0,25 mJ/mm <sup>2</sup>
Efficacy of ESWT vs corticosteroid injections in plantar fasciitis (2024)	Frequenz: 1 Sitzung/Woche, Anzahl der Impulse: 1.500–3.000, Energie: 0,20–0,30 mJ/mm <sup>2</sup>

# Stosswellentherapie

Evidenz. Shock wave therapy for chronic plantar fasciopathy.

Rompe et al. (2007)

Method	Main Results	Treatment Parameters
2100 Patienten, heterogene Behandlungen und Entwicklungen.  Analysis in 2 groups.	LESWT: 1 session/week, <b>60%</b> improvement after 3-6 weeks.	<b>LESWT:</b> Frequency: <u>1 session/week, 3-6 weeks</u> ,  Energy: <b>&lt;0.2 mJ/mm<sup>2</sup></b> .
	HESWT: 1 session with anesthesia, <b>50%</b> improvement.	<b>HESWT:</b> <u>1 session</u> with anesthesia,  Energy: <b>&gt;0.2 mJ/mm<sup>2</sup></b> .

Beide Behandlungsmethoden sind wirksam, wobei **Low-ESWT** eine höhere Anzahl an Verbesserungen aufwies, während **Hoch-ESWT** bei einer einmaligen Sitzung und Anästhesie durchgeführt wurde.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Kalkschulter

### Effectiveness of Radial Shock-Wave Therapy for Calcific Tendinitis of the Shoulder: Single-Blind, Randomized Clinical Study

*Cacchio A. et al.*

Physical Therapy . Volume 86 . Number 5 . May 2006

Each subject in the treatment group received 4 sessions at 1-week intervals, with 2,500 impulses per session (500 impulses with a pressure of 1.5 bar and a frequency of 4.5 Hz and 2,000 impulses with a pressure of 2.5 bar and a frequency of 10 Hz), an EFD of 0.10 mJ/mm<sup>2</sup>

Calcifications disappeared **completely in 86.6% of the subjects in the treatment group** and **partially in 13.4% of subjects**. A significant reduction in pain and improvement of shoulder function after 4 weeks, without adverse effects.

In einer randomisierten, einfach verblindeten Studie erhielten Patienten 4 **Radial** ESWT-Sitzungen im Wochenabstand.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Kalkschulter

### Effectiveness of Radial Shock-Wave Therapy for Calcific Tendinitis of the Shoulder: Single-Blind, Randomized Clinical Study

*Cacchio A. et al.*

Physical Therapy . Volume 86 . Number 5 . May 2006

Each subject in the treatment group received 4 sessions at 1-week intervals, with 2,500 impulses per session (500 impulses with a pressure of 1.5 bar and a frequency of 4.5 Hz and 2,000 impulses with a pressure of 2.5 bar and a frequency of 10 Hz), an EFD of 0.10 mJ/mm<sup>2</sup>

Calcifications disappeared **completely in 86.6% of the subjects in the treatment group** and **partially in 13.4% of subjects**. A significant reduction in pain and improvement of shoulder function after 4 weeks, without adverse effects.

- **86,6 %** der Verkalkungen verschwanden vollständig, **13,4 %** teilweise.
- Deutliche Schmerzreduktion und verbesserte **Schulterfunktion** nach 4 Wochen.
- Keine Nebenwirkungen beobachtet.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Kalkschulter: Radiale vs Fokussierte

- Studien wie die von *Kolk et al. (2013)* zeigen, dass **radiale ESWT** bei nicht-kalkifizierenden chronischen Tendinopathien wirksam sein kann, obwohl ihre Wirkung bei schwereren Fällen wie kalkhaltiger Tendinitis **geringer** zu sein scheint als bei **fokaler ESWT**.
- Ebenso schlagen *Frizziero et al. (2017)* vor, dass ESWT effektiver sein könnte als **Hyaluronsäure-Injektionen** zur Schmerzlinderung bei nicht-kalkifizierenden Tendinopathien.

80% Supraspinatussehne

15% Infraspinatussehne

5% Subscapularissehne



# Stosswellentherapie

## Evidenz. kalkhaltige Rotatorenmanschette

Study	Parameter
ESWT for supraspinatus calcifying tendinitis (Ioppolo et al., 2012)	ESWT mit <b>hoher Energie</b> war effektiver bei der Auflösung von <u>kalkhaltigen</u> Ablagerungen und verbesserte die Schulterfunktion.
Efficacy of ESWT for calcific tendinitis of the shoulder (Perlick et al., 2003)	Signifikante Verbesserung der Schmerzlinderung und Auflösung der <u>Kalzifikationen</u> .
High-energy ESWT for calcifying tendinitis of the rotator cuff (Albert et al., 2007)	Signifikante Verbesserung der Schulterfunktion und Resorption von <u>Kalziumablagerungen</u> mit ESWT mit <b>hoher Energie</b> .

Die Studien zeigen, dass f-ESWT bei kalkhaltiger Tendinitis der Rotatorenmanschette hilft, Schmerzen zu lindern und **Kalziumablagerungen** bei vielen Patienten abzubauen.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. kalkhaltige Rotatorenmanschette

Study	Parameter
ESWT for supraspinatus calcifying tendinitis (Ioppolo et al., 2012)	ESWT mit <b>hoher Energie</b> war effektiver bei der Auflösung von <u>kalkhaltigen</u> Ablagerungen und verbesserte die Schulterfunktion.
Efficacy of ESWT for calcific tendinitis of the shoulder (Perlick et al., 2003)	Signifikante Verbesserung der Schmerzlinderung und Auflösung der <u>Kalzifikationen</u> .
High-energy ESWT for calcifying tendinitis of the rotator cuff (Albert et al., 2007)	Signifikante Verbesserung der Schulterfunktion und Resorption von <u>Kalziumablagerungen</u> mit ESWT mit <b>hoher Energie</b> .

-- **Heterogenität der Energietypen** -- Aber manchmal wurde festgestellt, dass **hochenergetische** ESWT effektiver ist, während auch **mittlere** Energieniveaus bereits Vorteile bringen können.

# Stoßwellentherapie

## Evidenz. Chronische Achilles Tendinopathie

Der Studien von Rompe J.D. (2008): **75 Patienten**

1. Exzentrische Übungen
2. Radiale Stoßwellentherapie
3. Wait-and-See

**Conclusion:** At 4-month follow-up, eccentric loading and low-energy SWT showed comparable results. The wait-and-see strategy was ineffective for the management of chronic recalcitrant tendinopathy of the main body of the Achilles tendon

Nach einer 4-monatigen  
Nachbeobachtung zeigte:

-**Exzentrische Übungen** und die **Stoßwellentherapie mit niedriger Energie** vergleichbare Ergebnisse.

- Die Wait-and-See-Strategie war ineffektiv.



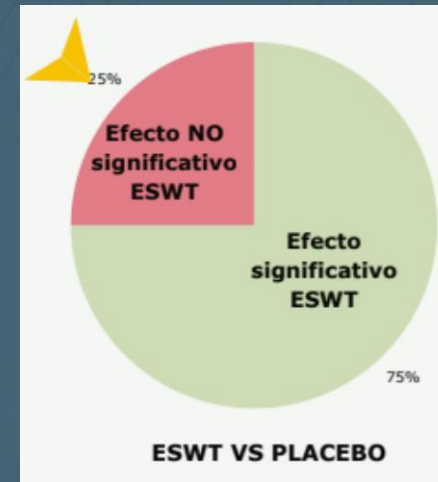
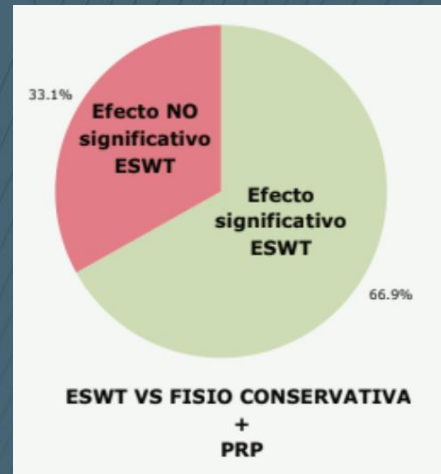
**Dosis:** Niedrige bis mittlere Intensität.  
**Typ:** Fokussierte ESWT ist am effektivsten.

Die ESWT ist **NICHT** überlegen gegenüber **PRP Plättchenreiches Plasma** oder in Kombination mit **exzentrischen Übungen** zur Verbesserung der Schmerzen und der Funktion bei patellarer Tendinopathie.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Patellarer Tendinopathie

9 neuen Studien untersuchen die Wirkung der ESWT zur Verbesserung der Funktion und der Schmerzen bei Sportlern mit patellarer Tendinopathie.



Gaida JE et al. (2018)  
Schwartz A et al. (2015)  
de Morton NA et al. (2009)

Takahashi N et al. (2010)  
Liao C De et al. (2017)  
van der Worp H et al. (2012)

Charles R et al. (2023)  
Mani-Babu S et al. (2015)  
Korakakis V et al. (2020)

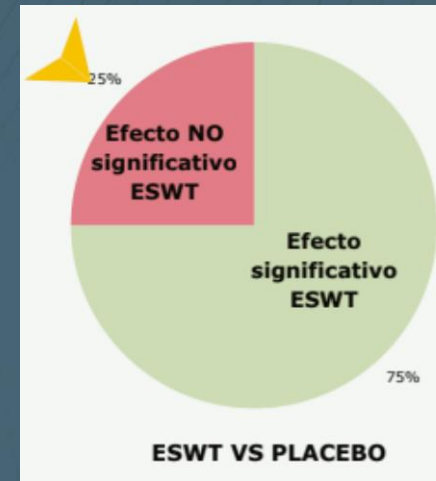
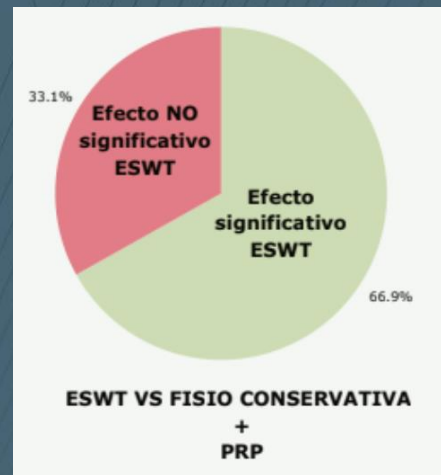
**Dosis:** Niedrige bis mittlere Intensität.  
**Typ:** Fokussierte ESWT ist am effektivsten.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Patellarer Tendinopathie

9 neuen Studien untersuchen die Wirkung der ESWT zur Verbesserung der Funktion und der Schmerzen bei Sportlern mit patellarer Tendinopathie.

Die ESWT ist überlegen gegenüber Placebo und konservativer Physiotherapie zur Verbesserung der Schmerzen und der Funktion bei patellarer Tendinopathie.



Gaida JE et al. (2018)  
Schwartz A et al. (2015)  
de Morton NA et al. (2009)

Takahashi N et al. (2010)  
Liao C De et al. (2017)  
van der Worp H et al. (2012)

Charles R et al. (2023)  
Mani-Babu S et al. (2015)  
Korakakis V et al. (2020)

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Medialen tibialen Stresssyndroms.

Am J Sports Med. 2009 Sep 23.

Low-Energy Extracorporeal Shock Wave Therapy as a Treatment for Medial Tibial Stress Syndrome.

[Rompe JD](#), [Cacchio A](#), [Furia JP](#), [Maffulli N](#).

**Methoden:** 47 Patienten erhielten repetitiven **niederenergetischen radialen SWT** (2000 Stöße; 2,5 Bar Druck, was  $0,1 \text{ mJ/mm}^2$  entspricht). Eine Kontrollgruppe von 47 Patienten erhielt nur **Heimübungen**.

- **40 der 47** in der STW-Gruppe konnten zu ihrem bevorzugten Sport auf dem Niveau vor der Verletzung zurückkehren.
- **22 der 47** in der Kontrollgruppe erreichten ebenfalls das gleiche Ziel.

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Medialen tibialen Stresssyndroms.

Am J Sports Med. 2009 Sep 23.

Low-Energy Extracorporeal Shock Wave Therapy as a Treatment for Medial Tibial Stress Syndrome.

[Rompe JD](#), [Cacchio A](#), [Furia JP](#), [Maffulli N](#).

**Methoden:** 47 Patienten erhielten repetitiven **niederenergetischen radialen SWT** (2000 Stöße; 2,5 Bar Druck, was 0,1 mJ/mm<sup>2</sup> entspricht). Eine Kontrollgruppe von 47 Patienten erhielt nur **Heimübungen**.

Die niederenergetische **radial STW** war eine effektive Behandlungsmethode für das mediale tibiale Stresssyndrom.

**High- versus low-energy extracorporeal shock-wave therapy for myofascial pain syndrome of upper trapezius****A prospective randomized single blinded pilot study**Ki Deok Park, MD, PhD<sup>a</sup>, Woo Yong Lee, MD<sup>b</sup>, Min-ho Park, MD<sup>c</sup>, Jae Ki Ahn, MD, PhD<sup>c</sup>,

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Myofaszialen Triggerpunktsyndroms.

Die Studie verglich: hohe Energie ( $0,210 \text{ mJ/mm}^2$ ) und niedrige Energie ( $0,068 \text{ mJ/mm}^2$ ), wobei 1.500 Stöße einmal pro Woche verabreicht wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass die **hochenergetische ESWT effektiver** war, was auf ihre Überlegenheit bei der funktionellen Verbesserung hinweist.

- Es wurden zehn Studien mit 534 Teilnehmern einbezogen, wobei die Mehrheit eine niedrige Energiedichte ( $0,1 \text{ mJ/mm}^2$ ) verwendete und **1.000 Stöße** pro Sitzung anwendete. Obwohl die Ergebnisse vielversprechend waren, wurde die Notwendigkeit betont, standardisierte Parameter festzulegen.

Die ESWT, insbesondere die **hochenergetische**, zeigt Potenzial bei der Behandlung von **myofaszialen Triggerpunkten** und bietet signifikante funktionelle Verbesserungen.

Clinical Trial/Experimental Study Medicine (2018) 97:28 **Medicine**<sup>®</sup>  
OPEN

**High- versus low-energy extracorporeal shock-wave therapy for myofascial pain syndrome of upper trapezius**

**A prospective randomized single blinded pilot study**

Ki Deok Park, MD, PhD<sup>a</sup>, Woo Yong Lee, MD<sup>b</sup>, Min-ho Park, MD<sup>c</sup>, Jae Ki Ahn, MD, PhD<sup>c</sup>,

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Myofaszialen Triggerpunktsyndroms.

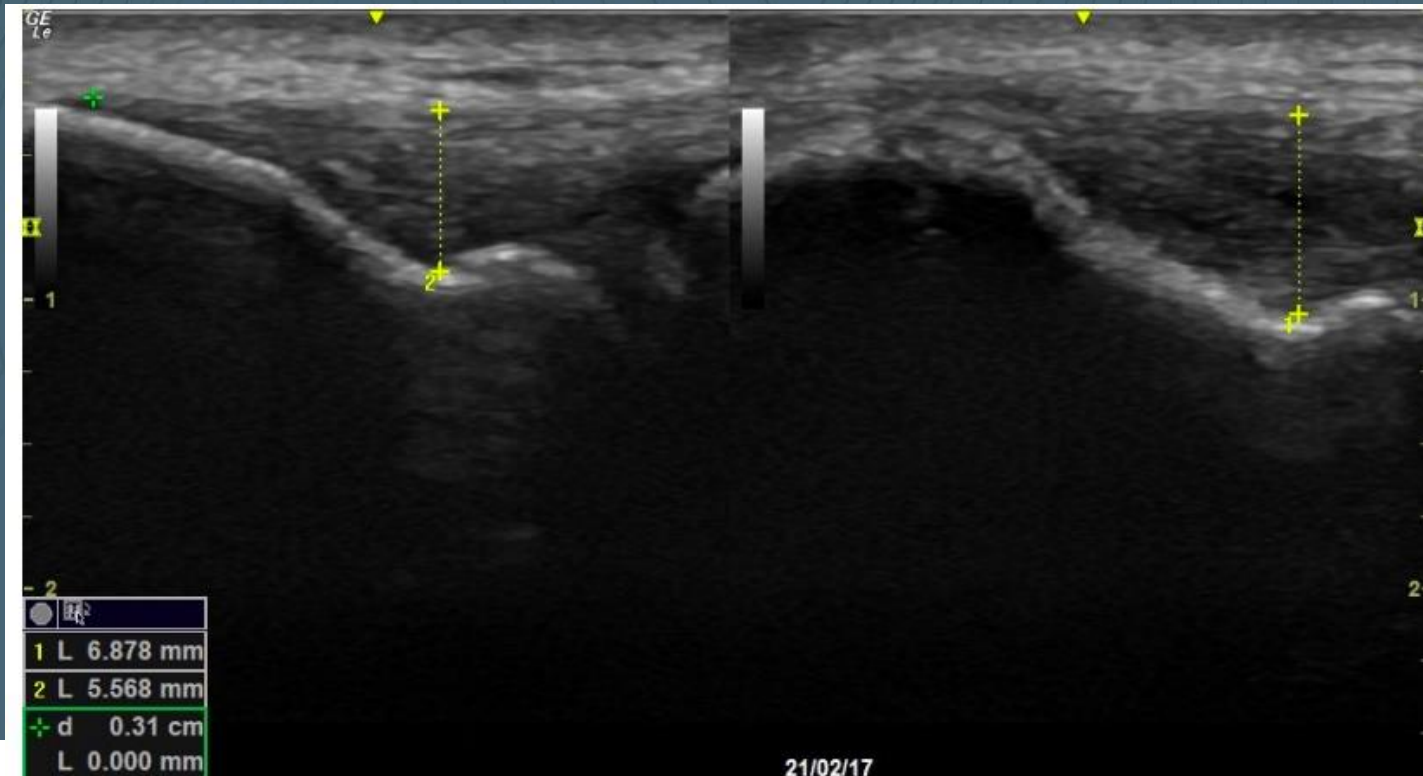
Die Studie verglich: hohe Energie (**0,210 mJ/mm<sup>2</sup>**) und niedrige Energie (**0,068 mJ/mm<sup>2</sup>**), wobei 1.500 Stöße einmal pro Woche verabreicht wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass die **hochenergetische ESWT effektiver** war, was auf ihre Überlegenheit bei der funktionellen Verbesserung hinweist.

- Es wurden zehn Studien mit 534 Teilnehmern einbezogen, wobei die Mehrheit eine niedrige Energiedichte (**0,1 mJ/mm<sup>2</sup>**) verwendete und **1.000 Stöße** pro Sitzung anwendete. Obwohl die Ergebnisse vielversprechend waren, wurde die Notwendigkeit betont, standardisierte Parameter festzulegen.

Es ist jedoch entscheidend, die **Behandlungsparameter standardisiert zu definieren..**

# Stosswellentherapie

## Evidenz. Epicondylitis (Klinischer Fall)



3 Monate Verlauf, refraktär gegenüber anderen Behandlungen

- **4 Sitzungen Radial SWT + aktive Dehnung + exz. Übungen.**
- **Klin. Verbesserung von 90%.**
  - **Unterschied von 0,2 mm Dicke** im Ultraschall zwischen betroffener und gesunder Seite.

# Stosswellentherapie

## Indikationen:

- Fasciitis plantaris
- Achillodynie
- Mediales Tibiakantensyndrom (shin splint)
- Patellaspitzensyndrom (jumper's knee)
- Triggerpunkt-Behandlung
- Tendinitis trochanterica
- Tendinosis calcarea der Schulter
- Periarthritis humeroscapularis (frozen shoulder)
- Epicondylitis radialis/medialis
- Flexor-Tendinitis der Finger

## INDIKATIONEN:

1. Meist auf dem Gebiet der Insertions tendinopathien.
2. Kalzifikationen.
3. Weichteile/Bindegewebe/ Muskeln mit Triggerpunkten oder/und erhöhtem Tonus.



# Stosswellentherapie

## Kontraindikationen:

- Schwangerschaft
- Lokale neurologische oder vaskuläre Erkrankungen
- Lokale Infektionen
- Tumorerkrankungen
- Nähe zum Lungengewebe und perikardialen Bereich
- Koagulationsstörungen oder Antikoagulationstherapie
- Thrombose
- Kinder im Wachstum

- **Cortison** **behandlung** bis zu 6 Wochen vorher (Hautverletzungen)
- **Polyneuropathie**
- Wirbelsäule und Kopf
- Vor der nächsten Sitzung ist die Überprüfung der Beseitigung unerwünschter Effekte erforderlich.

# Stosswellentherapie

Anwendung :

Kalkschulter/Schulterschmerz

Radial humeral Epicondylitis

Ulnar humeral Epicondylitis

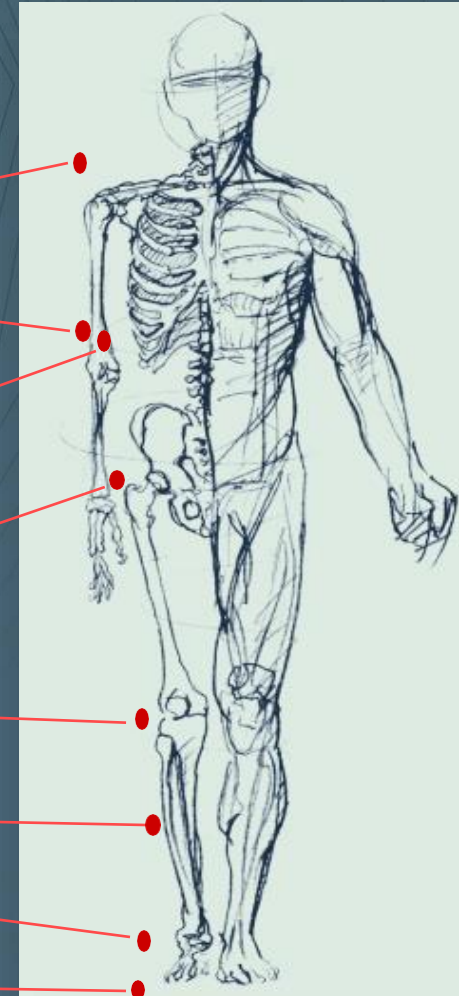
Hüft-Tendonitis

Patellare Tendonitis

Tibiales Stressyndrom

Achillodynie

Plantar Fasciitis



## INDIKATIONEN:

1. Meist auf dem Gebiet der Insertions-tendinopathien
2. Kalzifikationen.
3. Weichteile/Bindegewebe/Muskeln mit Triggerpunkten oder/und erhöhtem Tonus.

# Stosswellentherapie

## Anwendungsparameter:

1. Anzahl der Stöße: 1500-2000
2. Stoßfrequenz: 3-9 Hz
3. Luftdruck: 2-2,5 BAR
4. Energiedichte: niedrig-mittel 0,08-0,17 mJ/mm<sup>2</sup>
5. Durchmesser des Perkutors: 15 mm
6. Abstand zwischen den Sitzungen: 1 Sitzung pro Woche
7. Anzahl der Sitzungen: 3-6 Sitzungen
8. Druck ausgeübt durch den Therapeuten
9. Bewegungsfläche rund um den schmerzhaften Punkt

Es ist wichtig, diese Parameter gemäß der zu behandelnden **Pathologie** und der klinischen **Reaktion** des Patienten anzupassen.

# Stosswellentherapie

## Anwendungs-Beispiele:

	Energie	Frequenz	Impulse
• Fasciitis plantaris	0.2	4	2000
• Achillodynie	0.25	4	2000
• Kalkschulter	0.25	4	1500

Es ist wichtig, diese Parameter gemäß der zu behandelnden **Pathologie** und der klinischen **Reaktion** des Patienten anzupassen.