

# Elektrotherapie am Fuß

Atom: „unteilbar“ (griech.) – Grundbaustein der Materie

Jedes Atom besteht aus einem positiv geladenen Atomkern (Proton) und einer negativ geladenen Atomhülle (Elektron). Das Elektron kreist um das Proton (Wasserstoffatom). -> Die Ladungen von Kern und Hülle gleichen sich aus, so dass das Atom im Regelfall elektrisch neutral ist. Komplexere Atome bestehen aus mehreren Protonen im Kern und einer gleichen Anzahl Elektronen in der Hülle. Zusätzlich befinden sich im Kern noch Neutronen, die keine elektrische Ladung besitzen, also neutral sind.

Die Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern bestimmen das Gewicht eines Atoms. Die chemischen Eigenschaften werden durch die Anzahl Protonen (Kernladungszahl oder Ordnungszahl) bestimmt. Im „*Periodensystem der Elemente*“ sind die Elemente von 1-100 angeordnet. Anstelle der Ordnungszahl steht im Periodensystem ein Atomsymbol, z.B. H für Wasserstoff oder O für Sauerstoff.

Das Periodensystem der Elemente zeigt die Anordnung der Elemente basierend auf ihrer Ordnungszahl (von 1 bis 118). Die Elemente sind farblich in Gruppen unterteilt:

- Wasserstoff** (blau)
- radioaktiv** (rot)
- Erdalkalimetalle** (gelb)
- Metalle** (weiß)
- Halbmetalle** (grau)
- Edelgase** (hellblau)
- Nichtmetalle** (hellgrün)
- Alkalimetalle** (hellgrün)

Ein Beispiel für die Darstellung eines Elements (Aluminium, Al) ist gegeben:

- Atommasse in u (molare Masse): 26,98
- Elementsymbol: Al
- Ordnungszahl: 13

| I                 |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   | VIII |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| 1,01<br>H<br>1    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   | 4,00<br>He<br>2   |                   |      |
| 6,94<br>Li<br>3   | 9,01<br>Be<br>4   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   | 10,81<br>B<br>5   | 12,01<br>C<br>6   | 14,01<br>N<br>7   | 16,00<br>O<br>8   | 19,00<br>F<br>9   | 20,18<br>Ne<br>10 |      |
| 22,99<br>Na<br>11 | 24,31<br>Mg<br>12 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                   | 26,98<br>Al<br>13 | 28,09<br>Si<br>14 | 30,97<br>P<br>15  | 32,06<br>S<br>16  | 35,45<br>Cl<br>17 | 39,95<br>Ar<br>18 |      |
| III a             | IV a              | V a                | VI a               | VII a              | VIII a             | I a                | II a               |                    |                    |                    |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |
| 39,10<br>K<br>19  | 40,08<br>Ca<br>20 | 44,96<br>Sc<br>21  | 47,87<br>Ti<br>22  | 50,94<br>V<br>23   | 52,00<br>Cr<br>24  | 54,94<br>Mn<br>25  | 55,85<br>Fe<br>26  | 58,93<br>Co<br>27  | 58,69<br>Ni<br>28  | 63,55<br>Cu<br>29  | 65,39<br>Zn<br>30 | 69,72<br>Ga<br>31 | 72,61<br>Ge<br>32 | 74,92<br>As<br>33 | 78,96<br>Se<br>34 | 79,90<br>Br<br>35 | 83,8<br>Kr<br>36  |      |
| 85,47<br>Rb<br>37 | 87,62<br>Sr<br>38 | 88,91<br>Y<br>39   | 91,22<br>Zr<br>40  | 92,91<br>Nb<br>41  | 95,94<br>Mo<br>42  | 97,91<br>Tc<br>43  | 101,0<br>Ru<br>44  | 102,9<br>Rh<br>45  | 106,4<br>Pd<br>46  | 107,9<br>Ag<br>47  | 112,4<br>Cd<br>48 | 114,8<br>In<br>49 | 118,7<br>Sn<br>50 | 121,8<br>Sb<br>51 | 127,6<br>Te<br>52 | 126,9<br>I<br>53  | 131,3<br>Xe<br>54 |      |
| 132,9<br>Cs<br>55 | 137,3<br>Ba<br>56 | 175,0<br>Lu<br>71  | 178,5<br>Hf<br>72  | 180,9<br>Ta<br>73  | 183,8<br>W<br>74   | 186,2<br>Re<br>75  | 190,2<br>Os<br>76  | 192,2<br>Ir<br>77  | 195,1<br>Pt<br>78  | 197,0<br>Au<br>79  | 200,6<br>Hg<br>80 | 204,4<br>Tl<br>81 | 207,2<br>Pb<br>82 | 209,0<br>Bi<br>83 | 209,0<br>Po<br>84 | 210,0<br>At<br>85 | 222,0<br>Rn<br>86 |      |
| 223,0<br>Fr<br>87 | 226,0<br>Ra<br>88 | 262,0<br>Lr<br>103 | 261,1<br>Rf<br>104 | 262,1<br>Db<br>105 | 266,1<br>Sg<br>106 | 264,1<br>Bh<br>107 | 269,1<br>Hs<br>108 | 268,1<br>Mt<br>109 | 273,1<br>Ds<br>110 | 272,1<br>Rg<br>111 |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |

## Bohrsches Atommodell:

Benannt nach dem dänischen Physiker Nils Bohr -> die Elektronen umkreisen den Atomkern in Schalen von denen jede nur eine bestimmte Anzahl Elektronen aufnehmen kann. Jedes Element besitzt eine charakteristische Anzahl und Anordnung von Elektronen: die Elektronenkonfiguration. Die Elektronen der äußersten Schale heißen Außenelektronen oder Valenzelektronen. Ihre Anzahl gibt Auskunft über die Menge Elektronen in der äußeren Schale aufgenommen oder abgegeben werden können. Sie bestimmt das Reaktionsverhalten des Atoms. Atome streben stets die Anzahl 8 in der äußersten Schale an. Edelgase haben diese Anzahl und sind somit extrem stabil und gehen schwer Verbindungen ein. Die Hauptgruppennummer entspricht der Anzahl der Elektronen in der Außenschale. Die Elemente einer Periode weisen die gleiche Anzahl von Elektronenschalen auf.

## Ionen und Ionenbindung

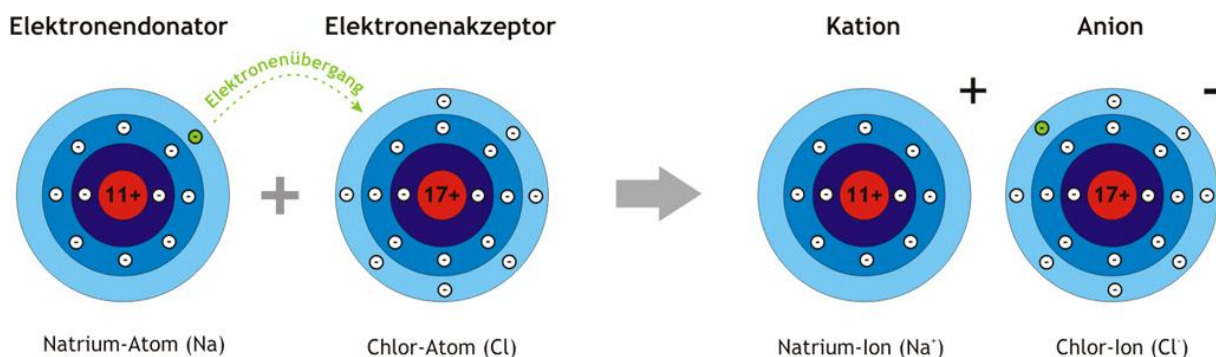
Nicht in jedem Fall besitzt ein Atom die gleiche Anzahl Elektronen wie Protonen. Unter bestimmten Bedingungen geben Atome Elektronen ab oder nehmen welche auf - > das Atom hat somit eine positive oder negative Ladung. Man spricht dann von einem Ion.

Anionen – negative Ionen

Kation – positive Ionen

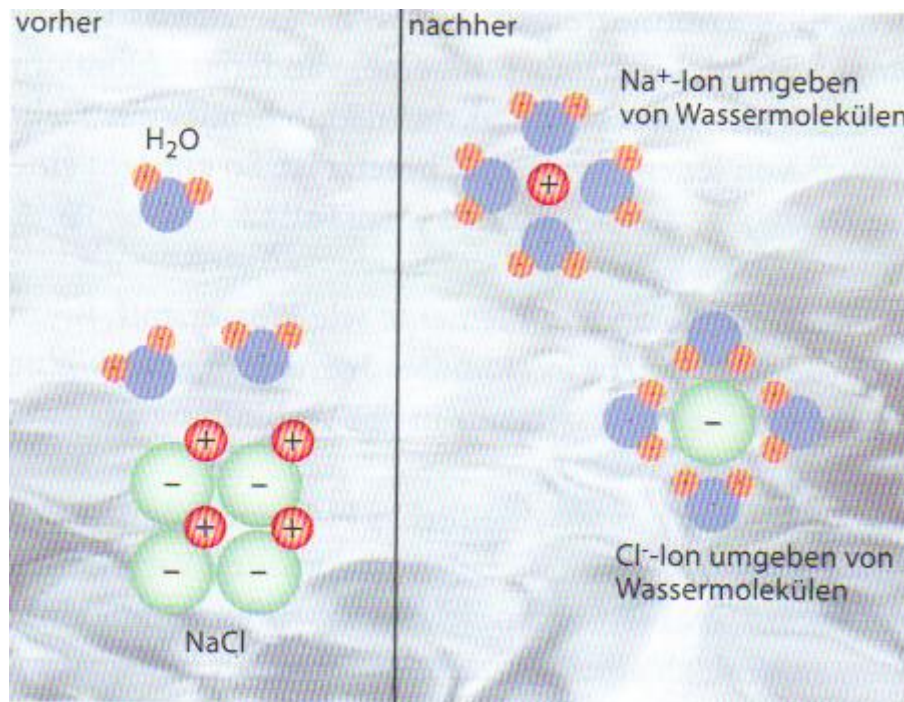
Wenn das Atom mehrere Elektronen abgegeben oder aufgenommen hat ist das Ion mehrfach positiv oder negativ geladen.

Dabei entstehen Ionenbindungen - > Natriumchlorid (Na 1 mit Cl 7 = NaCl 8)



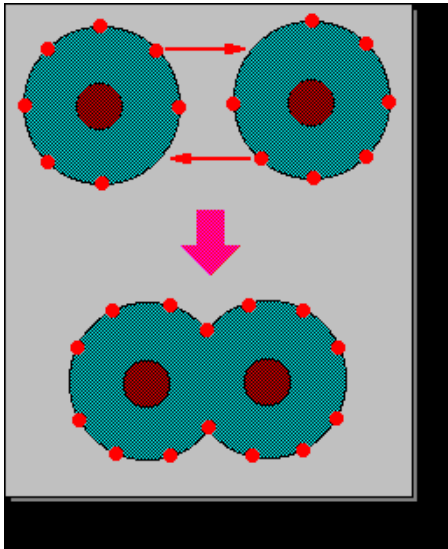
Klassische Vertreter der Ionenverbindungen sind die Salze. Diese Verbindungen sind relativ stabil, da sich unterschiedliche Ladungen anziehen.

Wenn ein Salz in eine wässrige Lösung gegeben, so zerfällt die Verbindung in positive und negative Ionen -> Dissoziation. Die entstandene Lösung nennt man Elektrolyt. Die Ionen können sich in dieser Lösung bewegen so ihre elektrische Ladung transportieren. Daher sind solche Lösungen elektrisch leitend. Bei NaCl in H<sub>2</sub>O wird jedes positive Natriumion von einem negativen Pol des Wassermoleküls umgeben und jedes negative Chloridion von einem positiven Wassermolekül -> Hydratation



### Atombindung:

Bei diesem Bindungstyp teilen sich die beteiligten Atome gemeinsam Elektronenpaare, so dass nach außen hin Edelgaskonfiguration erreicht wird. Aus diesem Grund wird die Atombindung auch Elektronenpaarbindung genannt. Die Bindungselektronen werden also Teil der Elektronenhüllen beider Atome. Aus den beiden Atomorbitalen entsteht ein gemeinsames Molekülorbital, das die Atome gleichmäßig umgibt. Da es hierbei zu keiner Ladungsverschiebung wie bei der Ionenbindung kommt, wird dieser Typ auch als *kovalente Bindung* bezeichnet.

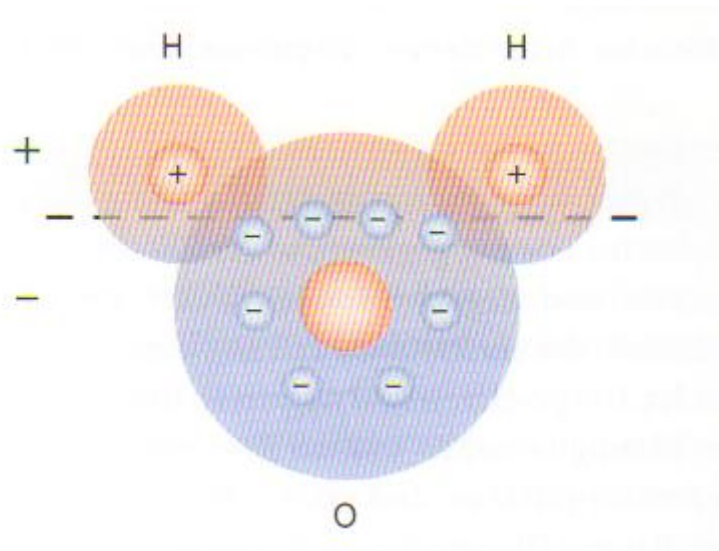


Kovalente Bindungen werden bevorzugt zwischen den Atomen des gleichen Elements ausgebildet. Das Bild zeigt diese Atombindung am Beispiel Fluor.

#### Molekül:

Zwei oder mehr Atome, die über eine kovalente Verbindung verbunden sind. Typische Beispiele:  $\text{H}_2\text{O}$  (Wasser),  $\text{CO}_2$  (Kohlendioxid),  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (Ethanol) und DNA (Molekül aus Millionen einzelner Atome)

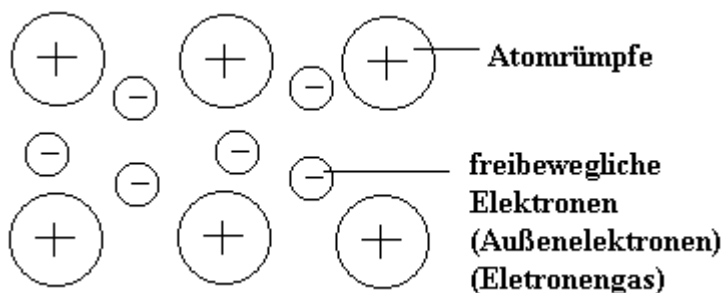
Ein Molekül enthält in der Summe stets die gleiche Anzahl von Elektronen wie Protonen und ist somit elektrisch neutral. Auf Grund der spezifischen Anordnung der Kerne und Orbitale im Molekül können sich unterschiedliche Ladungsschwerpunkte ergeben. So entsteht auf der einen Seite ein positiver Pol und auf der anderen Seite ein negativer Pol. Man spricht vom Dipol. Solche Moleküle können durch ein von außen angelegtem elektrischen Feld ausgerichtet werden. Bsp. Wassermolekül  $\text{H}_2\text{O}$



Moleküle können auch, wie Atome, Elektronen abgeben oder aufnehmen. Sie sind dann entsprechend positiv oder negativ geladen. Diesen Vorgang nennt man Ionisation.

### Metallbindung:

Metalle besitzen auf der äußersten Schale ein, zwei oder drei Elektronen, die sich wegen ihres größeren Abstands zum Kern leicht lösen können. Verbinden sich zwei Metallatome miteinander, geben sie diese Elektronen ab und werden dadurch positiv. Die abgegebenen Elektronen bewegen sich frei zwischen den positiven Atomresten hin und her. Man nennt diese frei beweglichen Elektronen *freie Ladungsträger* oder *Elektronengas*. Sie sind der Grund für die elektrische Leitfähigkeit der Metalle.

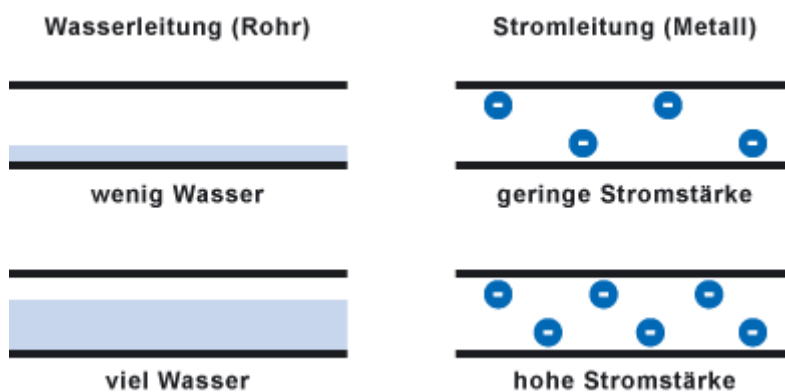


## Elektrischer Strom

Der elektrische Strom oder elektrische Stromstärke wird kurz Strom genannt. Damit ist die Übertragung elektrischer Energie gemeint.

Der elektrische Strom ist die gezielte und gerichtete Bewegung freier Ladungsträger. Die Ladungsträger können Elektronen oder Ionen sein. Der elektrische Strom kann nur fließen, wenn zwischen zwei unterschiedlichen elektrischen Ladungen genügend freie und bewegliche Ladungsträger vorhanden sind. Zum Beispiel in einem leitfähigen Material (Metall, Flüssigkeit, etc.).

Der Stromfluss wird gerne mit fließendem Wasser in einem Rohr verglichen. Je mehr Wasser im Rohr ist, desto mehr Wasser kommt am Ende des Rohres an. Genauso ist es auch beim elektrischen Strom. Je mehr freie Elektronen vorhanden sind, desto größer ist die elektrische Stromstärke durch den Leiter.



Zur zahlenmäßigen Beschreibung des elektrischen Stroms dient die elektrische Stromstärke. Je mehr Elektronen in einer Sekunde durch einen Leiter fließen, umso größer ist die Stromstärke.

Das Formelzeichen des elektrischen Stroms bzw. der elektrischen Stromstärke ist das große  $I$ .

Die gesetzliche Grundeinheit des elektrischen Stroms ist 1 Ampere (A).

## Elektrische Spannung

Die elektrische Spannung gibt den Unterschied der Ladungen zwischen zwei Polen an. Spannungsquellen besitzen immer zwei Pole, mit unterschiedlichen Ladungen. Auf der einen Seite ist der Pluspol mit einem Mangel an Elektronen. Auf der anderen Seite ist der Minuspol mit einem Überschuss an Elektronen. Diesen Unterschied der Elektronenmenge nennt man elektrische Spannung. Entsteht eine Verbindung zwischen den Polen, kommt es zu einer Entladung. Bei diesem Vorgang fließt ein elektrischer Strom.

## Über die elektrische Spannung können folgende Aussagen gemacht werden:

- Die elektrische Spannung ist der Druck oder die Kraft auf freie Elektronen.
- Die elektrische Spannung ist die Ursache des elektrischen Stroms.
- Die elektrische Spannung (Druck) entsteht durch den Ladungsunterschied zweier Punkte oder Pole.

Das Formelzeichen der elektrischen Spannung ist das große U.

Die gesetzliche Grundeinheit der elektrischen Spannung ist 1 Volt (V).

## Elektrischer Widerstand

Die Bewegung freier Ladungsträger im Inneren eines Leiters hat zur Folge, dass die freien Ladungsträger gegen Atome stoßen und in ihrem Fluss gestört werden. Diesen Effekt nennt man einen Widerstand! Durch diesen Effekt hat der Widerstand die Eigenschaft, den Strom in einer Schaltung zu begrenzen.

Der elektrische Widerstand wird auch als ohmscher Widerstand bezeichnet.

Das Formelzeichen des elektrischen Widerstands ist das große R.

Die Maßeinheit für den elektrischen Widerstand ist Ohm mit dem Kurzzeichen  $\Omega$  (Omega) aus dem griechischen Alphabet.

## Ohmsches Gesetz

Der Physiker Georg Simon Ohm hat den Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Widerstand festgestellt und nachgewiesen. Nach ihm wurde das Ohmsche Gesetz benannt.

Wird in einem einfachen Stromkreis die angelegte Spannung erhöht, so erhöht sich auch der in der Schaltung fließende Strom. Die Stromstärke I ist also proportional zur angelegten Spannung U:  $I \sim U$

Erhöht man bei konstanter Spannung den Widerstand, so verringert sich die in der Schaltung fließende Stromstärke. Die Stromstärke I ist also umgekehrt proportional zum Widerstand R:  $I \sim 1/R$

Formelmässig besteht zwischen diesen 3 Größen also folgender Zusammenhang:

**Strom = Spannung / Widerstand**

oder als Formel:

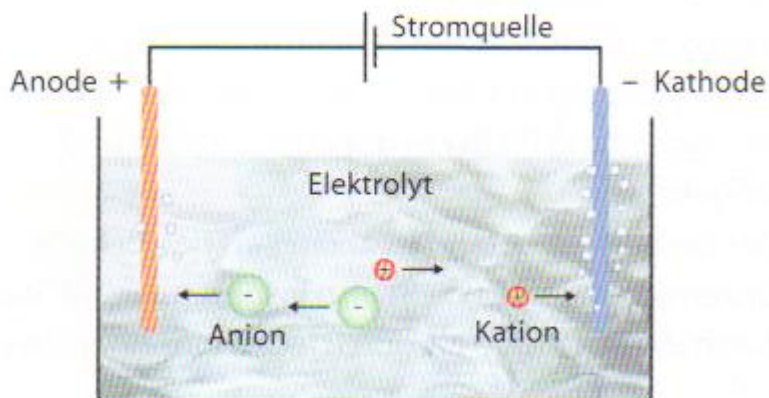
$$I = \frac{U}{R}$$

## Elektrische Leiter

Medien die einen geringen elektrischen Widerstand besitzen, werden als elektrische Leiter bezeichnet.

Leiter 1.Ordnung -> Metalle: sie verändern sich beim Stromfluss nicht. Bsp. Kupfer, Aluminium, Silber, Gold

Leiter 2.Ordnung -> Elektrolyte (Ionenleiter): Ladungstransport durch die Bewegung von Ionen. Dafür müssen sich in der wässrigen Lösung zwei Platten befinden, die mit einer Spannungsquelle verbunden sind. Die positiv geladene Platte heißt Anode, die negativ geladene Kathode.



## Elektrische Leistung

Je höher die Spannung und je größer der Strom, desto größer ist auch die umgesetzte elektrische Leistung.

Das Formelzeichen der elektrischen Leistung ist das große P.

Die Grundeinheit der elektrischen Leistung ist das Watt (W).



## **Elektrische Energie**

Die elektrische Energie ist eine Form der Energie oder physikalischen Arbeit, die mittels der Elektrizität geleistet werden kann. Elektrische Energie kann u. a. in elektrischen und magnetischen Feldern gespeichert und in andere Energieformen umgewandelt werden.

Elektrische Energie kann wie jede andere Energie nicht vernichtet oder erzeugt werden, sondern wird grundsätzlich in eine andere Erscheinungsform gewandelt.

Das Formelzeichen der elektrischen Energie ist das große E.

Die Maßeinheit für Energie ist gesetzlich auf Joule (J) festgelegt. Da Arbeit und Energie als gleichwertig gelten ist Joule (J) auch für die Arbeit die Maßeinheit. Häufig wird für die elektrische Arbeit die Maßeinheit Wattsekunde (Ws) verwendet.

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$$

## **Gleichspannung**

Eine Gleichspannung ist eine elektrische Spannung, die sich über einen längeren Betrachtungszeitraum nicht ändert. Sie hat zu jedem Zeitpunkt dasselbe Vorzeichen und denselben Betrag. In manchen Anwendungen wird auch dann von Gleichspannung gesprochen, wenn die Spannung lediglich – im Gegensatz zur Wechselspannung– nicht die Polarität wechselt.

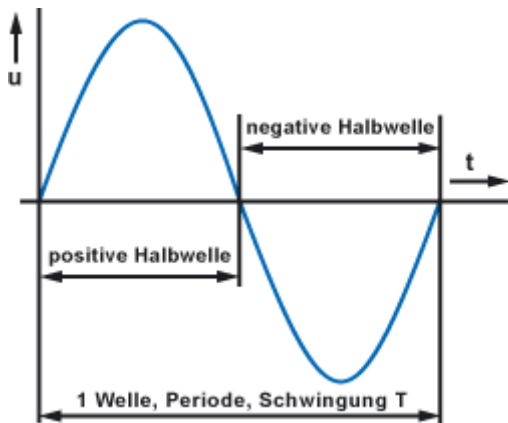
Gleichspannung erzeugende Spannungsquelle ist eine galvanische Zelle (Batterie).

Gleichstrom -> Galvanischer Strom (Galvanisation)

## **Wechselstrom**

Bei Wechselstrom und Wechselspannung spricht man von elektrischen Größen, deren Werte sich im Verlauf der Zeit regelmäßig wiederholen. Der Wechselstrom ist ein elektrischer Strom, der periodisch seine Polarität (Richtung) und seinen Wert (Stromstärke) ändert. Dasselbe gilt für die Wechselspannung.

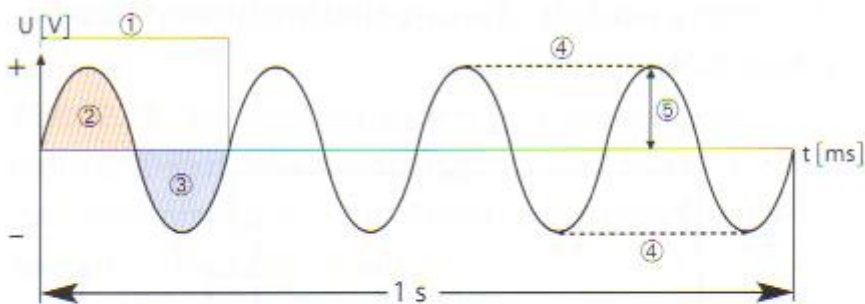
## Periode und Frequenz



Die positive und die negative Halbwellen einer Schwingung bezeichnet man als Periode. Die Zeit, die zum Durchlaufen der Periode benötigt wird, ist die Periodendauer  $T$ . Die Periodendauer  $T$  wird in Sekunden angegeben.

Die Frequenz gibt die Zahl der Perioden an, die in einer Sekunde durchlaufen werden. Die Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben.

Die Frequenz ist der Kehrwert der Periodendauer. Die Frequenz ist umso größer, je kleiner die Periodendauer ist.



- ① Periodendauer
- ② positive Halbwellen
- ③ negative Halbwellen
- ④ Spitzenspannung
- ⑤ Amplitude

**Frequenz:  $f = 4 \text{ Hz}$**

## Stromformen in der Elektrotherapie

### Gleichstrom

Spannung zwischen 200 und 300 V



**Abb. 2.34.** Der zeitliche Verlauf von Gleichstrom. In der Anwendung wird zu Beginn die Stromstärke langsam hochgeregelt („einschleichen“) und am Ende langsam heruntergeregelt („ausschleichen“).

### Pulsierender Gleichstrom/Niederfrequenz

Die in der Therapie am häufigsten angewendete Stromform. Wird auch als Reizstrom oder Impulsstrom bezeichnet.

Die Stromform ist rhythmisch in charakteristischer Form (Dreieckstrom, Rechteckstrom, sinusförmiger oder trapezförmiger Strom), ansteigend und wieder abfallend, zwischen den einzelnen Pulsen können Pausen liegen. Diese Stromform wird mit Frequenzen zwischen 0,1 und 1000 Hz verwendet. Dieser Frequenzbereich wird als Niederfrequenzbereich bezeichnet. Die Applikation erfolgt direkt über Elektroden oder Bäder.

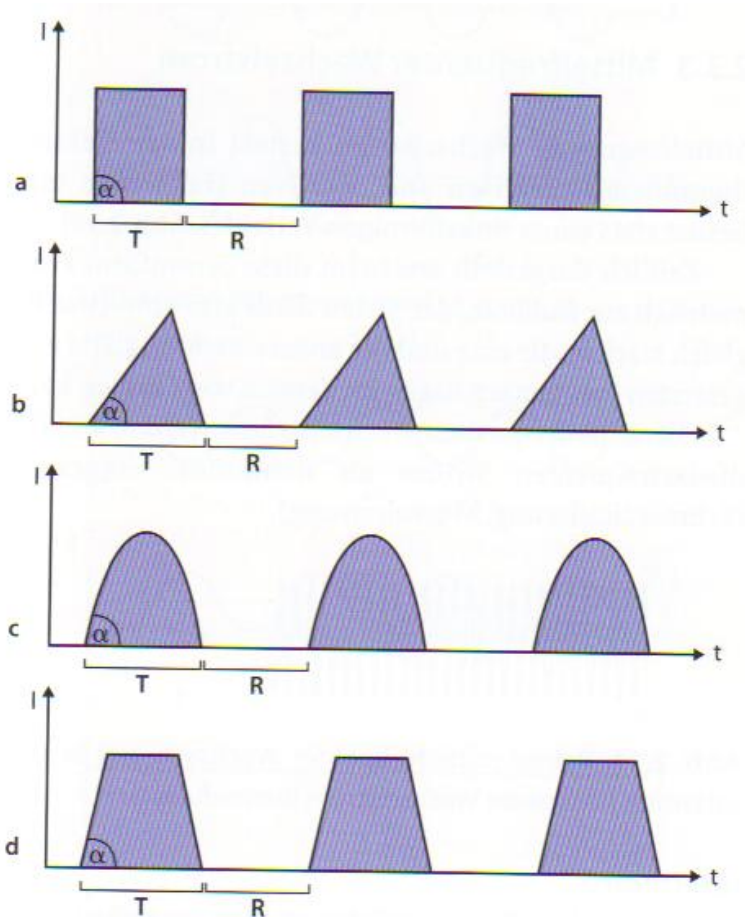


Abb. 2.35. Zeitlicher Verlauf verschiedener Reizstromarten:

- a Rechteckstrom
- b Dreieckstrom
- c Sinusförmiger Strom
- d Trapezförmiger Strom

Reizstrom wird durch folgende Charakteristika beschrieben:

- *Spitzenstromstärke*: der kurzzeitig maximal fließende Strom, gemessen in A
- *Impulszeit*: Zeitspanne in der Strom fließt (T in sec oder ms)
- *Pausenzeit*: Zeitspanne in der kein Strom fließt (R in sec oder ms)
- *Impulsform*: Sie bestimmt in welcher Form ein Stromimpuls auf seinen Höchstwert ansteigt und wieder auf null zurückgeht (Dreieck, Rechteck...)
- *Anstiegssteilheit*: Sie gibt an in welcher Zeit ein Dreieckimpuls seinen Höchstwert erreicht hat. Große Steilheit = großer Anstiegswinkel ( $\alpha$ ).

- *Frequenz*: Impuls und Pausendauer bestimmen die Frequenz (in Hz). Aus T und R lässt

$$f = \frac{1000 \text{ ms}}{T + R}$$

sich die Frequenz berechnen:

- *Effektivstromstärke*: Sie berechnet sich aus Spitzenstrom, Impulszeit, Pausenzeit, Impulsform und Anstiegssteilheit und wird in A bzw. mA gemessen.

### Mittelfrequenter Wechselstrom

Er besteht aus positiven und negativen Halbwellen und besitzt stets einen sinusförmigen Verlauf. Die eingesetzten Frequenzen liegen im Bereich von 1-100 kHz.

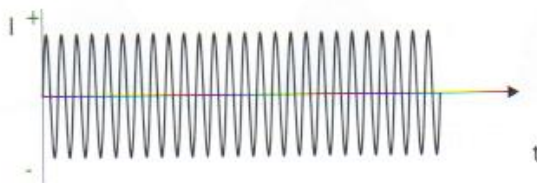


Abb. 2.39. Reiner mittelfrequenter Wechselstrom: in der Intensität konstanter Wechselstrom (unmoduliert)

### Interferenz

Interferenz oder Überlagerung bezeichnet ein physikalisches Phänomen, das entsteht, wenn zwei Schwingungen, die in ihrer Frequenz sehr ähnlich oder gleich sind, gemischt werden. Ist die Frequenz und Amplitude beider Schwingungen gleich und treffen die beiden so aufeinander, dass beide Spitzen und beide Täler zusammenfallen, so entsteht eine neue Schwingung, die die gleiche Frequenz besitzt, aber doppelt so stark ist -> *konstruktive Interferenz*

Kommt eine Schwingung etwas später als die andere, so trifft unter Umständen die Spitze der einen Schwingung auf das Tal der anderen – die Schwingungen löschen sich aus. Kommt es auf Grund unterschiedlich starker Schwingungen zur nicht vollständigen Löschung wird die Schwingung lediglich schwächer -> *destruktive Interferenz* (beide Vorgänge werden so genannt)

## Modulierter Wechselstrom

Werden zwei Wechselströme mit gleicher Amplitude aber unterschiedlicher Frequenz gemischt, wechseln sich konstruktive und destruktive Interferenz ab. Der entstandene Wechselstrom schwankt in seiner Stärke, ist also moduliert.

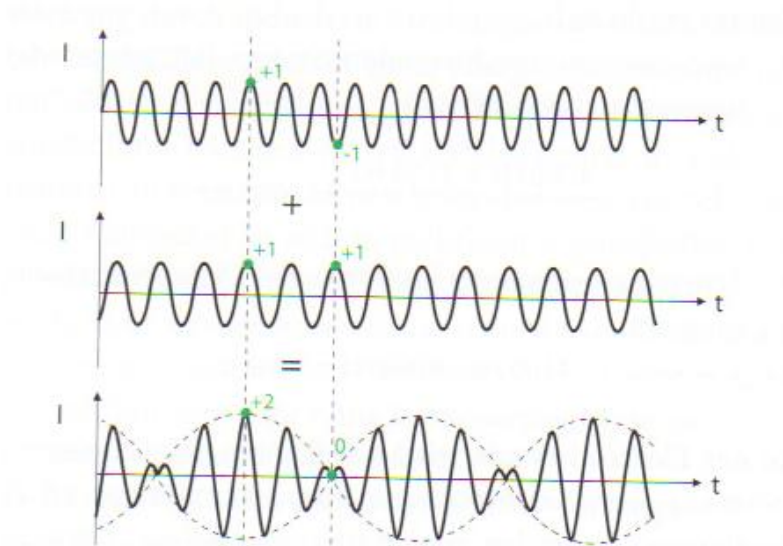


Abb. 2.42. Die Modulationsfrequenz ergibt sich aus der Differenz zwischen den beiden erzeugenden Schwingungen (Schwebungen).

## Hochfrequenz

Frequenzbereich ab 100 kHz

Die therapeutische Anwendung der Hochfrequenz erfolgt im Gegensatz zu den vorangegangenen Stromformen nicht mehr direkt über Elektroden, sondern in Form von elektromagnetischen Wellen bzw. Wechselfelder. Die elektromagnetischen Wellen erzeugen nach dem Prinzip der Induktion wiederum elektrische Wirbelströme im Körper, die zur Freisetzung von Wärmeenergie führen. (-> Mikrowellenherd)

## Kurzwellen

Frequenzbereich 3-30 MHz

Da diese Frequenzen auch für viele andere Zwecke (Funk, Radio) genutzt werden, wurde eine eigene feste Frequenz festgelegt -> 27,12MHz

### Dezimeterwelle

Frequenzbereich 300 bis 3000 MHz

Auch hier feste Frequenz (Fernsehen) 433,92MHz

### Mikrowelle

Frequenzbereich 19,6 bis 5880MHz

Auch hier feste Frequenz (Funkverkehr) 2450MHz

## **Licht**

### Infrarotstrahlung

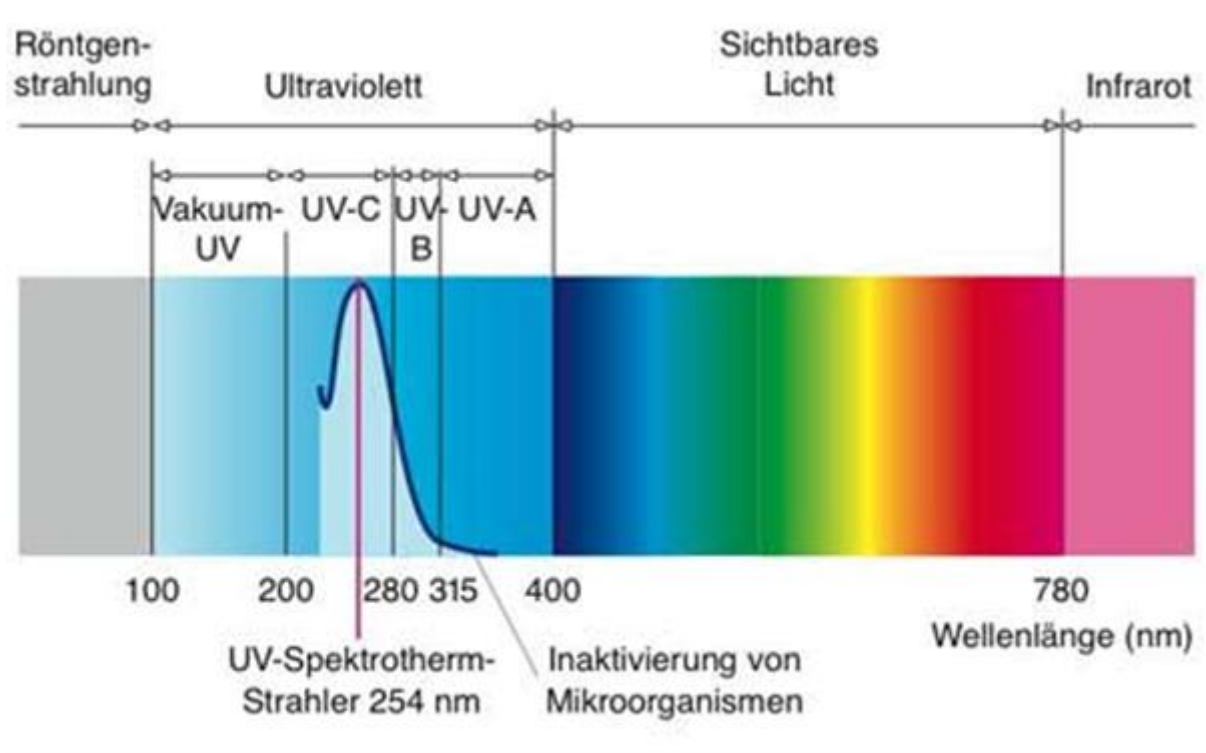
Elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 780nm und 0,4 mm.

Umgangssprachlich wird IR-Licht oft mit Wärmestrahlung gleichgesetzt, auch wenn sowohl Mikrowellen als auch sichtbares Licht, wie der ganze elektromagnetische Spektralbereich, zur Wärmestrahlung beitragen. Die elektromagnetischen Schwingungen werden beim Auftreffen auf einen Körper in Wärme umgewandelt.

### Ultraviolettstrahlung

Wellenlänge zwischen 10 und 400nm

Ultraviolettstrahlung kommt in der Sonnenstrahlung vor. Ultraviolettstrahlung kann künstlich hergestellt werden, häufig z. B. mit Quecksilberdampflampen (Schwarzlichtlampen, Solarien, Höhensonne).



## Laser

Abkürzung für: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation ("Lichtverstärkung durch induzierte Strahlungsemission")

Dies ist ein physikalischer Effekt, mit dem künstlich gerichtete Lichtstrahlen erzeugt werden können. Laserstrahlen haben Eigenschaften, die sie stark von Licht aus klassischen unterscheiden:

- Lichtstrahl extrem gebündelt
- Es besitzt nur eine genau definierte Wellenlänge
- Alle Schwingungen des Laserlichts haben die gleiche Phasenlage, d.h. sie schwingen an einer bestimmten Stelle im gleichen Takt

Die Lichtleistung der Laser wird in Watt angegeben. (Nicht zu verwechseln mit der Wattangabe bei Glühlampen)

CAVE: Nicht in das Laserlicht schauen, da es die Netzhaut schädigen kann!!!



## Ultraschall

Als Ultraschall werden Schallwellen mit Frequenzen oberhalb des hörbaren Bereichs (20kHz) bezeichnet.

Bei der Therapie werden Frequenzen von 800kHz, 1MHz und 3MHz verwendet. Die Schallwellen breiten sich sowohl in Luft als auch in flüssigen und festen Materialien aus. Da beim Übergang des Schalls von gasförmigen in feste oder flüssige Medien bzw. umgekehrt aus physikalischen Gründen eine sehr hohe Dämpfung des Schalls stattfindet, muss ein Ultraschallkopf immer direkt ohne Luftspalt auf die Haut aufgesetzt werden. Zur Verbesserung des Schallübergangs wird ein Kopplungsmedium in Form von Öl, Glycerin, Wasser oder Gel eingesetzt. Im Körper entstehen in Folge des Ultraschalls Wellen, die zu einer rhythmischen Kompression und Expansion des Gewebes in der Frequenz des US führen.

### Piezoelektrischer Effekt:

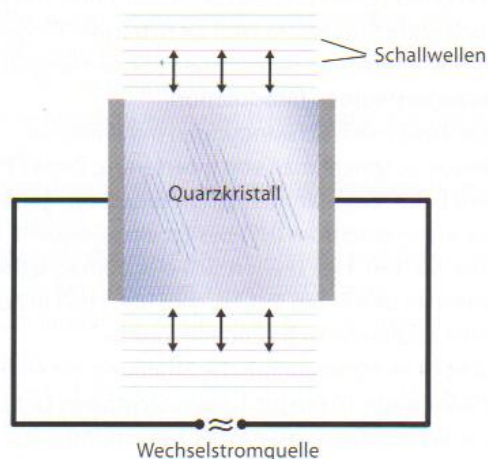
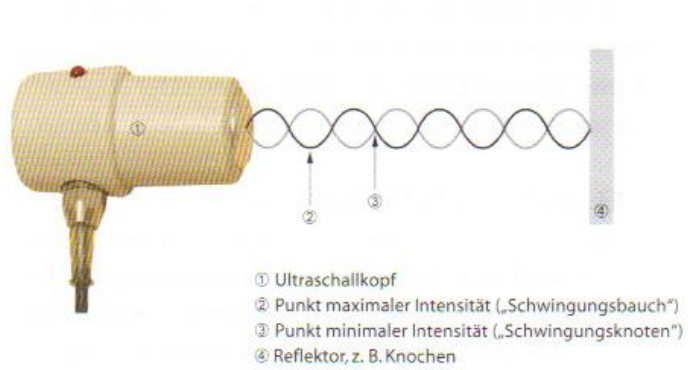


Abb. 2.46. Der piezoelektrische Effekt: Ein Quarzkristall gibt bei Kontakt mit Wechselstrom in der gleichen Frequenz Schallwellen ab.

Die Schwingung des Kristalls kann über eine Membran an die Luft abgegeben werden oder z.B. direkt auf die Haut und damit dem menschlichen Körper übertragen werden. Im Gewebe entsteht Wärme.

CAVE: Der US-Kopf muss während der ganzen Behandlungszeit in Bewegung sein um Verbrennungen im Gewebe zu verhindern, da an einigen Körperstellen die Wirkung durch die Knochen-Muskulatur-Konstellation erheblich verstärkt wird.



**Abb. 2.48.** Bei der Ultraschallbehandlung kann es zu stehenden Wellen kommen, die leicht zu Verbrennungen des Gewebes (Reflektor) führen können.

## Elektrodenarten

- Elektrodenschwämme
- Plattenelektroden
- Saugelektroden
- Klebeelektroden
- Punktelektroden
- Bügelelektroden
- Scheibenelektroden
- Handtuch als Elektrode

## Regeln zur Polung der Elektroden

### *Differente Elektrode (= Wirkelektrode)*

Die Elektrode die an der betroffenen Körperregion angelegt wird. Sind die Elektroden unterschiedlich groß, wird als differente Elektrode die kleinere verwendet, da unter ihr der Strom stärker fokussiert wird -> höhere Stromdichte und Reizwirkung

Bei mobiler Applikation ist die mobile Elektrode different.

### *Indifferente Elektrode (= Bezugselektrode)*

Eine zweite Elektrode dient ausschließlich als Bezugselektrode und unter ihr findet keine Wirkung statt -> indifferente Elektrode kann im Prinzip überall am Körper angebracht werden

### *Polung der Elektroden*

Gleichstrom: differente Elektrode = Anode (+)

Reizstrom: differente Elektrode = Kathode (-)

Wechselstrom: keine Polung, da sich die Stromflußrichtung laufend umkehrt

Iontophorese: je nach Medikament

### *Absteigende Behandlung:*

Anode proximal der Kathode (z.B. Anode OS und Kathode Fuß) -> beruhigende Wirkung auf das Nervensystem, schmerzlindernd

### *Aufsteigende Behandlung:*

Kathode proximal der Anode (z.B. Kathode OS und Anode Fuß) -> aktivierende Wirkung auf das Nervensystem

### *Polarität bei Querdurchströmung:*

Die Elektroden werden so angelegt, dass der Strom quer zur Körperachse fließt. Die Polung ist i.d.R. ohne Bedeutung. Befindet sich das betroffene Schmerzgebiet jedoch überwiegend auf einer Körperseite, ist es vorteilhaft dort die differente Elektrode zu platzieren.

## **Applikationsformen**

### Querdurchströmung:

Die Stromflußrichtung ist quer zur Längsachse des zu behandelnden Körperabschnitts -> Gelenke

### Längsdurchströmung:

Die Stromflußrichtung ist parallel zur Längsachse des zu behandelnden Körperabschnitts -> ganze Extremitäten, WS

### Mobile Applikation:

Dient der Behandlung großer Körperregionen oder der Schmerzpunktsuche

## **Dosierung des Stroms**

Die Dosierung ist beeinflussbar durch die *Größe der Elektroden* (je kleiner, umso höher ist die Reizwirkung wegen der höheren Stromdichte), die *Stromstärke* (Intensität) und die *Stromart* (Beim Reizstrom gibt es Reizpausen -> weniger Strom fließt durchs Gewebe). Desweiteren wird die Dosis reguliert über die Dauer und die Häufigkeit der Anwendung.

### Dosierungs- und Grenzbereiche:

- Sensibel unerschwellig: Strom wird nicht wahrgenommen
- Sensibel schwellig: Strom wird gerade so gespürt
- Sensibel überschwellig: Strom wird deutlich gespürt
- Toleranzgrenze: Strom wird als unangenehm empfunden -> diese Grenze ist stets zu respektieren
- Motorisch unerschwellig: Strom führt zu keiner Kontraktion
- Motorisch schwellig: Strom führt zu leichter Kontraktion
- Motorisch überschwellig: Strom löst deutliche Kontraktion aus

Allgemeine Richtlinien bei der Behandlung:

Je akuter ein Krankheitsbild, desto

- milder die Dosierung
- kürzer die Behandlungszeit
- häufiger die Anwendung pro Woche

Je chronischer ein Krankheitsbild, desto

- höher die Dosierung
- länger die Behandlungszeit
- seltener die Anwendung pro Woche#

### Hautwiderstand:

Die Haut des Patienten ist als ein in Reihe geschalteter Widerstand zum Körpergewebe aufzufassen. Daher fällt ein Teil der Spannung zwischen den Elektroden an der Haut ab. Für den Patienten ist dies eine unangenehme sensible „Belästigung“ ohne therapeutischen Nutzen. Vor jeder Behandlung, bei der Elektroden verwendet werden, ist es daher wichtig den Hautwiderstand zu senken. Dies kann man erreichen durch:

- Fettschicht der Haut mit Seifenlösung abwaschen
- Keratosen entfernen (Hautdicke reduzieren)
- Haut anfeuchten

### **Wirkungen des Stroms auf den Körper**

Niederfrequente Ströme:

- Aktivierung des Sympathikus und Parasympathikus
- Schmerzlinderung und Durchblutungsförderung
- Reizung quergestreifter Muskulatur
- Sympathikusdämpfung (100Hz)

Mittelfrequente Ströme:

- Schmerzhemmung oder Linderung

- Muskelkräftigung

Hochfrequente Ströme:

- Wärmeerzeugung in der Tiefe des Körpers (Diathermie)
- Wärmewirkung im Gewebe

### **Kontraindikationen**

*LIEGT EINE ABSOLUTE KONTRAINDIKATION VOR, IST DIE ELEKTROTHERAPIE AN JEDER STELLE DES KÖRPERS KONTRAINDIZIERT!*

#### **Absolute Kontraindikationen:**

- akute bakterielle oder virale Prozesse
- akuter Gelenkrheumatismus
- AVK Stadium III – IV
- fieberhafte Erkrankungen
- sehr starke Blutungsneigung(Hämophilie)
- Tuberkulose
- maligne Tumoren mit Metastasierungsgefahr
- Herzschrittmacher
- schwere neurologische Erkrankungen wie MS, spastische Spinalparalyse -> gilt nur für NF und MF
- extreme Stromallergie an der Haut (Rötung, Pustelbildung, Juckreiz) -> gilt nur für NF und MF

*LIEGT EINE RELATIVE KONTRAINDIKATION VOR, DARF DIE ELEKTROTHERAPIE AN DEN BETROFFENEN KÖRPERBEREICHEN NICHT ANGEWENDET WERDEN!*

### Relative Kontraindikation:

- ungeklärte Hautveränderungen
- progressive Muskeldystrophie
- Schwangerschaft und Menses
- Verbrennungen
- Offene Hautverletzungen, Ekzeme
- Thrombophlebitis, Thrombose
- ausgeprägte Varikosis
- akute Arthritis
- Lymphödeme -> nur NF, MF, HF
- große Flüssigkeitsansammlungen im Körper (Pleuraerguß, Gelenkerguß) -> nur HF

### **Indikationen**

#### Galvanisation

Zur Schmerzlinderung bei

- Gelenkschmerz (Gonarthrose)
- Lumbalgie
- Tendinitis, Tendovaginitis (Sehnenscheidenentzündung)
- Chronische Polyarthritis

Zur Durchblutungssteigerung bei

- Funktionelle Durchblutungsstörungen
- AVK I-II
- M. Raynaud

Behandlungszeit: 10 – 20 min.

akut: tägl., sensibel unterschwellig bis schwellig ; chronisch: 2-3 mal pro Woche, sensibel überschwellig

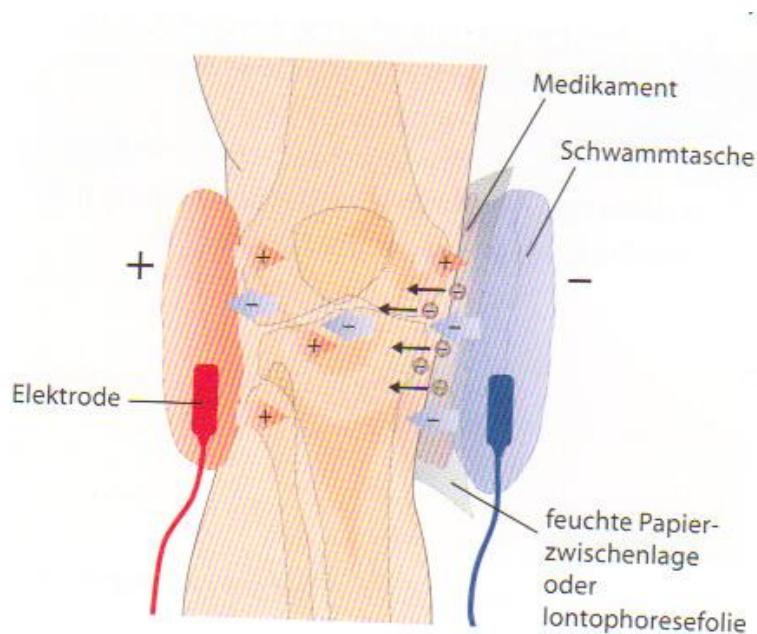
## Lontophorese

Bei der Lontophorese wird mit Hilfe von konstantem Gleichstrom ein Wirkstoff durch die Haut in den Körper eingebracht. Das Prinzip beruht auf der Wanderung von Ionen im elektrischen Feld. Da viele Medikamentenwirkstoffe ionischen Charakter haben, kann auch ihre Wanderung durch die Haut in das Gewebe durch das elektrische Feld angelegter Elektroden beschleunigt werden. Die Wirkstoffe dringen je nach Stromstärke und Stromflusszeit etwa 2-3 cm tief in die Haut ein. Für die Anwendung der Lontophorese sind daher primär sehr oberflächlich gelegene Prozesse geeignet.

Geeignete Medikamentenformen: Salben, Gele, Emulsionen, wässrige Lösungen (man muss die Polarität jedes Medikamentes beachten)

Nebenwirkungen: allergische Reaktion auf das Medikament, Stromallergie

Behandlungszeit: 10 – 40 min., 3x pro Woche



**Abb. 8.3.** Aufbau einer Lontophorese: Das Eindringen von Medikamenten in den Körper (Querdurchströmung)



## Hydrogalvanische Bäder

Zur Behandlung einzelner Körperteile werden diese in passende Wannen getaucht (Mono-, Zwei- oder Vierzellenbad). Der ganze Körper wird im Stangerbad behandelt.

Bei dieser Anwendung nutzt man die gleichmäßige Stromverteilung im Wasser. An unebenen und kantigen Körperoberflächen (z.B. Knöchel) treten keine Stromkonzentrationen auf, wie sie sonst bei „Trockenbehandlungen“ mit Plattenelektroden unvermeidbar wären. Zusätzlich hat man die hydrotherapeutischen Wirkungen des Wassers.



Längsdurchströmung des Beins: Der Patient sitzt auf der proximalen Elektrode.

In der Regel wird absteigend behandelt, d.h. die Kathode (-) befindet sich im Wasser und die Anode (+) befindet sich außerhalb des Wassers an der Extremität des Patienten.

Behandlung: sensibel schwellig bis überschwellig , 10 – 20min, 2-3 mal pro Woche

## Vierzellenbad

Es dient der gleichzeitigen Behandlung aller vier Extremitäten -> Alternative zum hydrogalvanischen Vollbad (Stangerbad)

Vorteile:

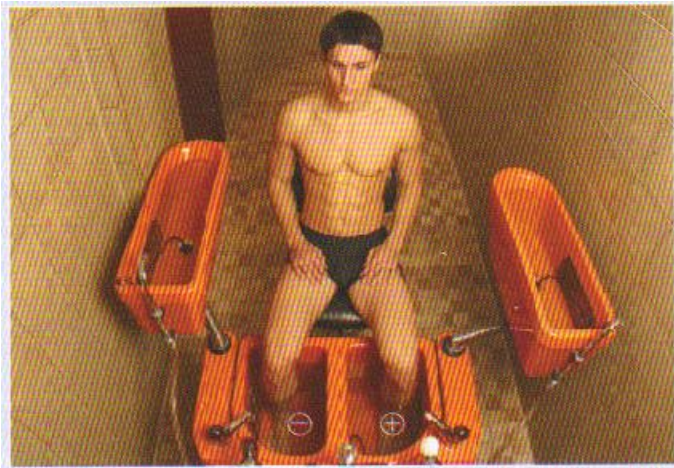
- geringerer Wasser- und Energieverbrauch
- kein „Transport“ in oder aus der Wanne (behinderte und alte Menschen)
- einfachere Lagerung für Patient
- keine komplette Entkleidung notwendig
- auch bei Herz-Kreislauf-Insuffizienz oder bei Inkontinenz möglich
- konzentriertere und gezieltere Wirkung, da kein Strom am Körper „vorbeifließt“

Indikationen:

- arterielle Durchblutungsstörungen an allen Extremitäten
- Zentrale Paresen (absteigend)
- Periphere Lähmungen (z.B. Peroneus, Halbseitenlähmung) an mehreren Extremitäten (aufsteigend)

### Zweizellenbad

Beide Beine sind mit Unterschenkel und Fuß in je eine Wasserwanne getaucht. Jede Wanne steht mit einem Pol der Stromquelle in Verbindung.



Indikationen:

- Ischialgien
- Durchblutungsstörungen
- lumbale Plexuslähmungen (aufsteigend)
- Paraspastik (absteigend)

Behandlung: sensibel schwellig bis überschwellig, 10-20 min., 2-3 mal pro Woche, 20-40°C

## Stangerbad

Beim hydrogalvanischen Vollbad liegt der Patient bis zum Hals im Wasser in einer Wanne und wird in Längs- oder Querrichtung von Strom durchflossen.



### Wirkungen:

- Anregung des Immunsystems
- Stoffwechselsteigerung
- Anregung oder Beruhigung des Nervensystems
- Steigerung oder Senkung des Muskeltonus
- Schmerzdämpfung
- Durchblutungsförderung

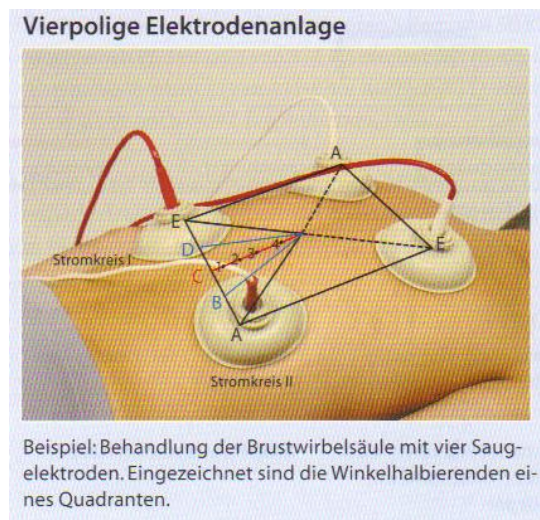
### Kontraindikationen:

- Tumore und akute bakterielle oder virale Krankheitsprozesse
- Herzschrittmacher und Herzinsuffizienz
- kreislaulabile Personen
- Metallimplantate und Inkontinenz
- Hautverletzungen, Hautekzeme

Behandlung: sensibel schwellig bis überschwellig, 10-20min., 2-3 mal pro Woche, 34-40°C

## Vierpoliger Interferenzstrom

Es werden zwei Stromkreise unterschiedlicher Frequenz mittels 4 Saugelektroden angelegt. Das Behandlungsgebiet ist hierbei von den Elektroden eingeschlossen. Die Elektroden jeweils eines Stromkreises liegen sich diagonal gegenüber. Die Anordnung der Elektroden muss quadratisch sein. Die Stromstärken beider Stromkreise müssen gleichhoch sein. Die Behandlung sehr großer Körperpartien ist möglich. Der Strom wird als sehr angenehm empfunden.



## TENS-Verfahren

TENS = **t**ranskutane **e**lektrische **N**ervenstimulation

Analgesieverfahren zur Heimbehandlung chronischer Schmerzpatienten. Rechteckströme mit Impulszeiten im Bereich von 30-400  $\mu$ s. Die Pausen zwischen den Impulsen betragen je nach Gerätehersteller 5-100 ms. Daraus ergibt sich eine Frequenz von 10-200 Hz.

- werden ausschließlich mit Batterie betrieben
- sind am Körper tragbar
- Eigenbehandlung des Patienten
- Wesentlich kürzere Impulse als bei konventionellem Reizstrom
- Kontaktmedium Klebemittel oder Gel

- spezifische Wirkung -> Analgesie
- Kontraindikationen: Herzschrittmacher, schwere Herzerkrankung
- Nebenwirkungen: Gewöhnungseffekt, Hautreizungen

*Dosierung:* bis kurz unter der Toleranzgrenze (je stärker das Stromgefühl, desto besser ist die zentrale Schmerzdämpfung)

*Behandlungszeit:* bis Schmerzdämpfung eintritt (20-60 min.)

*Häufigkeit der Behandlung:* einmal bis mehrmals täglich, je nach Bedarf des Patienten

*Reizpause:* ist nach 1-2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10-15 Tagen erfolgen oder auf eine andere Stromtherapieform gewechselt werden

Typische Erkrankungen am Fuß bei denen mit Elektrotherapie gute Erfolge erzielt werden können:

Sprunggeleksarthrose

- Kurzwelle, Dezimeterwelle, Ultraschall, Interferenzstrom

Achillodynie

- Ultraschall( Ultraphonophorese), Mikrowelle, Iontophorese

Distorsionen des Sprunggelenkes

- Interferenzstrom, Ultraschall, Iontophorese

M. Sudeck

- Interferenzstrom, Diadynamische Ströme, Ultraschall



Querdurchströmung des Sprunggelenks mit zwei Kissen-  
elektroden Typ „T“

### 1. Kurzwelle

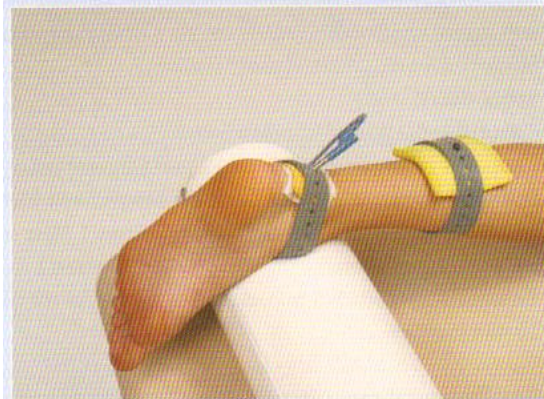


### 3. Mikrowelle



Bestrahlung der Achillessehne (Minifokusstrahler)

### 4. Iontophorese



Iontophorese an der Achillessehne: Die Bezugselektrode  
wird auf der distalen Wade befestigt.

### Moderne Geräte zur Hochfrequenztherapie

