

Physiotherapie Basics

Herausgegeben von

Bernard C. Kolster, Frans van den Berg und Udo Wolf

Springer

Berlin

Heidelberg

New York

Hongkong

London

Mailand

Paris

Tokio

Werner Wenk

Elektrotherapie

Unter Mitarbeit von
Friedrich Ach
und
Udo Wolf

Mit 533 Abbildungen und 25 Tabellen

Werner Wenk

Orffstraße 64

41189 Mönchengladbach



Sagen Sie uns Ihre Meinung zum Buch: [www. Springer.de/978-3-642-20029-8](http://www.Springer.de/978-3-642-20029-8)

ISBN-13 978-3-642-20029-8 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

SpringerMedizin

Springer-Verlag GmbH

ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, 2011

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Projektleitung: David Kühn, Marburg

Planung: Marga Botsch, Heidelberg

Projektmanagement: Heidemarie Wolter, Heidelberg

Gesamtherstellung: KVM Dr. Kolster Produktions- und Verlags-GmbH, Marburg

Wir danken den Firmen Richard Kaphingst GmbH, Physikalische Therapie und Rehabilitation, Marburg; Intersport Begro, Marburg; PHYSIOMED® Elektromedizin AG, Schnaittach sowie Trautwein GmbH, Emmendingen für Ihre freundliche Unterstützung.

Fotos: Martin Kreutter, Marburg

Grafiken und Zeichnungen: Dr. Günter Körtner, Marburg; interActive Systems, Gesellschaft für interaktive Medien mbH, Berlin

Redaktion: Martina Kunze, Marburg; Katrin von der Decken, Gießen

Fotos: Peter Mertin, Cologne Enterprise Production, Köln;

Abb. 1.1, 1.3, 1.6, 1.8, 1.10, 1.11 in Kap. 1 © Springer, Berlin 1929

Grafiken und Zeichnungen: Dr. Günter Körtner, Marburg; Marius Nowak, Gießen

Satz und Layout: Katja Kubisch, Anja Bruun, Marburg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

SPIN 80025932

Widmung

Dieses Buch möchte ich der Rudolph-Klapp-Schule in Marburg widmen, in der ich eine sehr gute Ausbildung genießen durfte und eine schöne Zeit verbrachte. All die vielen wertvollen Erfahrungen, die ich in dieser Zeit machen durfte, möchte ich nicht missen – sie haben mir in vielerlei Hinsicht einen großen Gewinn gebracht. Mögen auch die künftigen Ausbildungsjahrgänge davon profitieren.

Reihenvorwort

Die Reihe „Physiotherapie Basics“ richtet sich in erster Linie an Physiotherapieschüler, aber auch an Physiotherapeuten in der Praxis.

Die Inhalte sind praxisorientiert aufgearbeitet. Alle Elemente der Untersuchung (z. B. Anamnese, Inspektion, Tastbefund und Funktionsuntersuchung) werden ausführlich beschrieben und erleichtern so eine optimale Befundung und Behandlung. Neben den manuellen Tests werden auch Messinstrumente und Skalen vorgestellt. Anleitungen für die Dokumentation und Interpretation der Befunde erleichtern dem Anwender den Einstieg in die Behandlung. Diese wird nach Behandlungszielen gegliedert dargestellt. Dazu bedienen wir uns des bewährten Bildatlas-Konzeptes: Die Praxis wird vorrangig über Bildsequenzen mit erklärenden Texten vermittelt.

Über das didaktische Prinzip klassischer Schulbücher hinausgehend, ist es ein Anliegen der Herausgeber, die physiotherapeutischen Verfahren zusammenhängend und anwendungsbezogen darzustellen. So soll bei der Entscheidung für eine der vielen Techniken unseres Faches eine wirkungsvolle Entscheidungshilfe für Alltagssituationen in der therapeutischen Praxis gegeben werden. Fundierte Kenntnisse über die zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen sollen den Dialog mit dem verordnenden Arzt bereichern und zu einer Optimierung der Indikationsstellung beitragen. Sie werden in ausführlichen Theorie-Kapiteln verständlich dargelegt.

Dem Leser soll durch „Lernziele“ am Beginn und „Zusammenfassungen“ am Ende eines Kapitels eine Fokussierung auf die Essentials erleichtert werden. Wichtige Informationen werden durch optische Kästen als „Memo“ und Warnungen unter „Vorsicht“ hervorgehoben. Ferner kann das Erlernte durch die unter „Überprüfen Sie Ihr Wissen“ formulierten Fragen im Hinblick auf eine optimale Prüfungsvorbereitung rekapituliert werden.

Auch der erfahrene Praktiker kann auf unsere „Basics“ zurückgreifen, wenn er sein Wissen auffrischen und aktualisieren möchte. Zudem bietet die Reihe das nötige Know-how, um sich die praxisrelevanten Grundlagen für verschiedene Spezialgebiete aneignen zu können. Dies gilt auch für Studenten der Bachelor-Studiengänge für Physiotherapeuten.

Um die Buchreihe optimal auf die Bedürfnisse von Schülern und Studierenden ausrichten zu können, wurde ein Schülerbeirat in die Planung eingebunden. An dieser Stelle möchten wir Martin Müller, Alice Kranenburg (Rudolf-Klapp-Schule, Marburg), Silvia Weber, Martin Dresler, Eva Maria Plack (IFBE, Marburg) sowie Antonia Stieger für ihre konstruktive Mitarbeit danken.

Udo Wolf
Frans van den Berg
Bernard C. Kolster

Vorwort zur zweiten verbesserten Auflage

Elektrotherapeutische Anwendungen haben sich bis heute als wertvolle Zusatzmaßnahmen zur aktiven oder passiven Physiotherapie erwiesen.

Besonders bei der Beeinflussung der Schmerzsymptomatik leistet die Elektrotherapie mit unterschiedlichen Therapieansätzen einen entscheidenden Beitrag.

Fast ebenso bedeutend ist der Wiederaufbau von geschwächten Muskeln nach längerer Immobilisierung oder nach einer Operation, wo physiotherapeutische Übungen aus lagerungstechnischen Gründen oder schmerzbedingt gar nicht bzw. nur eingeschränkt möglich sind.

Bei peripheren Lähmungen bietet die Elektrotherapie die einzige Möglichkeit, einem Abbau von Muskelmasse entgegenzuwirken.

Neue praktischen Erfahrungen der letzten Jahre haben dazu geführt, dass ich insbesondere das Kapitel „Muskelreizung“ überarbeitet und neu gestaltet habe.

In diesem Sinne wünsche ich meinen KollegInnen in Klinik und freier Praxis, aber auch meinen Unterrichtskollegen und Kolleginnen ein fruchtbares Arbeiten.

Mönchengladbach, Dezember 2010

Werner Wenk

Vorwort

Wozu noch ein Buch über Elektrotherapie, wenn es doch bereits einige gute Standardwerke auf dem Markt gibt? Als ich das Konzept dieser Schulbuchreihe kennen lernte, erkannte ich das Potenzial, das darin steckt: eine didaktisch äußerst ansprechende Vermittlung von praxisorientiertem Fachwissen an die nächste Generation, die „Physios“ von morgen. Deshalb fiel mir die Entscheidung dieses Buch zu schreiben nicht schwer. Die elektrotherapeutische Behandlung wird mit reichhaltigem vierfarbigem Bildmaterial illustriert. Auch dies ist eine Stärke des vorliegenden Werks.

Das erste Gefühl, das sich bei Schülerinnen und Schülern im Fach Elektrotherapie einstellt, ist oftmals negativ belegt. Der Gedanke, mit Elektrizität umgehen zu müssen, ist vielen unbehaglich – so habe ich es während meiner langjährigen Unterrichtstätigkeit immer wieder erlebt. Wenn dann noch das Thema „Hydroelektrische Bäder“ ansteht, geraten selbst die stärksten Schülernerven ins Wanken, denn die Kombination von Strom und Wasser wird fast immer mit Gefahr assoziiert.

Woher rührt dieses Unbehagen? Es resultiert zumeist aus Unkenntnis über die Materie und manchmal auch aus einer unfreiwilligen negativen Erfahrung mit Strom im täglichen Leben.

Nun, die negativen Erfahrungen kann kein noch so guter Elektrotherapielehrer rückgängig machen, aber einen kompetenten und sicheren Umgang mit Strom kann er sehr wohl vermitteln. Dieses Buch soll dazu eine Hilfestellung geben: Wie kann ich sicher und fachkundig mit Elektrizität umgehen und somit kompetent und mit der nötigen Übersicht therapieren?

Für Schüler, die diese therapeutische Methode erlernen, ist es nicht sinnvoll, Behandlungszeiten und Dosierungsstufen auswendig zu lernen. Allein entscheidend in diesem Zusammenhang ist die Fähigkeit, den Akuteitszustand einer Erkrankung zu erkennen und angemessen an diesen und an die Entfernung des pathologischen Herds von der Oberfläche die passende Stromform und Dosierung zu bestimmen.

Mein Appell gilt deswegen allen Lehrern der Elektrotherapie: Fragen Sie bitte nicht feste Programme ab, sondern lassen Sie die Schüler die Grundsätze der Dosierung erkennen, und diese auf ein Krankheitsbild mit seiner individuellen Problematik anwenden. Jede Dosierungsstrategie sollte sachlich begründet werden können. Ist dies nicht der Fall, muss das therapeutische Handeln in Frage gestellt werden.

Dieses Buch ist zwar primär für die Lernenden der Elektrotherapie geschrieben, aber auch die Kollegen und Kolleginnen in der Praxis werden eine wertvolle Unterstützung in Ihrer Arbeit bekommen und so manches Vergessene wieder aktualisieren können. Neben fundierten physikalischen Grundkenntnissen, die sich nur auf das Wesentliche konzentrieren, steht die Praxis im Vordergrund. Viele Praxistipps sind meinen langjährigen praktischen Erfahrungen entsprungen.

In diesem Sinne wünsche ich allen Lesern ein fruchtbares Studium. Dieses Buch möge eine wertvolle Hilfe für die tägliche Praxis zum Wohle der Patienten sein.

Frankfurt, Mai 2003

Werner Wenk

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen, die an der Entstehung dieses Werks mitgewirkt haben, meinen herzlichsten Dank aussprechen. Ohne ihre Mitarbeit wäre dieses Werk nicht in dieser für mich äußerst zufriedenstellenden Weise entstanden. Namentlich einzeln erwähnt und nochmals gedankt seien:

Martina Kunze, sowohl für ihre engagierte Projektleitung als auch für ihr konstruktives Lektorieren und Umgestalten so manch schwieriger Textpassage.

Friedrich Ach, Kathrin von der Decken, Sabine Rasel und Udo Wolf für ihr kompetentes Lektorieren.

Udo Wolf für die wertvollen Anregungen und die Verfassung der Texte zu den wichtigen Themen Diagnose, Verordnung und Befund. Friedrich Ach für die gut verständliche Fassung des Kapitels „Physikalische Grundlagen“.

Dem Fotografen Peter Mertin für die wunderschönen Fotos sowie die herzerfrischenden, aber auch schonungslos aufdeckenden Kommentare während der Aufnahmen im Studio.

Katja Kubisch, die jederzeit „am Ball blieb“ bei der Umsetzung des Manuskripts in das satzfertige Buch.

Dem Fotomodell Erik Schmelter für die Geduld während der Aufnahmen.

Fa. Kaphingst für die Bereitstellung von Hilfsmitteln, Fa. PHYSIOMED® und Fa. Trautwein für die Bereitstellung von Fotomaterial.

Herrn List (Sonnenblick-Klinik, Marburg) für die Hilfe bei den Aufnahmen der hydroelektrischen Bäder.

Den Schülern Silvia Weber und Martin Dresler für Ihre wertvollen Hinweise beim Probelesen des Manuskripts.

Thomas Klamburg, Ausbildungsleiter der Rudolph-Klapp-Schule sowie Daniela Frey für die freundliche Unterstützung bei dem Zusammentragen des Materials.

Inhalt

1	Entwicklung der Elektrotherapie	1
1.1	Reibungselektrizität: Franklin-Epoche	2
1.2	Chemische Elektrizität: Galvani-Volt-Epoche	3
1.3	Elektrische Induktion: Faraday-Epoche	4
1.4	Hochfrequenz: D'Arsonval-Epoche	6
1.5	Neuere Entwicklungen seit 1950	7
2	Physikalische Grundlagen	9
2.1	Struktur der Materie	10
2.2	Elektrische Eigenschaften der Materie	17
2.3	Stromformen in der Elektrotherapie	30
2.4	Licht	35
2.5	Schallwellen	36
3	Grundlagen der Elektrotherapie	41
3.1	Elemente und Funktionen eines Elektrotherapiegeräts	42
3.2	Elektrodenarten	44
3.3	Regeln zur Polung der Elektroden	48
3.4	Applikationsformen der Elektroden	49
3.5	Dosierung des Stroms	52
4	Medizinische Grundlagen	55
4.1	Schmerz	56
4.2	Elektrische Muskelreizung	59
4.3	Wirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper	67
5	Indikationen und Kontraindikationen	73
5.1	Indikationen	74
5.2	Kontraindikationen	75

6	Der Befund	77
6.1	Allgemeines zur Befunderhebung	78
6.2	Elektrotherapeutischer Basisbefund	79
6.3	Ausführliche Befunderhebung	83
7	Behandlung – Einführung	97
7.1	Ablauf der Behandlung	98
8	Die Anwendungsverfahren	101
8.1	Gleichstrom	102
8.2	Niederfrequente Reizströme	120
8.3	Mittelfrequente Reizströme	140
8.4	Hochfrequente Ströme	149
8.5	Ultraschall	162
8.6	Laser	175
9	Behandlung – diagnoseorientiert	179
9.1	Einführung	180
9.2	Unterschenkel und Fuß	181
9.3	Knie	191
9.4	Hüfte	200
9.5	LWS und Beckenregion	206
9.6	BWS und Brustkorb	220
9.7	HWS und Schultergürtel	226
9.8	Schultergelenk und Oberarm	234
9.9	Ellenbogen und Unterarm	246
9.10	Hand und Finger	252
9.11	Muskelerkrankungen	264
9.12	Arterielle Gefäßerkrankungen	267
9.13	Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe	269
9.14	Erkrankungen des Nervensystems	272
10	Überprüfen Sie Ihr Wissen	179
10.1	Fragen	284
10.2	Antworten	298

Kontaktadresse	310
Seltene Krankheitsbilder	310
Kopiervorlagen: IT-Kurven-Formular, Befundbogen, Zeichenvordrucke, Behandlungsplan ..	311
Die sensiblen Versorgungsgebiete peripherer Nerven	317
Die Nervenreizpunkte	318
Dermatome	320
Rechnen mit Hochzahlen	321
Physikalische Größen und Einheiten	322
Symbole für Elemente eines Stromkreises	323
Literatur	325
Glossar	329
Sachverzeichnis	331

Farbleitsystem

Theorie

1	Entwicklung der Elektrotherapie
2	Physikalische Grundlagen
3	Grundlagen der Elektrotherapie
4	Medizinische Grundlagen
5	Indikationen und Kontraindikationen

Praxis

6	Der Befund
7	Behandlung – Einführung
8	Die Anwendungsverfahren
9	Behandlung – diagnoseorientiert
10	Überprüfen Sie Ihr Wissen
11	Anhang

Abkürzungen

A.	Arterie	KSZ	Kathodenschließzuckung
AM	Amplitudenmodulation	KW	Kurzwelle
AÖZ	Anodenöffnungszuckung	KW-K	Kurzwelle-Kondensatorfeld
ASZ	Anodenschließzuckung	KW-S	Kurzwelle-Spulenfeld
AVK	Arterielle Verschlusskrankheit	L	Laser
BWS	Brustwirbelsäule	Lig.	Ligamentum
CP	modulé en courtes periodes	LP	modulé en longues periodes
CRPS I	Complex regional pain syndrome I	LWS	Lendenwirbelsäule
DF	diphasé fixe	M.	Musculus
DIC	Dreieckimpulscharakteristik	MF	monophasé fixe
DW	Dezimeterwelle	MF	Mittelfrequenz
EHA	Elektroden-Haut-Abstand	Mm.	Musculi
FM	Frequenzmodulation	MW	Mikrowelle
G	Gleichstrom	NF	Niederfrequenz
HF	Hochfrequenz	o. B.	ohne Befund
HV	Hochvoltstrom	RIC	Rechteckimpulscharakteristik
HWS	Halswirbelsäule	RS	Rythme syncopé
HZdSG	Hemmzelle der Substantia gelatinosa	SV	Simultanverfahren
IF	Interferenzstrom	syn.	synonym
IG	Impulsgalvanisation	TENS	Transkutane elektrische Nervenstimulation
Iph	Iontophorese	UR	Ultrareizstrom (Träbert)
IT-Kurve	Intensity-Time-Kurve	Uph	Ultraphonophorese
ISG	Iliosakralgelenk	US	Ultraschall
KÖZ	Kathodenöffnungszuckung	V.	Vene

Entwicklung der Elektrotherapie

Werner Wenk, Friedrich Ach

- 1.1 Reibungselektrizität: Franklin-Epoche – 2
- 1.2 Chemische Elektrizität: Galvani-Volt-Epoche – 3
- 1.3 Elektrische Induktion: Faraday-Epoche – 4
- 1.4 Hochfrequenz: D'Arsonval-Epoche – 6
- 1.5 Neuere Entwicklungen seit 1950 – 7



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die vier entscheidenden Epochen mit den jeweils charakteristischen Entdeckungen zur Stromerzeugung
- die bedeutendsten Weiterentwicklungen seit den fünfziger Jahren

Bereits im Altertum entdeckten die Griechen eine Erscheinung der Elektrizität: die elektrostatische Aufladung. Wurde Bernstein mit Tüchern oder Fellen gerieben, so zog dieser kleine Partikel wie Papierstückchen oder Holundermarkkugeln an. Die Griechen bezeichneten die Erscheinung als „Elektron“ = das Strahlende, das Leuchtende. Aus diesem Wort bildete sich das heutige Wort „Elektrizität“.

Der römische Arzt Scribonius **Largus** (14–54 n. Chr.) berichtet in seiner berühmten Rezeptsammlung „Compositiones Medicae“ über die Behandlung von Kopfschmerzen oder Gicht mit elektrischen Impulsen eines Zitterrochen. Zitterrochen, Zitteraale oder Zitterwelse erzeugen Spannungsstöße zwischen 300 und 800 V. Der

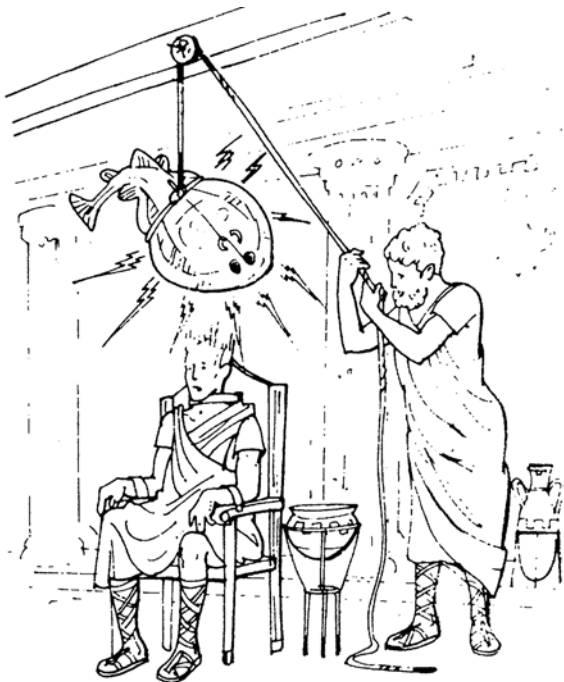


Abb. 1.1. Behandlung mit den Stromimpulsen eines Zitterrochen

Rochen wurde dem Patienten je nach zu behandelndem Körperteil entweder über den Kopf gehalten (s. **Abb. 1.1**) oder unter die Füße gelegt.

Ebenso nutzten die Ärzte **Galenos** (Galen, um 129–199 n. Chr.), **Dioscurides** (geb. um 70 n. Chr.) und **Plinius** (geb. um 23/24 n. Chr.) diese Methode zur Schmerzlinderung.

1.1 Reibungselektrizität: Franklin-Epoche

Im Jahr 1660 konstruierte der Magdeburger Bürgermeister Otto von **Guericke** (1602–1689) die erste **Reibungselektrisiermaschine** mit einer rotierenden Schwefelkugel als Reibungskörper. Durch Reiben z. B. mit einem Tuch lädt sich die Kugel elektrisch so stark auf, dass sie Papier oder Federn elektrostatisch anziehen oder abstoßen kann. Andere, wie z. B. Abbé **Nollet** (1700–1770), taten es ihm nach und es folgte der Bau unterschiedlicher Reibungselektrisiermaschinen (s. **Abb. 1.2**).

Der Arzt Christian Gottlieb **Kratzenstein** (1726–1790) nutzte 1741 als Erster eine **Elektrisiermaschine** zur medizinischen Therapie. 1745 verfasste er das erste Buch über Elektrotherapie: „Abhandlungen von den Nutzen der Elektrizität in der Arzneiwissenschaft“.

Diese therapeutische Anwendung der Reibungselektrizität wurde später nach Benjamin **Franklin** (1706–1790) als **Franklinisation** bekannt, obwohl Franklin an der Entwicklung dieser Methode keinen Anteil hatte. Dessen Leistungen bestanden vielmehr in der Erforschung der elektrischen Natur der Blitze und der Erfindung des Blitzableiters.

Mit Hilfe der Elektrisiermaschinen konnten jedoch nur kurze Stromstöße erzeugt werden. Diese wurden zur Schmerzlinderung und zur Stimulation spontaner Muskelkontraktionen eingesetzt, so wie in der Gegenwart die Reizströme. Auf diese Weise wurden beispielsweise Finger bei der Behandlung der Dupuytrenschen Kontraktur mit Stromstößen gereizt.

Wehrsen baute später als Erster eine Elektrisiermaschine, die Elektrizität durch Influenz erzeugt (s. **Abb. 1.3**).

1745 entdeckten Prof. **Muschenbroek** aus Leiden (Holland) und der Dekan **Kleist** unabhängig voneinander die Möglichkeit der kurzzeitigen Speicherung der mit Hilfe von Elektrisiermaschinen erzeugten Elektrizität. Sie bauten die nach ihnen benannten **Leidener** und **Kleist'schen Flaschen**, die in Aufbau und Funktion dem heutigen Kondensator (s. **Kap. 2.2.2, S. 28**) entsprechen.

1.2 Chemische Elektrizität: Galvani-Volt-Epoche

Im Jahre 1773 beobachtete **Galvani** (Arzt in Bologna, 1737–1798), dass Froschschenkel zucken, wenn sie mit Kupferhaken an ein Eisengitter gehängt werden. Dieser Versuch wurde später als galvanisches Experiment bekannt. Galvani erkannte, dass das Zucken von einer elektrischen Reizung der Muskeln verursacht wird, vermutete aber fälschlicherweise die Quelle der Elektrizität in den Froschschenkeln selbst. In seinem Werk „De viribus electricitatis in motu muscularis commentarius“ sprach er daher von „animalischer Elektrizität“ (s. Abb. 1.4).

Alexander von Humboldt, ein Anhänger Galvanis, der dessen Lehre gegenüber Volta verteidigte, prägte als Erster den Begriff „**Galvanisation**“ für die Behandlung bestimmter Krankheiten mit Gleichstrom.

Volta (ital. Physiker, 1745–1827) deutete das Experiment von Galvani anders. Er vermutete die Ursache für die Elektrizität nicht im Froschschenkel selbst, sondern im Kontakt der Froschschenkel mit zwei verschiedenen Metallen. Zum Beweis tauchte er in ein Gefäß mit verdünnter

Salzsäure eine Kupfer- und eine Zinkplatte. Die chemische Reaktion an den Platten führte dazu, dass sich eine elektrische Spannung aufbaute. Um die Wirkung zu erhöhen, ordnete er viele dieser elektrischen Elemente so hintereinander an, dass immer die Kupferplatte des einen Elements mit der Zinkplatte des anderen in Berührung stand. Diese Anordnung ging als „**Volta'sche Säule**“ 1799 in die Geschichte ein. Als erste „**Batterie**“ war sie die wichtigste Spannungsquelle der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, löste die Leidener Flaschen schnell ab und bildete die Grundlage für die Entwicklung der heutigen Batterien (s. Abb. 1.5, S. 4).



Abb. 1.2. Versuche des Physiklehrers Abbé Nollet mit einer selbstentwickelten Elektrisiermaschine, die auf Guericke's Schwefelkugel basiert

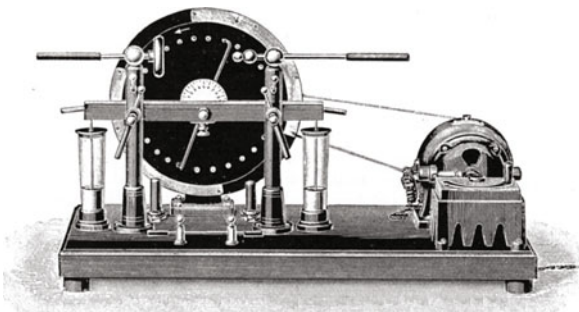


Abb. 1.3. Die Influenzmaschine von Wehrsen: eine Elektrisiermaschine, die Elektrizität durch Influenz erzeugt (um 1903)

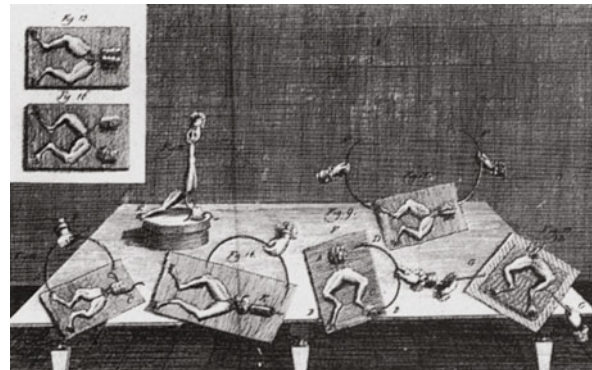


Abb. 1.4. Versuche von Galvani mit Froschschenkeln

Volta konnte mit seiner Voltaschen Säule als Erster einen Gleichstrom, also einen konstant in eine Richtung fließenden Strom, erzeugen. Deshalb geht als Ironie des Schicksals der Begriff „galvanischer Strom“ oder „Galvanisation“ eigentlich auf die Entdeckung Voltas und nicht auf Galvani zurück.

Die Voltasche Säule wurde kurz nach ihrer Erfindung auch zu therapeutischen Zwecken genutzt, zunächst primär zur Behandlung von Augenleiden. Später wurde Sie auch zur Elektronarkose genutzt.

In einer internationalen Konferenz wurden 1831 die elektrischen Maßeinheiten genormt. Die Einheit der Spannung wurde dabei zu Ehren Voltas „Volt“ genannt.

1.3 Elektrische Induktion: Faraday-Epoche

Im Jahre 1820 entdeckte der dänische Physiker Hans Christian Oersted (1777–1851), dass ein stromdurchflossener Leiter ein Magnetfeld besitzt. Elf Jahre später macht Michael Faraday (engl. Physiker, 1781–1867) unabhängig von Oersted die gleiche Entdeckung. Zusätzlich stellt er aber fest, dass das Phänomen umkehrbar ist: Wird ein Magnet in der Nähe eines elektrischen Leiters bewegt, entsteht ein elektrischer Strom. Dieser Vorgang erhielt später die Bezeichnung „**elektromagnetische Induktion**“ (s. Kap. 2.2.2, S. 26). Sie ist die Grundlage für viele technische Anwendungen der Elektrizität, vom Kraftwerk bis zur Satellitenfernsehtechnik. Eine Kombination von zwei Spulen ermöglicht es daher auf dem Umweg über ein

Magnetfeld aus einem Strom niedriger Spannung, wie ihn z. B. eine Voltasche Säule liefert, einen Strom hoher Spannung für elektrotherapeutische Anwendungen herzustellen (s. Abb. 1.7 a+b).

Klare Vorstellungen über die Natur des elektrischen Stroms existierten allerdings bis zu diesem Zeitpunkt nicht. Eine Vielzahl verschiedener Interpretationen bestand nebeneinander, bis der französische Physiker André Marie Ampère (1775–1836) Ordnung in die Vielfalt an bestehenden Vorstellungen brachte. Er prägte als Erster den Begriff „**Stromfluss**“ und definierte seine Richtung von Plus nach Minus. Diese Richtung wird heute als technische Stromrichtung bezeichnet und steht der tatsächlichen Stromrichtung von Minus nach Plus entgegen.

- **1825:** Der deutsche Mathematik- und Physiklehrer Georg Simon Ohm (1789–1854) erkennt die Zusammenhänge zwischen Stromstärke und Spannung und definiert das nach ihm benannte **Ohmsche Gesetz** (s. Kap. 2.2.1, S. 20).
- **1847:** Der englische Physiker Joule entdeckt den **magnetostriktiven Effekt**: Ein Metall erfährt in einer von Wechselstrom (s. Kap. 2.5) durchflossenen Spule Längenveränderungen im Rhythmus der Frequenz. Dadurch ist es möglich, Schall einer bestimmten Frequenz zu erzeugen. Das Verfahren bildet die Vorstufe zur Entwicklung der **Ultraschalltechnologie**.
- **1851:** Der deutsche Physiologe Pflüger (1829–1910) untersucht die Wirkung von elektrischen Impulsen auf die Muskulatur und formuliert das **polare Reizgesetz** (s. Kap. 4.2.4).
- **Mitte des 19. Jahrhunderts:** Dubois-Reymond entdeckt die elektrischen Eigenschaften von Nerv und Muskel (s. Kap. 3).

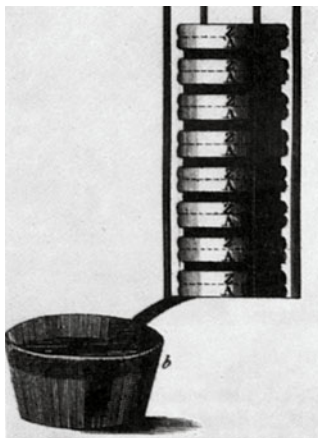


Abb. 1.5. Voltasche Säule: Platten verschiedener Metalle sind direkt miteinander verbunden

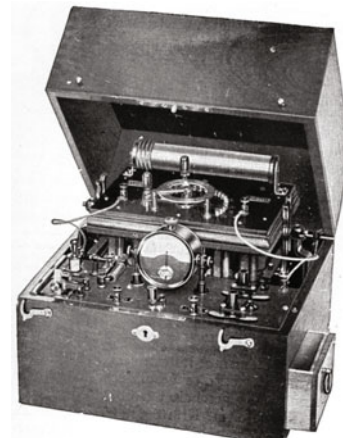


Abb. 1.6. Transportable Tauchbatterie (Siemens-Reiniger-Veifa)

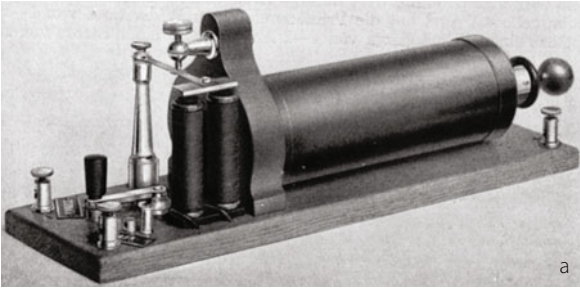


Abb. 1.7 a+b. Induktionsapparate zur Erzeugung primär faradischen Stroms

- ▶ 1866: Erfindung des **galvanischen Vollbads** (s. Kap. 8.1.7) durch **Steve**.
- ▶ 1880: J. und P. **Curie** entdecken, dass Volumenveränderungen von Quarzen Schallwellen induzieren, den **piezoelektrischen Effekt** (s. Kap. 2.5).
- ▶ 1881: P. **Curie** und G. **Lippmann** bestätigen die Umkehrung des piezoelektrischen Effekts. Diese Umkehrung heißt **reziproker** oder **inverser Piezo-Effekt**. Auf diesem Effekt beruhen die modernen Ultraschallsender und -empfänger.
- ▶ 1883: Prof. A. **Eulenburg** untersucht die hydrogalvanischen Bäder wissenschaftlich und beschreibt seine Erkenntnisse in der Schrift „Die hydroelektrischen Bäder“.
- ▶ Ende des 19. Jahrhunderts: Der Karlsbader Arzt Dr. **Schnee** führt das **Vierzellenbad** (s. Kap. 8.1.6) ein (s. Abb. 1.8).
- ▶ 1899: Walther **Nernst** (Physikochemiker, 1864–1941) erkennt, dass bei elektrischer Reizung eine Ionenverschiebung an semipermeablen Membranen stattfindet.
- ▶ 1900: Der Gerbermeister **Stanger** entwickelt die hydrogalvanischen Bäder weiter. Nach ihm ist das heutige **Stangerbad** benannt.
- ▶ 1904: **Gildemeister** untersucht die elektrische Reizfähigkeit des Nerv-Muskel-Systems.
- ▶ Etwa zur gleichen Zeit prägen **Bourgignon** und **Lapique** die Begriffe „**Rheobase**“ und „**Chronaxie**“ (s. Kap. 6.3.3). **Eccles**, **Huxley** und **Hodgkin** beschreiben das Aktionspotenzial (s. Kap. 4.2.1).
- ▶ 1908: **Leduc** beweist, dass mittels Gleichstrom Medikamente oder auch Gifte von der Körperoberfläche in die Blutbahn eingebracht werden können mit dem Kaninchenversuch die Wirksamkeit der Iontophorese (s. Kap. 8.1.2).
- ▶ 1910: **Bergonié** erfindet die Methode der gleichzeitigen Reizung mehrerer Muskelgruppen mit faradischem Schwellstrom (s. Kap. 8.2.7). Man nennt sie **Bergonisation** (s. Abb. 1.9).



Abb. 1.8. Elektrisches Vierzellenbad: Die Extremitäten werden in vier mit Wasser gefüllte Wannen eingetaucht und von Strom durchflossen.

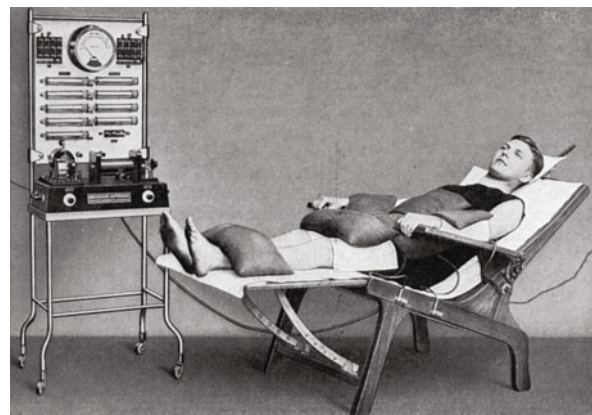


Abb. 1.9. Elektrische Muskelgymnastik (Bergonisation): Mit Hilfe faradischen Schwellstroms werden Muskeln oder Muskelgruppen in rhythmische Kontraktionen versetzt.

- **1918:** findet **Langevin** heraus, dass sich Ultraschall in Wasser ausbreitet und nutzt als Erster Ultraschallgeräte zu kommerziellen Zwecken. Die Grundlage der **Ultraschalltherapie** ist geschaffen.



Abb. 1.10. Hochfrequenzbestrahlung mit einer Elektrode



Abb. 1.11. Hochfrequenzbestrahlung mit einer so genannten Franklinschen Kopfdusche

1.4 Hochfrequenz: D'Arsonval-Epoche

Die D'Arsonval-Epoche ist zeitlich nicht exakt von der Faraday-Epoche zu trennen. Sie basiert auf den grundlegenden Erkenntnissen der Faraday-Epoche und stellt eine konsequente Weiterentwicklung dieser dar.

Während man nach der Entdeckung der magnetischen Induktion zunächst nur mit niederfrequenten Wechselströmen (0–1000 Hz) arbeitete, begann kurz danach die Entwicklung hochfrequenter Anwendungen (100 kHz–3 GHz; Kurz-, Dezimeter- und Mikrowellen). Hohe Frequenzen erzeugen im Körper ausschließlich Wärme. Die D'Arsonval-Epoche setzte den Grundstein für den Einsatz von Hochfrequenz-Wärmetherapie (Diathermie, s. auch Kap. 8.4).

- **1888:** Heinrich **Hertz** (deutscher Physiker, 1857–1894) weist die von J. C. **Maxwell** theoretisch vorausgesagten **elektromagnetischen Wellen** erstmals nach und liefert damit die Grundlage für die Entwicklung der elektrischen Hochfrequenztechnik.
- **1891:** Nicola **Tesla** (1851–1943) gelingt erstmals die Erzeugung von hochfrequenter Hochspannung mit dem nach ihm benannten **Teslatransformator**.

Etwa zur gleichen Zeit konzipiert der französische Mediziner, Physiologe und Ingenieur **D'Arsonval** (1851–1940) das erste medizinische Hochfrequenzgerät und untersucht die Wirkungen der verschiedenen Frequenzen auf den Körper. Er entdeckt, dass die bei niedrigen Frequenzen ausgelösten sensiblen oder motorischen Reize bei hohen Frequenzen verschwinden und im Körper nur noch Wärme entsteht.

Nach ersten Versuchen mit sehr primitiven Generatoren folgte der Bau von Radiofrequenzgeneratoren zur Wärmebehandlung. Die Behandlung mit diesen Geräten nannte man **Arsonvalisation**.

- **1928:** **Esau** (Physiker aus Jena) entwickelt die erste leistungsfähige Schaltung zur Erzeugung von **Kurzwellen**. Der Internist **Schliephake** untersucht in dieser Zeit systematisch die Behandlungsmöglichkeiten mit der Kurzwellen und führt die Behandlung mit Kondensatorplatten („**Schliephake-Elektroden**“) ein (s. Kap. 8.4).
- **1934:** der Wiener Arzt Joseph **Kowarschik** entwickelt die **Spulenfeldmethode** (s. Kap. 8.4) der Kurzwellen als Alternative zum Kondensatorfeld (s. S. 7, Abb. 1.12).

- ▶ **30-er Jahre des 20. Jahrhunderts:** J. Pätzold (Physiker aus Erlangen) schafft mit seinen Arbeiten die Grundlage für die Anwendung der **Dezimeterwellen** zur Wärmetherapie (s. Kap. 8.4.8). 1939 erfolgt die erste klinische Erprobung durch Korb. Die klinische Einführung erfolgt 1957 durch Barth und Kern.
- ▶ **1946:** Krusen und seine Mitarbeiter führen in den USA die **Dezimeterwellentherapie** ein.
- ▶ **1949:** Gierlich und Jung konzipieren das **Simultanverfahren** als Kombination von Reizströmen und Ultraschall.
- ▶ **1972:** Bankow entdeckt die Minderung des Gewöhnungseffekts bei Reizströmen durch Variation ihrer Frequenz (**stochastische Reizströme**).
- ▶ **Anfang der 70-er Jahre:** Weiterentwicklung der **Elektroakupunktur** (EAP) zur punktförmigen transkutanen elektrischen Nervenstimulation (**PuTENS**).

1.5 Neuere Entwicklungen seit 1950

- ▶ **50-er Jahre:** Prof. Dr. Fritz und Prof. Dr. Henning aus Dresden führen die **Ultraschallbehandlung** in die Medizin ein.
- ▶ **1950:** Bernard veröffentlicht seine Arbeiten über die Anwendung der diadynamischen Ströme.
- ▶ **1950:** Townes, Gordon und Zeiger konstruieren den Vorläufer eines **Lasergeräts**, den so genannten „MASER“ (= Microwave amplification by stimulated emission of radiation).
- ▶ **1950:** Lee berichtet zum ersten Mal über ein mehrstündiges Anhalten einer Detonisierung spastischer Muskulatur nach etwa 15-minütiger Reizung mit tetanisierenden Impulsströmen.
- ▶ **1951:** Erstmals demonstrieren Towns und Shalows öffentlich die Erzeugung von **Laserstrahlen**.
- ▶ **Beginn der 50-er Jahre:** Etwa zeitgleich zu Towns und Shalows präsentieren Basow und Projorow in der ehemaligen Sowjetunion die gleichen Versuche wie Towns und Shalows und erhalten dafür 1964 den Nobelpreis.
- ▶ **1957:** Träbert stellt den empirisch gefundenen **Reizstrom** vor.
- ▶ **1960:** Das **Interferenzverfahren** wird durch die Fa. Nemeč in Deutschland eingeführt (s. Kap. 8.3.3).
- ▶ **1961:** Javan präsentiert das erste kontinuierlich arbeitende **Lasergerät**.
- ▶ **1961:** Beginn der Entwicklung der **FES** (Funktionelle Elektrostimulation, s. Kap. 9.14.1, S. 269) durch Libersons.
- ▶ **1965:** Melzack und Wall veröffentlichen ihre Theorie der Schmerzlinderung durch Reizung der Mechanorezeptoren. Die Entwicklung der **TENS-Geräte**, die zur Hirnbehandlung genutzt werden, (s. Kap. 8.2.5) wird dadurch initiiert.
- ▶ **1966:** Hufschmidt erreicht erstmalig mit einer **Zweikanalreizung** (s. Kap. 9.14.1) eine Tonussenkung bei Spastik.



Abb. 1.12. Behandlung mit der Spulenfeldmethode: Die Patientin wird in einem Käfig („Solenoid“) von Strom umflossen, der ein magnetisches Kraftfeld induziert.



ZUSAMMENFASSUNG

- Die Behandlung von Krankheiten mit elektrischem Strom begann bereits im Altertum mit der Nutzung der Spannungsschübe eines Zitteraals oder Zitterrochen.
- Die Entwicklung der künstlichen Herstellung von Strom begann im 17. Jahrhundert und verlief in vier Epochen:
 1. **Franklin-Epoche** (Herstellung elektrostatischer Elektrizität):
 - Reibungselektroisiermaschinen dienten als erste Generatoren
 - Erfindung der Leidener Flasche als Elektrizitätsspeicher
 - Erste Nutzung der elektrostatischen Elektrizität zur Therapie durch Kratzenstein
 2. **Galvani-Volt-Epoche** (Elektrochemische Herstellung von Strom):
 - Volta-Säule als erste Form der Batterie
 - Erzeugung von konstantem Gleichstrom
 - Nutzung des Gleichstroms zur Therapie: „Galvanisation“
 3. **Faraday-Epoche** (Herstellung von Strom durch magnetische Induktion):
 - Herstellung von faradischem Wechselstrom
 - Erzeugung von faradischem Schwellstrom
 - Nutzung des faradischen Schwellstroms zur Muskelreizung: „Faradisation“
 4. **D Arsonval-Epoche** (Herstellung von hochfrequentem Wechselstrom):
 - Bau der ersten Radiofrequenzgeneratoren
 - Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch Hertz
 - Nutzung hochfrequenter Wechselfelder zur Tiefenerwärmung: „Diathermie“
- Die Entwicklungen der Neuzeit aus den fünfziger Jahren sind:
 - Diadynamische Reizströme
 - Entdeckung des Ultraschalls zur therapeutischen Nutzung
 - Nutzung von mittelfrequenten Wechselströmen: Interferenzstrom
 - Kombination von Ultraschall mit Reizströmen (Simultanverfahren)
 - Erzeugung von Laserstrahlen
 - Herstellung von batteriebetriebenen Geräten zur Heimbehandlung (z. B. TENS)



ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche vier Hauptepochen haben die Elektrotherapie beeinflusst? Nennen Sie bitte die wichtigsten Charakteristika.
- Welche wichtigen Entwicklungen in der Elektrotherapie gab es seit den 50-er Jahren?

Physikalische Grundlagen

Friedrich Ach, Werner Wenk

2.1 Struktur der Materie – 10

- 2.1.1 Atome und chemische Elemente – 10
- 2.1.2 Ionen und Ionenbindung – 14
- 2.1.3 Atombindung und Molekül – 15

2.2 Elektrische Eigenschaften der Materie – 17

- 2.2.1 Strom, Spannung und Widerstand – 17
- 2.2.2 Wechselstrom, elektromagnetische Induktion – 25

2.3 Stromformen in der Elektrotherapie – 30

- 2.3.1 Gleichstrom – 30
- 2.3.2 Pulsierender Gleichstrom/Niederfrequenz – 30
- 2.3.3 Mittelfrequenter Wechselstrom – 32
- 2.3.4 Hochfrequenz – 34

2.4 Licht – 35

2.5 Schallwellen – 36



LERNZIELE

Kenntnisse über

- den Aufbau eines Atoms
- den Aufbau des Periodensystems
- die Bindungsarten von Atomen
- den Aufbau von Molekülen

2.1 Struktur der Materie

2.1.1 Atome und chemische Elemente

Das Atom

Das Atom ist der Grundbaustein der Materie. Der Begriff „a-tomos“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „unteilbar“. Der Begriff entstand, als das Atom noch für unteilbar gehalten wurde.

Jedes Atom besteht aus einem positiv geladenen **Atomkern** und einer negativ geladenen **Atomhülle**.

Im einfachsten Fall, dem Wasserstoffatom, besteht der Atomkern aus einem positiven **Proton** und die Atomhülle aus einem negativ geladenen **Elektron**, das um den Kern kreist (s. Abb. 2.1). Die Ladungen von Kern und Hülle gleichen sich aus, so dass das Atom im Regelfall **elektrisch neutral** ist.

Komplexere Atome bestehen aus mehreren positiv geladenen Protonen im Kern und einer gleichen Anzahl negativ geladener Elektronen in der Atomhülle. Zusätzlich befinden sich im Kern noch **Neutronen**, die keine elektrische Ladung besitzen, also neutral sind.

Die Anzahl der Kernbestandteile, Protonen und Neutronen, bestimmt das Gewicht des Atoms. Die chemischen Eigenschaften des Atoms werden durch die Anzahl der Protonen (= **Kernladungszahl**) bestimmt. Diese Zahl wird auch als **Ordnungszahl** bezeichnet. Jede Ordnungszahl bezeichnet genau ein chemisches Element, so z. B. „1“ Wasserstoff, „8“ Sauerstoff und „79“ Gold. Das heißt, ein chemisches Element besteht aus gleichartigen Atomen einer bestimmten Ordnungszahl.



MEMO

Chemische Elemente sind aus Atomen aufgebaut. Die Atome eines Elements sind alle gleich aufgebaut. Sie besitzen die gleiche Anzahl Protonen und Elektronen.

Nach der Ordnungszahl sind die Elemente im „Periodensystem der Elemente“ von 1 bis über 100 angeordnet. An Stelle der Ordnungszahl werden die Elemente normalerweise mit einem bestimmten **Atomsymbol**, das gleichzeitig auch den Elementnamen repräsentiert, gekennzeichnet: „H“ für Wasserstoff, „O“ für Sauerstoff, „Au“ für Gold usw.

Das Bohrsche Atommodell

Nach dem **Bohrschen Atommodell** (Niels Bohr, dänischer Physiker) umkreisen die Elektronen den Atomkern in **Schalen**, von denen jedoch jede nur eine bestimmte Anzahl Elektronen aufnehmen kann: Die innerste Schale zwei Elektronen, die zweite acht, die dritte 18 usw. (s. Tab. S. 13). Jedes Element besitzt eine charakteristische Anzahl und Anordnung von Elektronen, die so genannte **Elektronenkonfiguration**.

Sind also, wie beispielsweise beim Kohlenstoff, sechs Protonen und somit auch sechs Elektronen vorhanden, so ist die erste Schale mit zwei Elektronen voll besetzt und in der zweiten Schale befinden sich die restlichen vier Elektronen. Bei Chlor mit der Ordnungszahl 17 befinden sich in der ersten Schale wiederum zwei Elektronen, in der zweiten acht und in der dritten Schale kreisen die restlichen sieben.



MEMO

Die Anzahl und Anordnung der Elektronen auf den Schalen der Atome ist für jedes Element charakteristisch und wird als **Elektronenkonfiguration** bezeichnet.

Die Elektronen der äußersten Schale heißen **Außenelektronen** oder **Valenzelektronen**. Ihre Anzahl gibt an, wie viele Elektronen das Atom in seiner äußersten Schale aufnehmen oder daraus abgeben kann, sie bestimmt also das Reaktionsverhalten bzw. die Bindungsfähigkeit eines Atoms. Dabei streben die Atome stets die Anzahl von acht für diese Schale an. Einige Atome besitzen diese Anzahl von sich aus, so z. B. Neon und Argon. Diese so genannten **Edelgase** sind chemisch extrem stabil und gehen nur sehr schwer eine Verbindung ein. Die Konstellation von acht Elektronen in der Außenschale wird daher als **Edelgas-konfiguration** bezeichnet.

Ist die Anzahl von acht Elektronen in der äußersten Schale knapp erreicht, wie bei Chlor oder Fluor mit sieben Elektronen in der Außenschale, so sind diese Elemente äußerst reaktionsfreudig oder aggressiv.

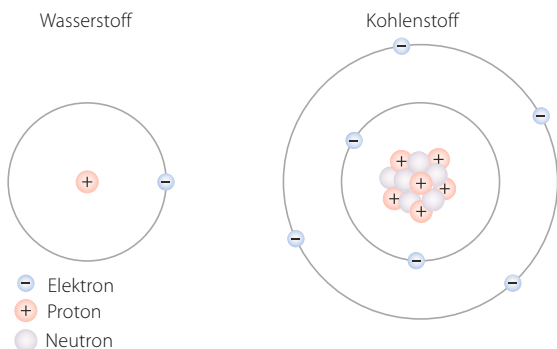


Abb. 2.1. Das Bohrsche Atommodell: Wasserstoff besitzt ein Proton im Atomkern und ein Elektron in der Außenhülle. Kohlenstoff besitzt sechs Protonen und sechs Neutronen im Kern und sechs Elektronen in der Außenhülle (Darstellung der Elektronenschalen als Kreisbahnen).

Aufbau des Periodensystems

Die Elemente sind im Periodensystem der Elemente nach steigender Anzahl der Protonen im Kern (= Kernladungszahl) geordnet. Die Zahl der Elektronen ist bei jedem Element gleich seiner Kernladungszahl. In der ersten Spalte stehen alle Elemente mit einem Elektron in der Außenschale, in der zweiten alle Elemente mit zwei Elektronen in der Außenschale usw. (s. Periodensystem, S. 12).

Gruppen und Perioden

Da die Anzahl der Elektronen in der Außenschale für die chemischen Eigenschaften sehr wesentlich ist, besitzen die Elemente einer Spalte auch ähnliche chemische Eigenschaften. Die acht Spalten im Periodensystem werden daher auch als **(Haupt-)Gruppen** bezeichnet und tragen häufig einen bestimmten Namen. So heißen die oben erwähnten reaktionsfreudigen Elemente der siebten (Haupt-)Gruppe Halogene und die der achten (Haupt-)Gruppe Edelgase.



MEMO

Die (Haupt-)Gruppennummer entspricht der Anzahl der Elektronen in der Außenschale.

Die Zeile oder auch **Periode** gibt an, wie viele Schalen mit Elektronen die Atome des Elements besitzen: In der ersten Periode stehen die Elemente mit einer Schale (H und He), in der zweiten die Elemente mit zwei Schalen usw. Im Ganzen besitzt das Periodensystem sieben Perioden.

Außer beim einfachen Wasserstoff sind im Atomkern neben den Protonen als weitere Kernbestandteile die Neutronen vorhanden. Sie wiegen genauso viel wie ein Proton, haben aber keine Ladung. Daher beeinflussen sie die chemischen Eigenschaften des Atoms nicht, sondern erhöhen nur das **Atomgewicht**.

Elemente gibt es bei identischen chemischen Eigenschaften mit verschiedenen Anzahlen von Neutronen im Atomkern. Diese verschiedenen Formen des selben Elements bezeichnet man als **Isotope**. Das Wasserstoffisotop mit einem Neutron wird als Deuterium bezeichnet, dessen Verbindung mit Sauerstoff als „schweres Wasser“.

Das Atomgewicht wird in „units“ („u“) gemessen und ist ebenfalls im Periodensystem angegeben. Dabei wurde festgelegt, dass Sauerstoff ein Atomgewicht von 16 u besitzt. Das **relative Atomgewicht** aller anderen Atome wird darauf bezogen. So wiegt z. B. ein Heliumatom 4 u, ein Bleiatom ca. 207 u. Ungefähr $6 \cdot 10^{23}$ u (eine Zahl mit 23 Nullen) entsprechen einem Gramm.

Über die Angaben Ordnungszahl und Atomgewicht hinaus können im Periodensystem weitere Daten eines Atoms/Elements angegeben sein: Atomradius, Elektronenkonfiguration, Schmelz- und Siedepunkt usw.



MEMO

Die Elemente einer Periode weisen die gleiche Zahl von Elektronenschalen auf.

Nebengruppenelemente oder Übergangsmetalle

In der vierten Periode wird, dem Aufbauprinzip für die Schalen folgend, die vierte Schale mit Elektronen gefüllt. Wie beim letzten Element der dritten Periode ist die dritte Schale mit acht Elektronen besetzt. Die Besetzung der vierten Schale beginnt mit einem Elektron beim Kalium und setzt sich mit dem zweiten Elektron beim Kalzium fort.

In der dritten Schale befinden sich bei diesen Elementen nach wie vor acht Elektronen. Da die dritte Schale jedoch achtzehn Elektronen aufnehmen kann, ist sie noch nicht vollständig besetzt.

Bei den folgenden Elementen Scandium bis Kupfer besetzen die neu hinzukommenden Elektronen daher zunächst die dritte Schale, bis diese ihre Maximalzahl von achtzehn Elektronen erreicht hat.

Anschließend besetzen die neu hinzukommenden Elektronen weiter die vierte Schale, bis diese wiederum die Edelgaskonfiguration von acht Elektronen erreicht hat.

Diese Elemente, bei denen die dritte Schale von acht auf achtzehn Elektronen aufgefüllt wird, heißen **Neben-gruppenelemente** oder **Übergangsmetalle**. Ihre chemischen Eigenschaften werden im Gegensatz zu den Haupt-gruppenelementen von der Elektronenbesetzung **beider** äußerer Schalen bestimmt.

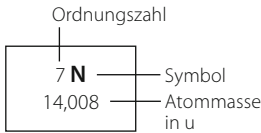
Das Periodensystem der Elemente (gekürzt)

Gruppe								
Periode	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H 1,008							2 He 4,003
2	3 Li 6,94	4 Be 9,01	5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,007	8 O 16	9 F 18,998	10 Ne 20,18
3	11 Na 22,99	12 Mg 24,31	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,10	20 Ca 40,08	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 J 126,90	54 X 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	81 Tl 204,38	82 Pb 207,00	83 Bi 208,98	84 Po 209*	85 At 210*	86 Rn 222*
7	87 Fr 223*	88 Ra 226,03	89–102 Actiniden					

* Diese Atommassen beziehen sich auf das längstlebige zurzeit bekannte Isotop des betreffenden Elements

Die Bezeichnung der acht (Haupt-)Gruppen

Nr.	Gruppenbezeichnung	Zahl der Außenelektronen
I	Alkalimetalle	1
II	Erdalkalimetalle	2
III	Borgruppe	3
IV	Kohlenstoffgruppe	4
V	Stickstoffgruppe	5
VI	Sauerstoffgruppe	6
VII	Halogene	7
VIII	Edelgase	8



Die Hauptgruppenelemente des Periodensystems: Elektronenkonfiguration und Besetzung der Schalen

Element	1. Schale K	2. Schale L	3. Schale M	4. Schale N	5. Schale O	6. Schale P	7. Schale Q
1 H	1						
2 He	2						
3 Li	2	1					
4 Be	2	2					
5 B	2	3					
6 C	2	4					
7 N	2	5					
8 O	2	6					
9 F	2	7					
10 Ne	2	8					
11 Na	2	8	1				
12 Mg	2	8	2				
13 Al	2	8	3				
14 Si	2	8	4				
15 P	2	8	5				
16 S	2	8	6				
17 Cl	2	8	7				
18 Ar	2	8	8				
19 K	2	8	8	1			
20 Ca	2	8	8	2			
31 Ga	2	8	18	3			
32 Ge	2	8	18	4			
33 As	2	8	18	5			
34 Se	2	8	18	6			
35 Br	2	8	18	7			
36 Kr	2	8	18	8			
37 Rb	2	8	18	8	1		
38 Sr	2	8	18	8	2		
49 In	2	8	18	18	3		
50 Sn	2	8	18	18	4		
51 Sb	2	8	18	18	5		
52 Te	2	8	18	18	6		
53 J	2	8	18	18	7		
54 X	2	8	18	18	8		
55 Cs	2	8	18	18	8	1	
56 Ba	2	8	18	18	8	2	
81 Tl	2	8	18	32	18	3	
82 Pb	2	8	18	32	18	4	
83 Bi	2	8	18	32	18	5	
84 Po	2	8	18	32	18	6	
85 Ar	2	8	18	32	18	7	
86 Rn	2	8	18	32	18	8	
87 Fr	2	8	18	32	18	8	1
88 Ra	2	8	18	32	18	8	2
...	...	...	...	...	...	...	...

Die Nebengruppenelemente des Periodensystems: Elektronenkonfiguration und Besetzung der Schalen

Element	1. Schale K	2. Schale L	3. Schale M	4. Schale N	5. Schale O	6. Schale P
21 Se	2	8	8 + 1	2		
22 Ti	2	8	8 + 2	2		
23 V	2	8	8 + 3	2		
24 Cr	2	8	8 + 4	2		
25 Mn	2	8	8 + 5	2		
26 Fe	2	8	8 + 6	2		
27 Co	2	8	8 + 7	2		
28 Ni	2	8	8 + 8	2		
29 Cu	2	8	8 + 9	2		
30 Zn	2	8	8 + 10	2		
39 Y	2	8	18	8 + 1	2	
40 Zr	2	8	18	8 + 2	2	
41 Nb	2	8	18	8 + 3	2	
42 Mo	2	8	18	8 + 4	2	
43 Tc	2	8	18	8 + 5	2	
44 Ru	2	8	18	8 + 6	2	
45 Rh	2	8	18	8 + 7	2	
46 Pd	2	8	18	8 + 8	2	
47 Ag	2	8	18	8 + 9	2	
48 Cd	2	8	18	8 + 10	2	
57 La	2	8	18	18	8 + 1	2
72 Hf	2	8	18	32	8 + 2	2
73 Ta	2	8	18	32	8 + 3	2
74 W	2	8	18	32	8 + 4	2
75 Re	2	8	18	32	8 + 5	2
76 Os	2	8	18	32	8 + 6	2
77 Ir	2	8	18	32	8 + 7	2
78 Pt	2	8	18	32	8 + 8	2
79 Au	2	8	18	32	8 + 9	2
80 Hg	2	8	18	32	8 + 10	2
...	...	...	...	...	...	...

2.1.2 Ionen und Ionenbindung

Ionen

Nicht in jedem Fall besitzt ein Atom die gleiche Anzahl Elektronen wie Protonen. Unter bestimmten Bedingungen geben Atome Elektronen ab oder nehmen welche auf. Damit gleichen sich die Ladungen zwischen Atomkern und Atomhülle nicht mehr aus, das Atom hat eine positive oder negative Ladung. Man spricht dann von einem Ion. Negative Ionen heißen **Anionen**, positive **Kationen**. Hat das Atom mehrere Elektronen abgegeben oder aufgenommen, ist das Ion mehrfach positiv oder negativ geladen. Es wird dann mit 2+ (oder ++) bzw. 3+ oder bei negativer Ladung mit 2- (oder --) bzw. 3- rechts oben neben dem Atomsymbol gekennzeichnet. Nimmt z. B.

Chlor ein Elektron auf, so wird das entstandene negative Chlorion mit Cl^- bezeichnet. Hat ein Eisenatom zwei Elektronen abgegeben, so wird es mit Fe^{2+} (oder Fe^{++}) bezeichnet.



MEMO

- **Negativ** geladene Ionen heißen **Anionen** und entstehen durch Elektronenaufnahme aus neutralen Atomen.
- **Positiv** geladene Ionen heißen **Kationen** und entstehen durch Elektronenabgabe aus neutralen Atomen.

Die Ursache für die Entstehung von Ionen ist das Bestreben der Atome, acht Elektronen in der Außenschale zu erhalten. Besitzt z. B. das Chloratom nur sieben Elektronen in der Außenschale, so benötigt es ein Elektron, um die Edelgaskonfiguration mit acht Elektronen in der Außenschale zu erreichen. Dieses Elektron kann es gut von einem Natriumatom aufnehmen, das ein Elektron in der Außenschale (seiner dritten Schale) besitzt (s. Abb. 2.2). In der entstandenen Verbindung NaCl, dem Kochsalz, besitzt das Chlor acht Außenelektronen, das Natrium hat das einzige Elektron seiner Außenschale abgegeben. Auf diese Weise wird die mit acht Elektronen besetzte zweite Schale des Natriums zur Außenschale und ein stabiler Zustand ist hergestellt.

Die Ionenbindung

Da das Natriumatom in diesem Zustand ein Elektron abgegeben hat, ist es positiv geladen, das Chloratom hat ein Elektron aufgenommen und ist negativ geladen. Da sich unterschiedliche elektrische Ladungen anziehen, wird die Verbindung relativ stabil zusammengehalten. Diese Art der Verbindung heißt **Ionenbindung**. Klassische Vertreter der Ionenbindungen sind die Salze. Im festen Zustand ordnen sich die Atome einer Ionenbindung in Form eines Kristalls an, in dem jedes Anion von einer bestimmten Zahl Kationen und umgekehrt umgeben ist (s. Abb. 2.3).

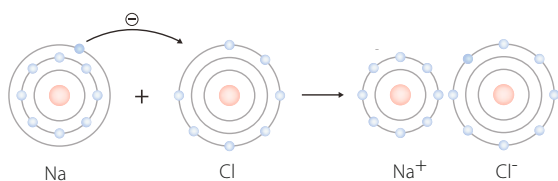


Abb. 2.2. Die Ionenbindung von Kochsalz (NaCl): Das Natriumatom gibt ein Elektron ab und wird zum positiv geladenen Ion, Chlor nimmt ein Elektron auf und wird zum negativen Ion. Beide ziehen sich infolgedessen elektrisch an.

Elektrolyte

Wird ein Salz, oder auch eine lösliche Säure oder Base in eine wässrige Lösung gegeben, so zerfällt die Verbindung in positive und negative Ionen. Dieser Vorgang heißt **Dissoziation**, die entstandene Lösung bezeichnet man als **Elektrolyt**. Die positiven und negativen Ionen können sich in der Lösung bewegen und so ihre elektrische Ladung transportieren. Daher sind solche Elektrolyte elektrisch leitend. Bei der Dissoziation z. B. von Kochsalz wird jedes positive Natriumion von einem negativen Pol eines

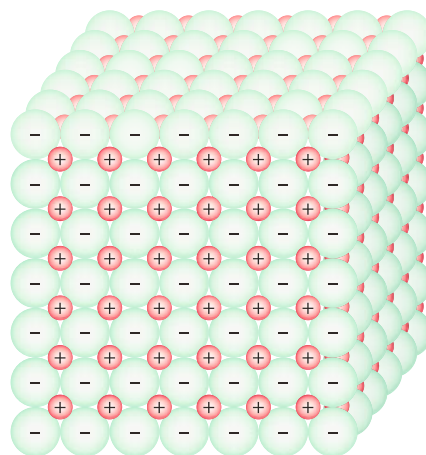


Abb. 2.3. Die Gitterstruktur von Kochsalz: Ein Natriumion (rot) wird von mehreren Chloridionen (grün) umgeben und umgekehrt.

Wassermoleküls umgeben, jedes negative Chloridion von je einem positiven Pol eines Wassermoleküls (s. **Dipoleigenschaften des Wassermoleküls, S. 16**). Dieser Vorgang heißt **Hydratation**.

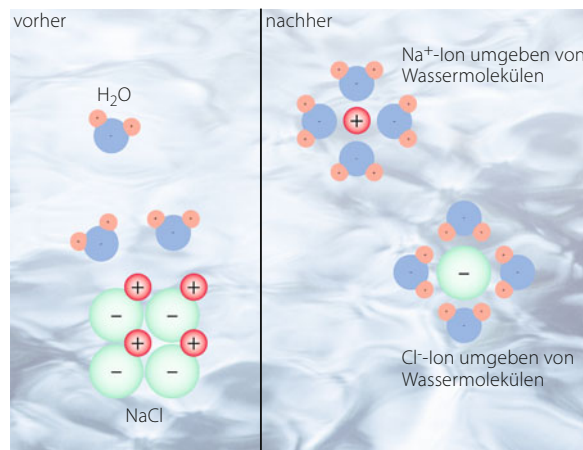


Abb. 2.4. Der Hydratationsvorgang: Die Dissoziation von Kochsalz in Wasser

2.1.3 Atombindung und Molekül

Die Elektronen in der Schale eines Atoms sind innerhalb dieser in so genannten Elektronenwolken oder **Orbitalen** angeordnet. In jeder Elektronenwolke befinden sich maximal zwei Elektronen.

Die erste Schale besitzt nur ein Orbital, da sie nur zwei Elektronen aufnehmen kann.

Die zweite Schale besitzt vier Orbitale. Wenn jedes davon mit zwei Elektronen besetzt ist, ergeben sich genau die acht Elektronen, die die zweite Schale aufnehmen kann. Beim Aufbau der Elektronenhülle wird jedes Orbital einer Schale zunächst mit einem Elektron besetzt, bis alle Orbitale einfach besetzt sind. Dann folgt die Besetzung der Orbitale mit dem zweiten Elektron, bis die Elektronenschale gefüllt ist.

Die Atombindung

Wie in Kap. 2.1.1 erwähnt, strebt ein Atom immer die Edelgaskonfiguration mit acht Elektronen in der Außenschale, entsprechend vier voll besetzten Orbitalen, an. Sind weniger als acht Elektronen in der Außenschale, so ergibt sich daraus, dass mindestens ein Orbital mit nur einem Elektron besetzt ist. Diese einfach besetzten Orbitale können sich mit Orbitalen eines gleichen oder anderen Elements überlagern, so dass ein gemeinsames Orbital entsteht, das mit zwei Elektronen besetzt ist. Diese Verbindung heißt **Atombindung** oder **kovalente Bindung**. Ein Beispiel dafür ist das Chlor (s. Abb. 2.5). Es besitzt sieben Elektronen in der Außenschale. Ein Orbital ist demzufolge mit nur einem Elektron besetzt. Das Chloratom verbindet sich daher mit einem anderen Chloratom und teilt sich dieses Orbital, das dadurch mit zwei Elektronen, von jedem Atom eins, besetzt ist. So entsteht eine relativ stabile Verbindung, in diesem Fall Cl_2 (molekulares Chlor).

Auch einige andere Elemente wie Wasserstoff, Brom und Jod treten nicht in atomarer Form, also als einzelne Atome auf, sondern stets nur in der Verbindung aus zwei Atomen H_2 , Br_2 und I_2 .

Auch Atome unterschiedlicher Elemente können sich einfach besetzte Orbitale teilen und so eine Verbindung eingehen. Dabei verbinden sich auch mehrere Atome eines Elements mit einem Atom eines anderen Elements, sofern dieses mehrere halb besetzte Orbitale besitzt. Sauerstoff besitzt beispielsweise nur sechs Elektronen in der Außenschale, folglich sind zwei Orbitale nur einfach besetzt. Jedes davon kann sich mit dem einfach besetzten Orbital eines Wasserstoffatoms überlagern. Für eine vollständige stabile Verbindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff sind folglich zwei Wasserstoffatome pro Sauerstoff nötig. Die Verbindung trägt daher die Bezeichnung H_2O , bekannt als Wasser.

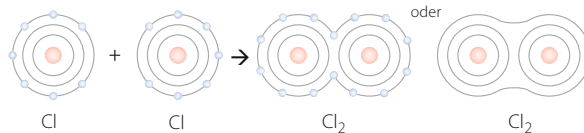


Abb. 2.5. Atombindung beim Chlormolekül: Beiden Chloratomen fehlt ein Elektron auf der Außenschale, deswegen teilen sie sich ein Elektron.

Moleküle

Zwei oder mehr Atome, die über eine kovalente Verbindung verbunden sind, heißen Molekül. Geläufige Beispiele sind neben dem oben erwähnten Wassermolekül mit der Formel H_2O auch die Moleküle von Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) oder Alkohol (Ethanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Auch die DNA als Trägerin der Erbinformation ist ein Molekül, zusammengesetzt aus Millionen einzelner Atome.

Die polare Atombindung

Da ein Molekül in der Summe stets die gleiche Anzahl von Elektronen wie Protonen enthält, ist es insgesamt elektrisch neutral. Auf Grund der spezifischen Anordnung der Atomkerne und Orbitale im Molekül können sich aber innerhalb der Bindung unterschiedliche Ladungsschwerpunkte ergeben, so dass sich auf einer Seite des Moleküls ein positiver Pol und auf der anderen Seite ein negativer Pol bildet. Man spricht daher auch von einem **Dipol**. Solche Moleküle können beispielsweise durch ein von außen angelegtes elektrisches Feld ausgerichtet werden. Insgesamt betrachtet sind Moleküle mit polaren Atombindungen aber elektrisch neutral.

Das bekannteste polare Molekül ist das Wassermolekül (s. Abb. 2.6). Durch die asymmetrische Anordnung der beiden positiven Wasserstoffatomkerne ist das Wassermolekül polar.

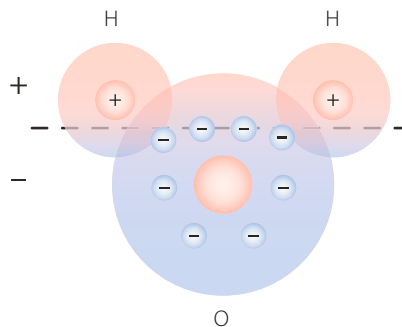


Abb. 2.6. Das Wassermolekül ist polar (Dipol)

Das gleiche Verhalten zeigen große Eiweißmoleküle. Durch Anlagerung von Ionen können sie trotz elektrischer Gesamtnutralität Stellen mit überwiegend positiver oder negativer Ladung besitzen. Ein Beispiel sind die negativ geladenen Eiweißkomplexe, an die in der Zelle Kalium gebunden ist und die für die Entstehung des Ruhemembranpotenzials mitverantwortlich sind.

Moleküle können auch, wie Atome, Elektronen abgeben oder zusätzliche aufnehmen. Sie sind dann entsprechend positiv oder negativ geladen. Dieser Vorgang wird wie bei Atomen als **Ionisation** bezeichnet.

Die 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. Die frei beweglichen Elektronen werden auch als freie Ladungsträger oder **Elektronengas** bezeichnet. Sie sind der Grund für die elektrische Leitfähigkeit der Metalle.

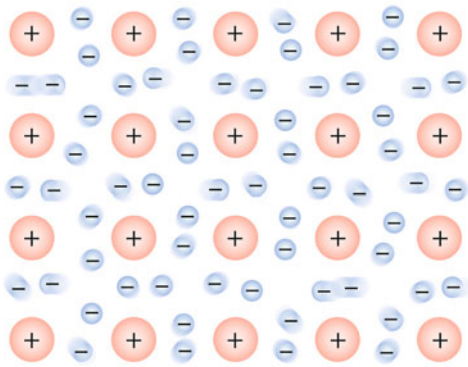


Abb. 2.7. Die Metallbindung: Elektronen bewegen sich frei zwischen positiven Atomresten.

2.2 Elektrische Eigenschaften der Materie



LERNZIELE

Kenntnisse über

- Elemente eines Stromkreises
- Spannung und Stromstärke
- Ohmsches Gesetz
- Serien- und Parallelschaltung
- Funktion einer Batterie, eines Kondensators und einer Spule
- Berechnung der elektrischen Leistung

2.2.1 Strom, Spannung und Widerstand

Elektrischer Strom

Bewegen sich elektrische Ladungsträger, so wird dies als **elektrischer Strom** bezeichnet. Die Ladungsträger können Ionen in einer Flüssigkeit oder einem Gas sein oder Elektronen, die sich frei in Metallen bewegen (s. **Abb. 2.7**). Sogar im Vakuum können sich Elektronen oder Ionen bewegen und so einen elektrischen Strom bilden.

Die elektrische Stromstärke wird bei Berechnungen mit „I“ abgekürzt, die Einheit ist das **Ampere**, kurz „A“.



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Strom	I	A (Ampere)

Elektrische Spannung

Voraussetzung für die Bewegung der Ladungsträger ist immer eine **elektrische Spannung**, die zwischen den zwei Polen jeder Spannungsquelle anliegt: Am negativen Pol herrscht ein Überfluss an (negativ geladenen) Elektronen, am positiven ein Mangel. Da sich gegensätzliche Ladungen auf Grund der elektrostatischen Kräfte anziehen und gleiche Ladungen abstoßen, bewegen sich die geladenen Elektronen durch den Leiter (s. **Abb. 2.8, S. 18**).

Die zwischen den Polen herrschende Spannung kann gut mit einem Druckunterschied zwischen zwei Wasserbehältern verglichen werden (**Wassermodell**, s. **Abb. 2.15, S. 20**). Besteht eine Verbindung zwischen beiden Polen, so fließt ein Strom. Je besser diese Verbindung ist, also je

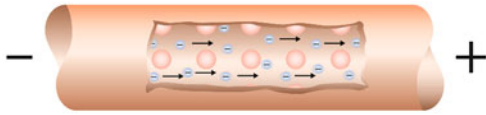


Abb. 2.8. Stromfluss in einem metallischen Leiter: Die Elektronen bewegen sich in Folge der elektrostatischen Anziehung und Abstoßung zwischen den positiven Atomresten hindurch.

weniger Widerstand sie dem Strom bietet, desto mehr Ladungsträger können pro Zeiteinheit hindurchfließen. Im Extremfall ist die Verbindung so gut, dass der Strom auf ein solches Maß ansteigt, dass er eine Zerstörung der Leitung oder der Stromquelle zur Folge hat. Dieser Fall wird als **Kurzschluss** bezeichnet.

Die elektrische Spannung wird in Formeln kurz mit dem Buchstaben „**U**“ bezeichnet, ihre Einheit ist das „**Volt**“, abgekürzt „**V**“.



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Spannung	U	V (Volt)

Widerstand

Aus den o. g. Zusammenhängen folgt, dass zur Begrenzung des Stromflusses in der Verbindung zwischen den Polen ein **Widerstand** liegen muss. Dieser Widerstand entspricht im Wassermodell einem Engpass in der Leitung zwischen den beiden Behältern (s. Abb. 2.9).

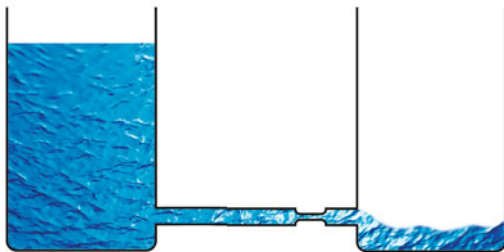


Abb. 2.9. Spannungsquelle und leitende Verbindung mit Widerstand. Vergleich mit zwei Wasserbehältern: Die Dicke des Engpasses bestimmt die Wassermenge, die pro Sekunde fließt.

In der Praxis kann ein Widerstand auf verschiedene Weise realisiert sein:

Eine häufige Möglichkeit ist ein dünner Draht, z. B. der Glühdraht in der Glühlampe oder der Heizdraht in einem Föhn. Jeder elektrische Leiter setzt dem Stromfluss einen gewissen Widerstand entgegen, der von seiner Länge, seinem Querschnitt und seinem Material abhängt. Je länger und dünner der Leiter, desto größer ist der elektrische Widerstand (s. Abb. 2.10 a+b). Verglichen mit anderen Widerständen sind die Widerstände gewöhnlicher Leitungen sehr klein (eine Ausnahme bilden nur die Supraleiter, die bei Temperaturen von weit unter -100 °C dem Stromfluss keinerlei Widerstand mehr entgegensetzen).

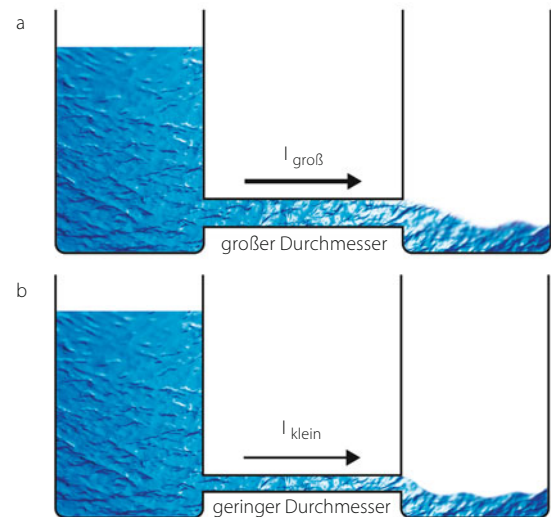


Abb. 2.10. a+b. Je geringer der Durchmesser der leitenden Verbindung (hoher Widerstand) bei konstantem Wasserstand des linken Behälters (konstante Spannung) desto weniger Wasser (geringer Stromfluss) fließt von links nach rechts.

Industriell gefertigte Widerstände sind zu Hunderten in elektronischen Geräten eingebaut, um dort den Strom in genau berechneter Dosis fließen zu lassen. Sie bestehen im Inneren häufig aus Kohle, da diese bei gleicher Länge und gleichem Querschnitt wie Kupfer einen viel höheren Widerstand besitzt und der Widerstand so kleiner gebaut werden kann (s. Abb. 2.11, S. 19).

Darüber hinaus gibt es auch Widerstände, deren Wert durch äußere Einflüsse verändert werden kann: Dazu zählen manuelle Regler wie der Lautstärkereglern am Radio ebenso wie wärmeempfindliche Widerstände, die zur Temperaturmessung eingesetzt werden, oder Fotowiderstände zur Helligkeitsmessung. Das Formelzeichen für

Widerstand ist „R“, er wird in der Einheit **Ohm** „ Ω “ gemessen.



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Widerstand	R	Ω (Ohm)



Abb. 2.11. Ein industriell gefertigter Widerstand zur Strombegrenzung

Elektrische Verbraucher

Es lässt sich leicht vorstellen, dass im Wassermodell an Stelle des Engpasses auch eine kleine Turbine in der Leitung eingebaut sein kann, die die Energie des strömenden Wassers ausnutzt und als mechanische Energie beispielsweise zum Antrieb eines Ventilators abgibt (s. **Abb. 2.12**).

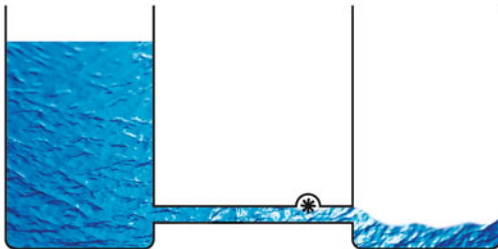


Abb. 2.12. Wassermodell: An Stelle des Engpasses kann auch eine Turbine eingebaut sein, die die Energie des strömenden Wassers ausnutzt.

In elektrischen Stromkreisen (s. **Abb. 2.13** und **2.14**) wird an jedem in der Leitung liegenden Widerstand in gleicher Weise Energie frei. Diese Energie wird im Normalfall als Wärme abgegeben.

Ein elektrisches Wärmegerät wie Wasserkocher oder Heizlüfter ist daher nichts anderes als ein elektrischer Widerstand, an dem die Energie des durchfließenden Stroms in Wärme umgewandelt wird. Bei anderen Verbrauchern wird die elektrische Energie in Bewegung umgesetzt. Sie lassen sich ebenso in guter Näherung als Widerstand auffassen.

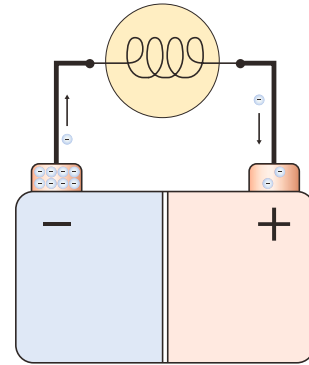


Abb. 2.13. Geschlossener Stromkreis mit einer Batterie als Gleichstromquelle, einem Verbraucher in Form einer Glühbirne und zwei Leitungen

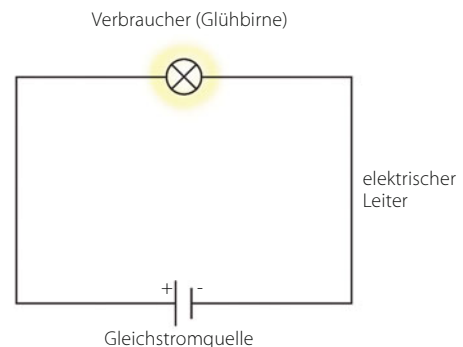


Abb. 2.14. Schaltplan eines geschlossenen Stromkreises: Stromquelle, Leitungen und Glühbirne



MEMO

Ein Stromkreis besteht aus einer Spannungsquelle, die den Strom liefert, einem Widerstand, häufig in Form eines Verbrauchers oder Nutzers, und zwei leitenden Verbindungen zwischen Quelle und Verbraucher.

Ohmsches Gesetz

Leicht lässt sich aus dem Wassermodell übertragen, dass die Stromstärke durch einen Widerstand umso größer ist, je größer die „Druckdifferenz“, also die Spannung ist, die die Ladungsträger durch die Leitung und den Widerstand hindurchtreibt. Ein großer Widerstand dagegen verkleinert die Stromstärke (s. Abb. 2.15).

Dieser Zusammenhang lässt sich auch in einer Formel ausdrücken:

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

Das heißt, je größer die Spannung U , desto größer der Strom I . Umgekehrt hat ein höherer Widerstand R zur Folge, dass der Strom I abnimmt.

Dies ist das wichtigste Gesetz des elektrischen Stroms, das **Ohmsche Gesetz**.

Häufig wird es in einer umgestellten Form aufgeschrieben, die sich mit Hinweis auf den schweizer Kanton Uri leichter merken lässt:

$$U = R \cdot I$$

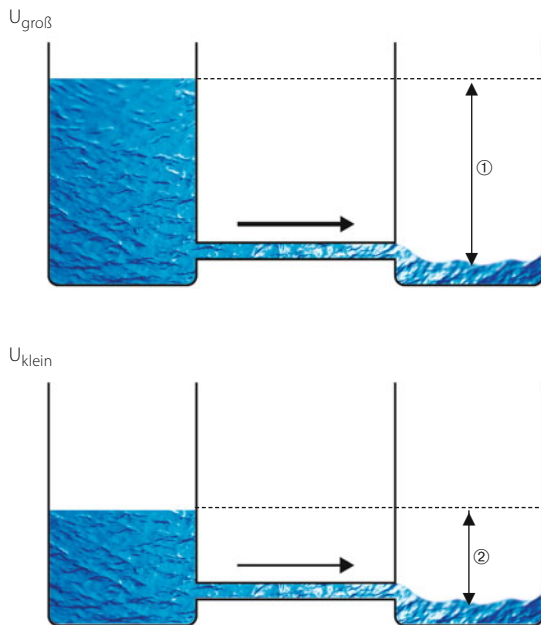


Abb. 2.15. Ohmsches Gesetz als Wassermodell (bei gleich großen Widerständen): Je größer die Spannung (Druckdifferenz zwischen linkem und rechtem Gefäß) desto größer der Stromfluss (Wasserfluss). ① große Druckdifferenz, ② kleine Druckdifferenz

Mit dem Ohmschen Gesetz lässt sich in jedem Stromkreis leicht die Stromstärke errechnen, wenn Spannung und Widerstand bekannt sind. Die folgenden drei Beispiele veranschaulichen diesen Zusammenhang:

- **Beispiel 1:** Die Spannung, die zwischen den Polen von Haushaltssteckdosen herrscht, beträgt 230 V. Der elektrische Widerstand zwischen den Polen eines Wasserkochers beträgt ca. 60Ω . Nach dem Ohmschen Gesetz fließt daher ein Strom von $230 \text{ V} / 60 \Omega = \text{ca. } 4 \text{ A}$. Diesem Strom entsprechend muss daher die Leitung ausgewählt werden, damit sie nicht durch den Stromfluss zerstört wird.
- **Beispiel 2:** Eine Schreibtischlampe hat, wenn sie betrieben wird, einen elektrischen Widerstand von ca. 1000Ω . Daraus errechnet sich ein Stromfluss von ca. $0,25 \text{ A}$. Die Zuleitung kann daher sehr viel dünner sein als bei dem Wasserkocher, da pro Sekunde viel weniger Elektronen hindurchfließen.
- **Beispiel 3:** Der menschliche Körper hat einen Widerstand von ca. 30Ω bei einer Wechselspannung von 230 V, wie sie zwischen den Polen einer Steckdose herrscht. Es fließt ein Strom von ca. $7,5 \text{ A}$ durch den Körper. Dieser Strom kann unter den gegebenen Bedingungen in kürzester Zeit zum Tode führen. Bei einer Spannung von $1,5 \text{ V}$, wie sie die Batterie in einem Walkman hat, fließen jedoch nur ca. $0,05 \text{ mA}$ durch den Körper. Dieser Strom ist noch nicht einmal wahrnehmbar und völlig ungefährlich. Auch die 12 V einer Autobatterie stellen keine Gefahr für den menschlichen Körper dar ($12 \text{ V} / 3000 \Omega = 4 \text{ mA}$).

In der Elektrotherapie arbeitet man im Milliampere (mA)-Bereich. Die maximale Stromstärke, die ein Elektrotherapiegerät abgibt, beträgt 80 mA .

Medien mit einem sehr hohen elektrischen Widerstand werden als **Nichtleiter** oder **Isolatoren** bezeichnet. Zu ihnen zählen Gase unter Normalbedingungen, die meisten Kunststoffe und Glas.



MEMO

Ohmsches Gesetz:

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

Je größer die Spannung U , desto größer der Strom I . Umgekehrt hat ein höherer Widerstand R zur Folge, dass der Strom I abnimmt.

Elektrische Leiter

Medien, die einen geringen elektrischen Widerstand besitzen, werden als **elektrische Leiter** bezeichnet. Sie werden in zwei Klassen unterteilt:

► Leiter erster Ordnung

bestehen aus Metall. Sie verändern sich beim Stromfluss nicht. Wird eine Spannung angelegt, bewegen sich die freien Elektronen zwischen den Atomrümpfen der Metallbindung zielgerichtet auf den positiven Pol zu (**s. Abb. 2.8, S. 18**). Leiter erster Ordnung werden für praktisch alle elektrischen Leitungen zum Transport elektrischer Energie und elektrischer Signale eingesetzt. Am häufigsten wird dabei auf Grund seiner guten Leitfähigkeit Kupfer eingesetzt, aber auch Aluminium, Silber und Gold finden für Spezialzwecke Verwendung.

► Als Leiter zweiter Ordnung

werden die in **Kap. 2.1.2** beschriebenen Elektrolyte bezeichnet. Hier findet der Ladungstransport durch die Bewegung von Ionen statt. Dafür müssen sich in der wässrigen Lösung zwei Platten befinden, die mit einer Spannungsquelle verbunden sind. Die positiv geladene Platte heißt – wie in der Elektrizitätslehre üblich – Anode, die negativ geladene wird als Kathode bezeichnet.

Die in der Lösung vorhandenen negativen Ionen (Anionen) werden von der positiven Anode angezogen und wandern daher auf diese zu. Die positiv geladenen Ionen (Kationen) wandern zur negativen Kathode. Diese Bewegung zu den jeweiligen Elektroden ist auch der Grund für ihre Bezeichnung.

Im Unterschied zu den Leitern erster Ordnung bewegen sich also bei den Leitern zweiter Ordnung Ladungsträger in **beide Richtungen**.



MEMO

- Anionen wandern im elektrisch geladenen Feld zur positiven Anode.
- Kationen wandern im elektrisch geladenen Feld zur negativen Kathode.

Gelangen die Ionen an eine der Elektroden, nehmen sie – je nach Ladungszustand – Elektronen auf oder geben welche ab. Dabei verlieren sie ihren Ionencharakter und werden als Elemente frei. Das heißt, dass mit dem Stromfluss eine chemische Veränderung des Leiters einhergeht. Diesen Vorgang nennt man **Elektrolyse** (**s. Abb. 2.16**).

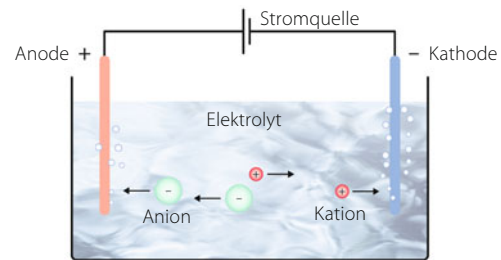


Abb. 2.16. Stromfluss in einem Elektrolyten: Die Kationen wandern zur Kathode, nehmen dort ein Elektron auf. Die Anionen wandern zur Anode und geben dort ihr Elektron ab.

Übersicht über die elektrischen Leiter

Klasse:	Leiter 1. Klasse	Leiter 2. Klasse	Nichtleiter
Andere Fachnamen:	feste Leiter	Elektrolyte	Isolatoren
Material:	Metalle, Kohle u. a.	Flüssigkeiten mit gelösten Ionen	viele Festkörper, Kohlenwasserstoffe, Gase unter Normalbedingungen
Stromtransport durch ...	Elektronen in eine Richtung	Ionen in beide Richtungen	–
Beispiele:	alle Metalle, Kohle u. a.	Salzwasser, der menschliche Körper	Glas, Gummi, Porzellan, Öl, Luft
Warum:	weil Elektronen nur negativ geladen sind	weil es sowohl positiv als auch negativ geladene Ionen gibt	keine beweglichen Ladungsträger vorhanden
Chemische Veränderungen des Leiters beim Stromfluss:	nein	ja	–

Parallelschaltung von Widerständen

Entsprechend dem Wassermodell des elektrischen Stromkreises (s. Abb. 2.15, S. 20) kann der Wasserstrom und damit auch der elektrische Strom in mehrere Zweige aufgeteilt werden. Durch jeden einzelnen Zweig fließt dann ein Strom, der sich wie immer aus der Spannung und dem Widerstand bestimmt. Der Gesamtstrom ergibt sich aus der Summe aller Ströme, die durch die einzelnen Zweige fließen.

Eine solche Anordnung von Widerständen (oder Verbrauchern) heißt **Parallelschaltung** (s. Abb. 2.17 b).



MEMO

Parallelschaltung von Widerständen oder Verbrauchern:

- Die Spannung ist an allen Widerständen gleich groß.
- Der Gesamtstrom ergibt sich aus der Summe der Einzelströme.
- Der Gesamtstrom teilt sich auf die einzelnen Widerstände im umgekehrten Verhältnis der Widerstände in den Zweigen auf. Durch Zweige mit einem größeren Widerstand fließt ein geringerer Strom und umgekehrt.
- Der Gesamtwiderstand ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand. Es fließt also insgesamt mehr Strom durch die Schaltung als durch jeden einzelnen Zweig.

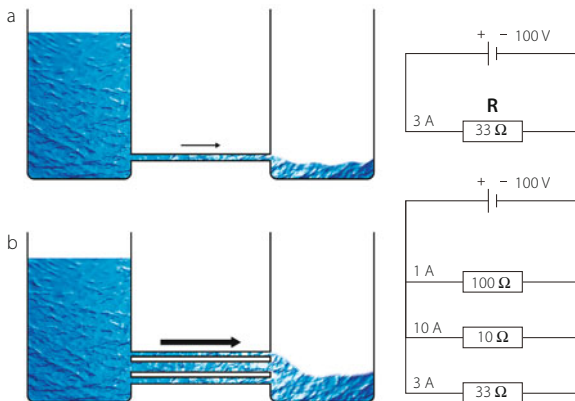


Abb. 2.17 a+b. Vergleich eines einfachen Stromkreises mit dem Wassermodell (a): Der Stromfluss ist lediglich abhängig von der Größe des Widerstands. Vergleich einer Parallelschaltung mit dem Wassermodell (b): die Spannung an allen Zweigen ist gleich groß. Der Gesamtstromfluss entspricht der Summe der einzelnen Ströme. R = Widerstand

Serien- oder Reihenschaltung von Widerständen/Spannungsteiler

Eine weitere Möglichkeit, mehrere Widerstände zu verbinden, ist die **Serien- oder Reihenschaltung** (s. Abb. 2.18 a). Der Strom muss hier durch alle Widerstände fließen und ist folglich auch in jedem Widerstand gleich groß.

So wie im Wassermodell zwei hintereinander liegende Engstellen dem Wasser mehr Widerstand entgegensetzen als eine, addieren sich auch im elektrischen Stromkreis die einzelnen Widerstände, wenn sie in Reihe geschaltet sind. Der Stromfluss durch diese Anordnung ist daher geringer als der Stromfluss in einem Stromkreis mit nur einem Widerstand (s. Abb. 2.18 a+b).

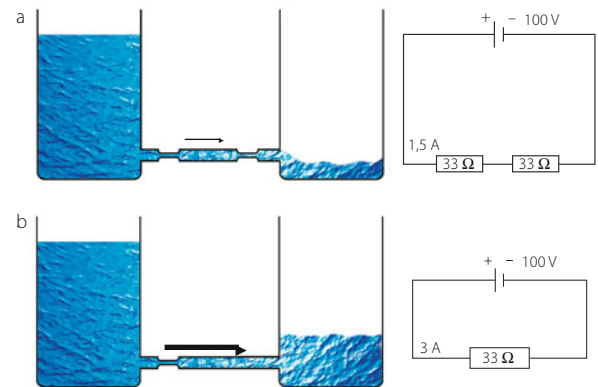


Abb. 2.18 a+b. Im elektrischen Stromkreis addieren sich die in Reihe geschalteten Widerstände. Sie entsprechen im Wassermodell zwei hintereinander liegenden Engstellen in der leitenden Verbindung (a). Der Stromfluss ist daher geringer als in einem Stromkreis mit einem Widerstand (nur eine Engstelle, b).

In der Elektrotherapie liegt praktisch immer eine Reihenschaltung verschiedener Widerstände vor: Der Strom fließt von der einen Elektrode nacheinander durch das Plattenepithel der Haut, durch die Haut selber, durch weitere verschiedene Gewebebereiche, eventuell durch Knochen und schließlich durch Haut und Plattenepithel der Haut unter der zweiten Elektrode.

Die Spannung zwischen den Elektroden teilt sich dabei auf: An jedem Einzelwiderstand fällt eine Spannung ab, die proportional zum Wert des Widerstands ist.

Eine Reihenschaltung von Widerständen wird daher auch als **Spannungsteiler** (s. Abb. 2.19, S. 23) bezeichnet.

Beträgt also beispielsweise der Widerstand der Kutis 1560Ω , der des subkutanen Fettgewebes 1200Ω , und der der Muskulatur 240Ω , teilt sich die Spannung zwischen den Elektroden im Verhältnis $6,5 : 5 : 1$ auf.

Von einer Behandlungsspannung von beispielsweise 250 Volt entfallen dann 130 Volt auf die Kutis, 100 Volt auf das subkutane Fettgewebe und 20 Volt auf die Muskulatur.

Für die Elektrotherapie ist dieser Effekt sehr wichtig: Ist der Hautwiderstand zu groß, weil die Region unter der Elektrode ungenügend vorbereitet wurde, fällt an der Haut ein großer Teil der Behandlungsspannung ab. Dies führt zu erheblicher sensibler Belästigung des Patienten und vermindert die therapeutische Wirksamkeit.

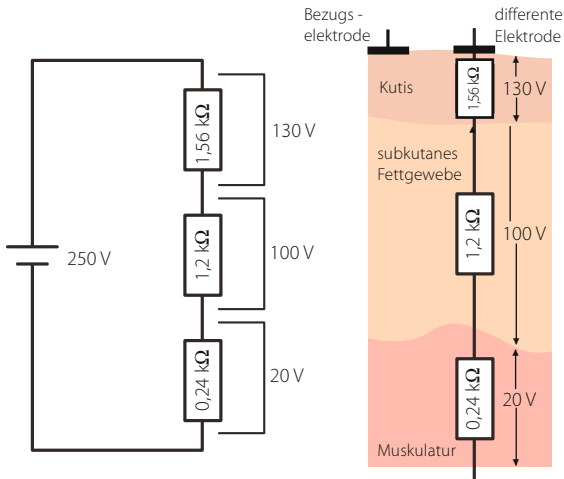
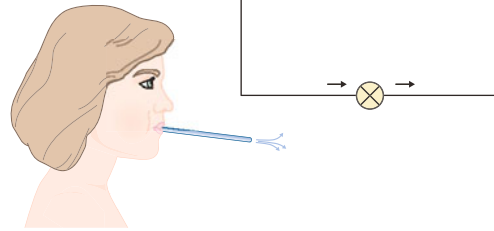


Abb. 2.19. Spannungsteiler: Die Spannung zwischen den Elektroden teilt sich in den verschiedenen Geweben proportional zum Wert der Einzelwiderstände auf.

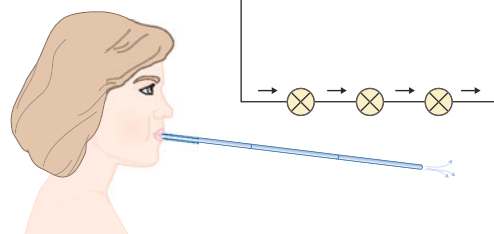
Für die **Serien- oder Reihenschaltung** gilt daher:

- Durch jeden Widerstand fließt die gleiche Strommenge.
- Die Widerstände addieren sich zu einem Gesamtwiderstand, der der Summe der Einzelwiderstände entspricht.
- **Beispiel „Strohalm“:** Bläst man durch einen Strohhalm, der 3-mal so lang ist wie ein normaler Strohhalm, muss man beim Hindurchblasen mehr Kraft aufwenden, genau 3-mal so viel (**s. Abb. 2.20b**).
- Die Spannung der Stromquelle teilt sich auf die einzelnen Widerstände auf: Sind beide Widerstände gleich groß, halbiert sich die Spannung bei jedem einzelnen Widerstand. Sind die Widerstände ungleich, teilt sich die Spannung im Verhältnis der Widerstände zueinander auf (**s. Abb. 2.19**).
- Die Spannung einzelner Elemente (z. B. Batterien) addieren sich in der Reihenschaltung zu einer Gesamtspannung, die der Summe der Einzelwiderstände entspricht (**s. Abb. 2.21**).

a einfache Schaltung



b Reihenschaltung



c Parallelschaltung

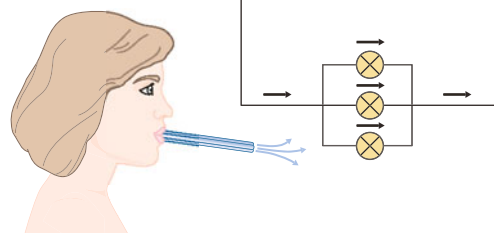


Abb. 2.20 a–c. Das Pusten durch drei Strohhalme in Reihe (b) ist schwerer (3-mal so schwer) als durch einen Strohhalm (a), da der Reibungswiderstand größer ist. Pustet man durch drei Strohhalme parallel gehalten (c), benötigt man nur 1/3 der Kraft im Vergleich zu einem Strohhalm (a).

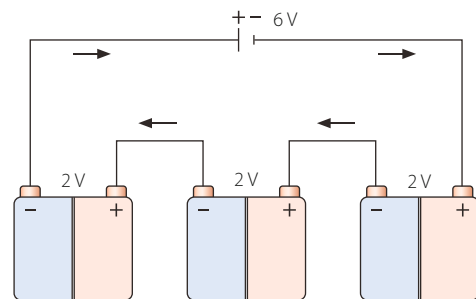


Abb. 2.21. Die Spannungen der einzelnen Elemente addieren sich in der Reihenschaltung zu einer höheren Gesamtspannung.

Elektrische Leistung und Energie

Das Wassermmodell vermittelt noch einen weiteren Zusammenhang: Die pro Sekunde umgesetzte Energie ist umso höher, je größer die Druckdifferenz zwischen den Behältern ist und je größer der Wasserstrom ist, der durch die Leitung fließt. Das gleiche Prinzip gilt für den elektrischen Strom: Je höher die Spannung und je größer der Strom, desto größer ist auch die umgesetzte elektrische Leistung. Sie wird in **Watt „W“** gemessen und in Formeln mit dem Kurzzeichen „**P**“ abgekürzt.

Die Formel zur Berechnung der elektrischen Leistung lautet daher:

$$P = U \cdot I$$

Mit dieser Gleichung lässt sich die Leistung elektrischer Geräte sehr einfach berechnen:

Für den Wasserkocher aus dem Beispiel von **S. 20** gilt $U = 230 \text{ V}$ und $I = 4 \text{ A}$.

Die Leistung, mit der das Wasser erwärmt wird, berechnet sich damit überschlägig zu

$$P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} \approx 920 \text{ W.}$$

Bei der Schreibtischlampe beträgt die Leistung

$$P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 0,25 \text{ A} \approx 60 \text{ W.}$$



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Leistung	P	W (Watt)

Elektrische Energie

Die **elektrische Energie**, die nach einer bestimmten Zeit in einem Stromkreis umgesetzt worden ist, ergibt sich aus der Leistung und der Zeitdauer, für die der Strom durch den Verbraucher (Widerstand) geflossen ist. Die Einheit der elektrischen **Energie**, abgekürzt „**E**“, ist daher die **Wattsekunde „Ws“**. Für das Beispiel der Schreibtischlampe bedeutet das, dass sie nach einer Minute eine elektrische Energie von $60 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 3600 \text{ Ws}$ in Licht und Wärme umgesetzt oder „verbraucht“ hat. Die im Alltag häufiger anzutreffende Einheit **Kilowattstunde „kWh“** entspricht analog einer elektrischen Leistung von 1000 W ($= 1 \text{ kW}$) für die Dauer von 1 Stunde.

Eine Walkmanbatterie enthält ungefähr $0,003 \text{ kWh}$, ein deutscher Durchschnittshaushalt verbraucht im Jahr ca. 3500 kWh elektrische Energie, also den Energieinhalt von 1 Millionen Walkmenbatterien.



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Energie	E	Ws (Wattsekunde)

Batterien und Akkumulatoren

Die ersten Spannungsquellen waren, von Gewittern und Elektrisiermaschinen abgesehen, galvanische Zellen. Im Normalfall bestehen sie aus zwei Platten unterschiedlicher Materialien (Elektroden), die in einen Elektrolyten getaucht sind. Der Elektrolyt kann auch als Gel vorliegen oder in einem anderen Material aufgesaugt sein. Auf diese Weise lässt sich die Zelle besser handhaben.

Eine chemische Reaktion bewirkt unterschiedliche Elektronenkonzentrationen an den Elektroden und damit eine elektrische Spannung. Diese beträgt – je nach Kombination der Elektrodenmaterialien – ca. $1\text{--}3 \text{ V}$, im Falle der Taschenlampenbatterie (Elektrodenkombination Zink-Kohle, s. **Abb. 2.22, S. 25**) beispielsweise $1,5 \text{ V}$.

Da die Spannung, die eine solche Zelle liefert, für viele Anwendungen zu gering ist, werden galvanische Zellen häufig in einer Reihenschaltung zu einer Batterie verbunden (s. **Abb. 2.21, S. 23**). Obwohl der Begriff „Batterie“ eigentlich eine Zusammenstellung von Elementen bezeichnet, hat er sich jedoch auch als Bezeichnung für eine einzelne galvanische Zelle eingebürgert.

Bei der Zusammenstellung von Zellen in einer Reihenschaltung wird die Tatsache ausgenutzt, dass eine elektrische Spannung als (Potenzial-)Differenz angesehen werden kann. Mehrere Spannungen addieren sich auf diese Weise, passende Richtung vorausgesetzt, zu einer höheren Gesamtspannung. In vielen Walkmen befinden sich beispielsweise zwei $1,5 \text{ V}$ -Batterien (genau: Zellen), die zusammen eine Spannung von 3 V für den Betrieb des Walkman liefern. In einer Autobatterie sind, erkennbar an den sechs Deckeln, sechs Zellen zu je 2 V zur Batteriespannung von 12 V in Reihe geschaltet.

Die Batterie geht eigentlich auf Volta – und nicht auf Galvani – zurück. Volta hat mit seiner Voltaschen Säule als Erster einen Gleichstrom erzeugt. Sie liefert einen konstanten, in eine Richtung fließenden Strom.

Nach einer gewissen Stromentnahme haben sich die Elektrodenmaterialien infolge der Ionenwanderung verbraucht. Die Zelle kann keinen weiteren Strom mehr liefern und muss erneuert werden.

Bei **Akkumulatoren** (kurz: Akkus), die auch zu den galvanischen Zellen zählen, lässt sich der Vorgang in der Zelle wie

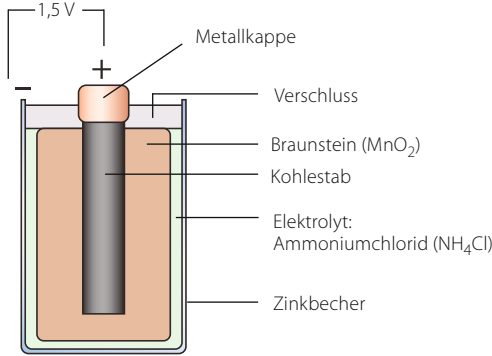


Abb. 2.22. Batterie als Gleichspannungsquelle: Die beiden Elektroden sind der Kohlestab (= Pluspol) und der Zinkbecher (= Minuspol). Bei leitender Verbindung liefert das Metall Zink die Elektronen.

der umkehren: Ein Ladestrom, den z. B. ein Ladegerät durch die Zellen fließen lässt, bringt die Elektrodenmaterialien wieder in ihren ursprünglichen chemischen Zustand, so dass diese erneut für eine gewisse Zeit Strom liefern können.

Der große praktische Nutzen liegt in der Unabhängigkeit vom Stromnetz. Sie kommen daher in allen tragbaren Geräten zum Einsatz. In der Elektrotherapie hat diese Stromquelle große Bedeutung bei den tragbaren Reizstromgeräten, mit denen sich der Patient zu Hause selbst therapieren kann.

2.2.2 Wechselstrom, elektromagnetische Induktion

Wechselstrom

Während eine Gleichspannungsquelle von Akkus und Batterien stets eine annähernd gleichbleibende Spannung liefert, ändert sich die Spannung einer Wechselstromquelle zyklisch. Von Null ausgehend wächst sie auf einen bestimmten Wert an, die so genannte **Spitzenspannung**, sinkt dann wieder auf Null ab, um in umgekehrter Richtung erneut bis zur Spitzenspannung anzusteigen und wieder auf Null abzufallen. Anschließend beginnt der Ablauf von Neuem (s. **Abb. 2.23**).

Ein solcher voller Durchgang wird als **Periode** bezeichnet. Er besteht aus einer **positiven** und einer **negativen Halbwelle**.

Die Höhe eines Wellenbergs von der Nulllinie ausgehend nennt man **Amplitude**.

Die Zeit, die für eine volle Periode benötigt wird, heißt **Periodendauer**. Die Anzahl Perioden, die die Spannung in

einer Sekunde durchläuft, ist die **Frequenz** der Spannung. Sie wird mit „**f**“ abgekürzt und in **Hertz (Hz)** angegeben.

Der genaue Verlauf der Spannung innerhalb einer Periode kann sehr unterschiedlich sein. Am häufigsten entspricht er der Form einer Sinuskurve (s. **Abb. 2.23**).

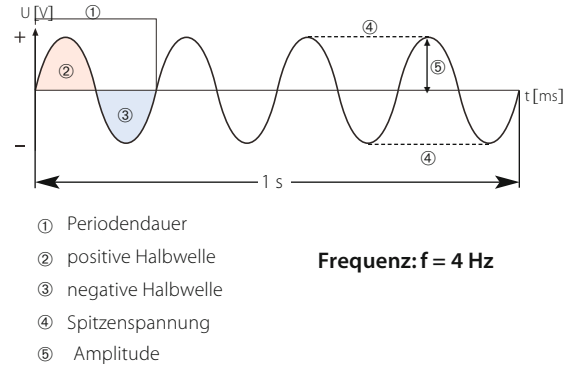


Abb. 2.23. Spannungsverlauf eines Wechselstroms

Die Frequenz der Wechselspannung im Haushaltsstromnetz beträgt in Deutschland 50 Hz, es liegen also in einer Sekunde 50 Perioden. Daraus lässt sich errechnen, dass eine Periode $1/50 \text{ s} = 20 \text{ ms}$ dauert.

Wechselspannung besitzt viele **Vorteile**: Sie lässt sich leichter in Kraftwerken erzeugen und eignet sich besser zum Antrieb von Elektromotoren. Der Hauptvorteil ist aber, dass sich ihre Spannung mit Hilfe eines Transformators sehr leicht auf einen anderen Wert bringen lässt.

Auf diese Weise kann die elektrische Energie mit geringeren Verlusten über weite Strecken übertragen werden und dem Einsatz für sehr verschiedene Zwecke vom Mikroprozessor mit ca. 2 V bis zum Motor für ein Stahlwalzwerk mit einigen Tausend V angepasst werden.

Wird ein Ohmscher Widerstand mit einer Wechselspannungsquelle verbunden, steigt und fällt der Strom im gleichen Takt wie die Wechselspannung und wechselt auch seine Richtung. In jedem Moment der Periode gilt das Ohmsche Gesetz: Der Stromfluss durch den Widerstand in A entspricht genau der momentanen Spannung in V geteilt durch den Widerstandswert in Ω



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Frequenz	f	Hz (Hertz)

Gleichrichter

Mit Hilfe eines **Gleichrichters** lässt sich Wechselspannung relativ einfach in Gleichspannung verwandeln.

Ein Gleichrichter besteht im einfachsten Fall aus einer **Diode**, die an einer beliebigen Stelle in den Stromkreis eingefügt ist. Sie arbeitet wie ein elektrisches Ventil und lässt den Strom nur in eine Richtung passieren. Diese Form der Gleichrichtung wird als „**Einweggleichrichtung**“ bezeichnet (s. Abb. 2.24).

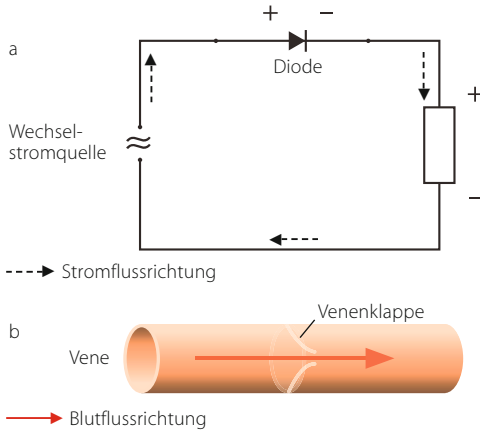


Abb. 2.24 a+b. Einweggleichrichter: Eine Diode ist ein Bauelement, welches Strom nur in eine Richtung passieren lässt (a), vergleichbar mit den Venenklappen, die das Blut ebenfalls nur in eine Richtung fließen lassen (b).

Aus dem Wechselstrom ist damit ein, allerdings noch zyklisch unterbrochener, an- und abscwellender, Gleichstrom geworden (s. Abb. 2.25). Diese und ähnliche Stromformen finden in der Elektrotherapie als Reizstrom Anwendung.

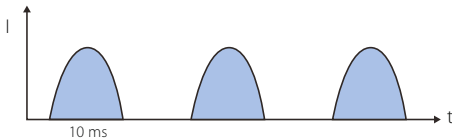


Abb. 2.25. Gleichgerichteter Wechselstrom als Produkt einer Einweggleichrichtung: Dieser entspricht einem unterbrochenen, an- und abscwellenden Gleichstrom (sinusförmige positive Halbwellen mit Pausen).

Sind die relativ langen Pausen zwischen den einzelnen Strompulsen unerwünscht, kann auch eine **Doppelweggleichrichtung** zum Einsatz kommen. Hier sorgt eine sinnreiche Verschaltung von vier Dioden dafür, dass beide Halbwellen der Wechselspannung ausgenutzt werden.

Das Ergebnis ist eine Folge von sinusförmigen Halbwellen, die ohne Pause aufeinander folgen. In der Elektrotherapie wird diese Stromform als diadynamische Stromform DF (Diphasé Fixe) angewendet (s. Abb. 2.26).

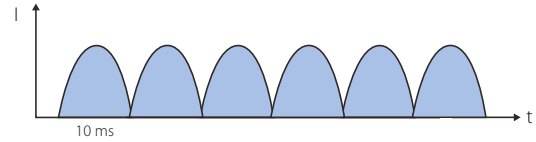


Abb. 2.26. Gleichgerichteter Wechselstrom als Produkt einer Doppelweggleichrichtung: Dieser entspricht einem nicht unterbrochenen, an- und abscwellenden Gleichstrom (sinusförmige positive Halbwellen).

Sind auch die noch verbleibenden Täler zwischen den Halbwellen unerwünscht, werden zusätzlich Kondensatoren (s. S. 28) verwendet, die während der Stromspitzen Ladung aufnehmen und diese in den „Tälern“ wieder abgeben. Auf diese Weise ist, unter Umständen unter Zuhilfenahme weiterer elektronischer Regelungen, ein sehr „glatter“ Gleichstrom herzustellen. Dies ist insbesondere in elektronischen Geräten wie HiFi-Anlagen und Computern häufig erforderlich.

Der umgekehrte Weg, die Herstellung von Wechselstrom nennenswerter Leistung aus Gleichstrom, ist sehr aufwändig, allerdings nur selten erforderlich.

Generator

Die häufigsten Quellen für Wechselspannung sind **Generatoren**. Sie verwandeln mechanische Energie, die beispielsweise aus einer Dampfturbine oder einem Windrad stammen kann, in elektrische Energie.

Elektromagnetische Induktion

Generatoren nutzen das Prinzip der **elektromagnetischen Induktion** (lat. inducere: hineinführen): Bewegt sich ein Magnet an einem elektrischen Leiter vorbei oder umgekehrt, so wird auf die Elektronen in dem Leiter eine Kraft ausgeübt (s. Abb. 2.27, S. 27). Bei passender Anordnung des Leiters wandern die Elektronen auf das eine Leiterende zu. Dort entsteht infolgedessen ein Elektronenüberschuss; eine elektrische Spannung, gleich der an den Polen einer galvanischen Zelle, hat sich aufgebaut. In einem elektrischen Generator befindet sich ebenfalls ein Leiter in Form eines Kupferdrahts, der zur Erzielung einer höheren Spannung in vielen Hundert bis Tausend Wicklungen zu einer **Spule** gewunden ist. In der Mitte des Generators rotiert ein **Magnet**, angetrieben von der Turbine oder dem Windrad.

Bewegt sich in einem bestimmten Moment der Nordpol des Magneten auf die Spule zu und der Südpol von ihr weg, werden die Elektronen zum einen Leiterende und damit zum einen Anschluss der Spule getrieben. Hat sich der Magnet eine halbe Umdrehung weiter gedreht, so sind die Verhältnisse umgekehrt: Der Südpol bewegt sich auf die Spule zu und der Nordpol von ihr weg. Die Folge ist, dass die Elektronen zum anderen Spulenende getrieben werden, die Polarität der Spannung an den Enden der Spule hat sich umgekehrt. In diesem einfachen Fall entspricht also eine Umdrehung des Magneten im Generator einer Periode der erzeugten Wechselspannung (s. Abb. 2.28). Schnellere Rotation bewirkt auf diese Weise eine höhere Frequenz, langsame eine niedrigere.

Ein einfaches Beispiel für einen Generator ist der Fahrraddynamo: Der Magnet im Inneren des Dynamos wird über das Rädchen vom Fahrradreifen in Drehung versetzt. Die in der umgebenden Spule induzierte Spannung bewirkt einen Stromfluss durch die Drähte der Lampen, die in Folge der umgesetzten Energie glühen und Licht abgeben.

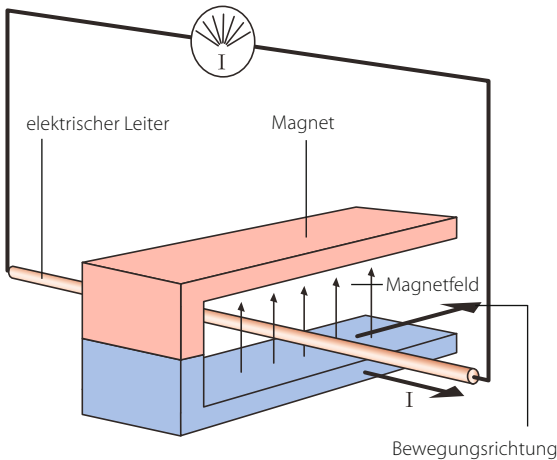


Abb. 2.27. In einem elektrischen Leiter, der im Magnetfeld eines Magneten bewegt wird, entsteht durch Induktion ein Strom quer zur Richtung der Magnetfeldlinien.

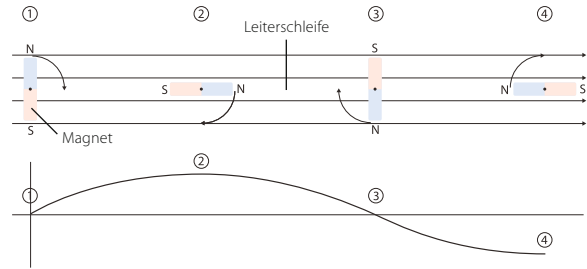


Abb. 2.28. Ein Magnet rotiert in einer Leiterschleife und induziert dort Wechselspannung. Das Schema zeigt den Zusammenhang zwischen Rotation des Magneten und induziertem Spannungsverlauf.

Spule als Quelle eines Magnetfeldes

Das Prinzip der Induktion lässt sich umkehren: Fließt durch einen Leiter ein elektrischer Strom, so entsteht um ihn herum ein kreisförmiges Magnetfeld. Zur Verstärkung dieser Wirkung kann der Leiter wiederum zu einer Spule aufgewickelt werden. Die Wirkung des Magnetfeldes um jede einzelne Windung der Spule addiert sich auf diese Weise zu einer erheblich höheren Gesamtwirkung.

Das Magnetfeld ist dabei im Innern am stärksten und in Richtung der Längsachse der Spule ausgerichtet. An der Außenseite der Spule ist es wesentlich schwächer (s. Abb. 2.29).

Das um einen Magneten bestehende Magnetfeld wird häufig in Form von **Feldlinien** dargestellt. Ihre Richtung gibt die Richtung der Kraft an, die auf einen anderen Magneten in diesem Feld ausgeübt wird, ihre Dichte die relative Stärke dieser Kraft.

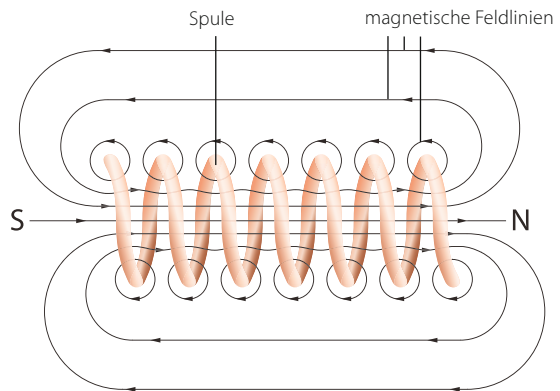


Abb. 2.29. Verlauf und Intensität der magnetischen Feldlinien an einer stromdurchflossenen Spule.

Wirbelströme

Die im vorangegangenen Kapitel erläuterten Prinzipien der elektromagnetischen Induktion und des Elektromagnetismus ermöglichen es, Ströme durch Leiter fließen zu lassen, die mit keiner Stromquelle verbunden sind. Dies können beispielsweise tieferliegende Gewebeteile im menschlichen Körper sein.

Zu diesem Zweck wird eine elektrische Spule mit einer Wechselstromquelle verbunden und auf die zu behandelnde Region aufgelegt. Der Wechselstrom erzeugt ein Magnetfeld, das seine Richtung zyklisch ändert. Dieses magnetische Wechselfeld dringt in den Körper ein und bewirkt dort nach dem Prinzip der Induktion einen elektrischen Strom, der kreisförmig um die magnetischen Feldlinien fließt. Er wird als **Wirbelstrom** bezeichnet. Da das Körpergewebe einen Ohmschen Widerstand besitzt, wird bei diesem Prozess Energie frei, die das Gewebe erwärmt. In der Elektrotherapie kommt dieses Prinzip bei der Kurzwellentherapie zur Anwendung (s. Kap. 8.4.7).

Kapazität und Kondensator

Kondensator

Stehen sich zwei elektrisch leitende Platten gegenüber, können sie elektrische Ladung speichern. Diese Anordnung heißt **Kondensator** (s. Abb. 2.30 und 2.31).

Wird eine elektrische Spannung an die beiden Anschlüsse der Kondensatorplatten gelegt, fließt ein Strom. Dabei reichern sich auf der einen Platte Elektronen an, von der anderen werden sie abgezogen. Der Kondensator wird geladen. Diese Ladung bleibt auch erhalten, nachdem die Spannungsquelle vom Kondensator entfernt worden ist.

Werden die Pole eines geladenen Kondensators über einen Widerstand miteinander verbunden, so gleichen sich die Ladungen auf den Platten wieder aus. Der Strom fließt in umgekehrter Richtung wie beim Aufladen.

Kapazität

Die Menge Elektronen, die die Kondensatorplatten bei einer bestimmten Spannung aufnehmen bzw. abgeben, hängt von ihrer Größe, ihrem Abstand voneinander und dem zwischen ihnen befindlichen Material ab. Sie wird als **Kapazität** des Kondensators bezeichnet und in **Farad „F“** gemessen. Das Formelzeichen lautet „C“. Die Kapazität kann bestimmt werden, indem gemessen wird, welche Ladungsmenge bis zum Erreichen einer bestimmten Spannung auf die Platten des Kondensators fließt.

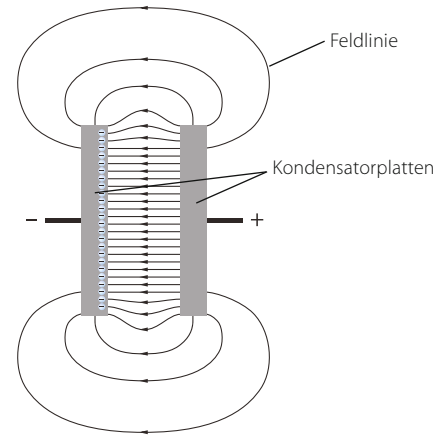


Abb. 2.30. Kondensator als Ladungsspeicher. Zwischen den Platten bildet sich ein elektrisches Feld aus. Am Rande verlaufen die Feldlinien gekrümmt.

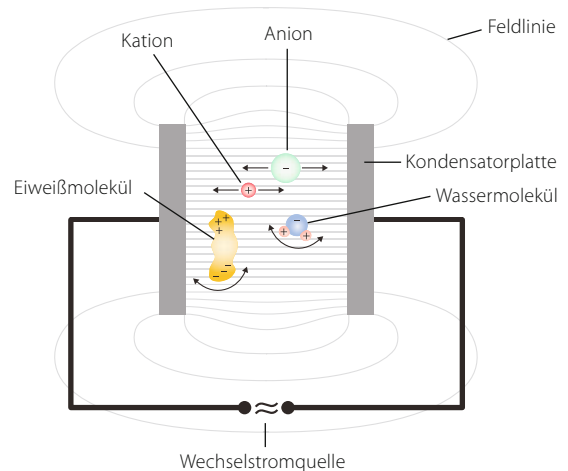


Abb. 2.31. Ein Kondensator unter Einfluss eines Wechselstroms erzeugt ein elektrisches Wechselfeld: Ionen bewegen sich hin und her, Dipole wie z. B. Wasser oder Eiweiße drehen sich auf der Stelle.



MEMO

Größe	Formelzeichen	Einheit
Kapazität	C	F (Farad)

Kapazitiver Widerstand

Für die Elektrotherapie von großer Bedeutung sind die Verhältnisse, die sich ergeben, wenn ein Kondensator mit einer Wechselspannungsquelle verbunden wird: Da die Wechselspannungsquelle eine sich ständig verändernde Spannung liefert, wird der Kondensator zyklisch aufgeladen, wieder entladen, in entgegengesetzter Richtung aufgeladen und auch wieder entladen. Das bedeutet, dass zyklisch – mit der gleichen Frequenz wie die Wechselspannung – ein Strom durch den Kondensator fließt.

Immer, wenn die Spannung ihren höchsten positiven Wert erreicht hat, ist die dieser Spannung entsprechende Ladung auf die Kondensatorplatten geflossen. Hat die Spannung ihren maximalen negativen Wert erreicht, ist die komplette Ladung abgeflossen und umgekehrt wieder auf die Platten geflossen. Steigt also die Frequenz der Wechselspannung, muss die gleiche Ladung in kürzerer Zeit auf die Platten fließen. Die Folge ist, dass der während dieser Zeit fließende Strom zwangsläufig ein höherer ist, als bei einer niedrigeren Frequenz.

Das Gleiche gilt, wenn die Kapazität des Kondensators größer ist: Auch dann muss bei der gleichen Frequenz eine höhere Ladungsmenge pro Periode umgeladen werden, ebenso mit der Folge, dass der Strom steigt.

Steigt bei gleicher Frequenz die Höhe der Wechselspannung, ist die Ladungsmenge, die auf die Platten fließt, ebenfalls größer. Der Strom, der jeweils umgeladen werden muss und damit durch den Kondensator fließt, steigt folglich in gleichem Maße. Ein Kondensator im Wechselstromkreis verhält sich also wie ein Widerstand: Bei einer bestimmten Spannung, die an seine Anschlüsse angelegt wird, fließt ein dazugehöriger Strom. Dieses Verhalten eines Kondensators bezeichnet man daher als **kapazitiven Widerstand**.



MEMO

- Ein Kondensator verhält sich im Wechselstromkreis wie ein Widerstand. Analog zum Ohmschen Gesetz für Gleichstrom führen daher bei einem Kondensator im Wechselstromkreis zu einem größeren Strom:
 - höhere Spannung,
 - höhere Frequenz,
 - größere Kapazität.
- Ein kleinerer Strom ergibt sich aus:
 - kleinerer Spannung,
 - niedrigerer Frequenz,
 - kleinerer Kapazität.



MEMO

Die Höhe des kapazitiven Widerstandes bestimmt sich aus:

- der Kapazität des Kondensators
(höhere Kapazität → kleinerer Widerstand)
- der Frequenz der Wechselspannung
(höhere Frequenz → kleinerer Widerstand)

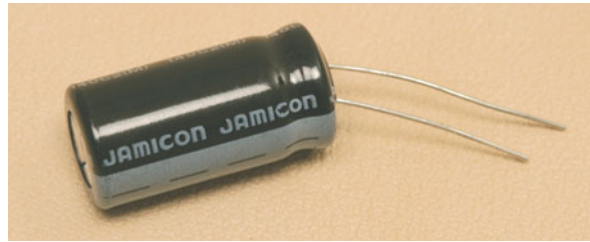


Abb.2.32. Ein industriell gefertigter Kondensator

In der Elektrotherapie sind diese Sachverhalte sehr wichtig, um zu verstehen, wie sich der menschliche Körper bei Mittel- und Hochfrequenzströmen verhält.

Die komplexe Anordnung von Zellen mit ihren Membranen und Zellzwischenräumen bildet eine Kombination von Ohmschen und kapazitiven Widerständen für den elektrischen Strom.

Im Wesentlichen setzt sich der **Körperwiderstand** aus drei Komponenten zusammen:

- Das Plattenepithel und die darauf haftende Fettschicht bilden einen hohen Ohmschen Widerstand: 30–40 Ω bei Wechselstrom und 3000–4000 Ω bei Gleichstrom.
- Das Interstitium (der Zwischenzellraum) mit Gewebsflüssigkeit und den darin gelösten Elektrolyten bildet einen weiten, aber viel kleineren Widerstand. Das Interstitium ist ein Leiter zweiter Ordnung. Es finden daher chemische Prozesse statt, wenn ein Strom hindurchfließt.
- Die Bindegewebszellen mit ihren Zellmembranen verhalten sich wie Kondensatoren: Sie bilden einen kapazitiven Widerstand. Bei steigender Frequenz der angelegten Wechselspannung, wächst daher der durch den Körper fließende Strom, da der kapazitive Widerstand sinkt (s. Abb. 2.33, S. 30).

Der menschliche Körper wirkt daher elektrisch wie eine Parallelschaltung aus Ohmschem und kapazitivem Widerstand.

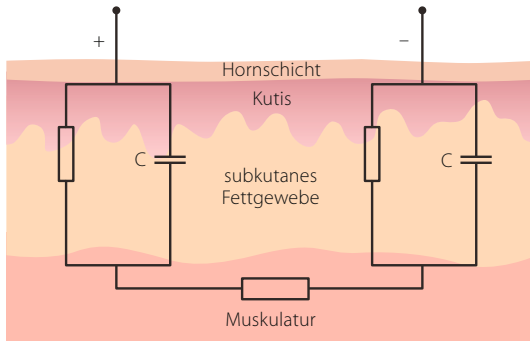


Abb. 2.33. Querschnitt durch die Haut: Hautwiderstand als Reihen- und Parallelschaltung von Ohmschem und kapazitivem Widerstand

Induktiver Widerstand

Eine Spule verhält sich im Stromkreis umgekehrt wie ein Kondensator: Wird an ihren Enden eine Spannung angelegt, dauert es eine Weile, bis der volle Strom fließt. Wird die Spannung abgeschaltet, hat der Strom die Tendenz, noch eine Zeit lang weiter zu fließen.

Daraus folgt im Wechselstromkreis: Wechselt die Spannung sehr schnell ihre Richtung, was einer hohen Frequenz der Wechselspannung entspricht, kann der Strom immer nur relativ wenig ansteigen, bevor er seine Richtung wechseln muss, wiederum verzögert durch die Eigenschaften der Spule. Der effektive im Mittel fließende Strom durch die Spule ist daher bei hoher Frequenz relativ gering. Aus diesem Grunde bildet eine Spule im Wechselstromkreis ebenfalls einen Widerstand, dieser wird **induktiver Widerstand** genannt. Er steigt mit höheren Frequenzen.

Mit sinkenden Frequenzen sinkt der induktive Widerstand ab, bis er bei Gleichstrom (der der Frequenz Null entspricht) ebenfalls den Wert Null annimmt.

2.3 Stromformen in der Elektrotherapie



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die verschiedenen in der Elektrotherapie gebräuchlichen Stromformen
- die Stromverläufe, Gesetzmäßigkeiten und Besonderheiten der verschiedenen Ströme
- die Eigenschaften von Licht und Schallwellen

2.3.1 Gleichstrom

Der in der Elektrotherapie für verschiedene Anwendungen (z. B. Iontophorese, hydrogalvanische Bäder) verwendete Gleichstrom wird mit einer Spannung zwischen 200 und 300 V im Elektrotherapiegerät aus dem Wechselstrom des Stromnetzes hergestellt. Er ist mit Hilfe von Kondensatoren und elektronischen Regelungen geglättet.

Stellt man zeitlich den Verlauf des Stroms dar, erscheint diese Stromform als **durchgehende Linie**, der Strom fließt konstant in eine Richtung (Frequenz = 0 Hz).

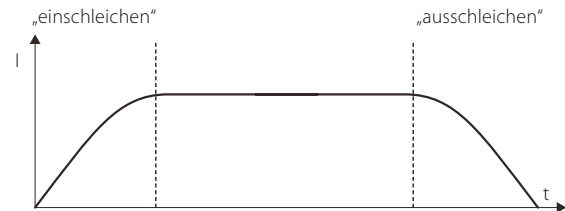


Abb. 2.34. Der zeitliche Verlauf von Gleichstrom. In der Anwendung wird zu Beginn die Stromstärke langsam hochgeregelt („einschleichen“) und am Ende langsam heruntergeregelt („ausschleichen“).

2.3.2 Pulsierender Gleichstrom/ Niederfrequenz

Die häufigste in der Elektrotherapie angewendete Stromform ist pulsierender Gleichstrom. Er wird hier auch als **Reiz- oder Impulsstrom** bezeichnet.

Die Stromform ist rhythmisch in charakteristischer Form (Rechteckstrom, Dreieckstrom, sinusförmiger oder trapezförmiger Strom) ansteigend und wieder abfallend, zwischen den einzelnen Pulsen können Pausen liegen.

Stellt man zeitlich den Verlauf des Stroms dar, erscheint diese Stromform **asymmetrisch zur Nulllinie**, der Strom fließt also immer in die gleiche Richtung jedoch mit Unterbrechungen und schwankender Stärke (s. Abb. 2.35).

In der Elektrotherapie wird diese Stromform mit Frequenzen zwischen 0,1 und 1000 Hz verwendet. Dieser Frequenzbereich wird auch als **elektrotherapeutischer Niederfrequenzbereich** bezeichnet.

Die Applikation von Reizstrom erfolgt direkt über Elektroden oder Bäder.

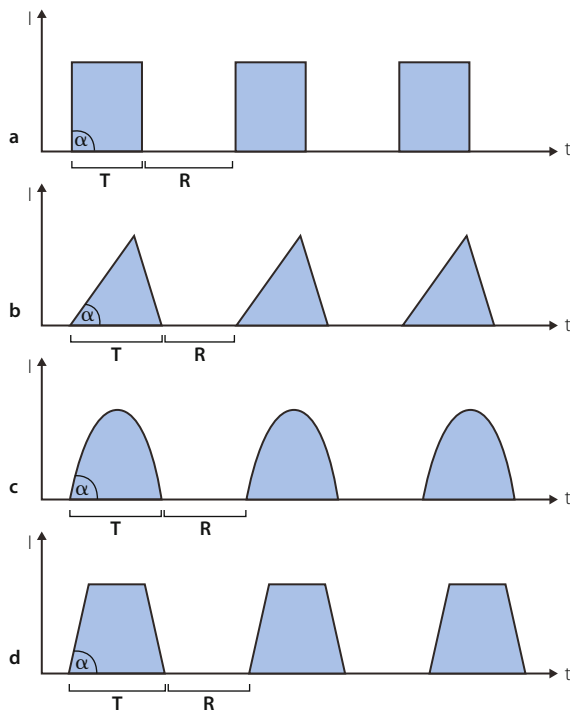


Abb. 2.35. Zeitlicher Verlauf verschiedener Reizstromarten:

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

Die folgenden Charakteristika beschreiben einen Reizstrom:

- ▶ **Spitzenstromstärke**
Der kurzzeitig maximal fließende Strom, gemessen in A.
- ▶ **Impulszeit**
(Zeichen: T = time): Zeitspanne (in s oder ms), in der Strom fließt.
- ▶ **Pausenzeit**
(Zeichen: R = rest): Zeitspanne (in s oder ms), in der kein Strom fließt.

▶ Impulsform

Sie bestimmt, in welcher Form ein Stromimpuls auf seinen Höchstwert ansteigt und wieder auf Null zurückgeht: Rechteckform, Dreieckform, exponentielle Dreieckform, Sinusform

▶ Anstiegssteilheit

Sie gibt an, in welcher Zeit ein Dreieckimpuls seinen Höchstwert erreicht hat. Große Steilheit = großer Anstiegswinkel (α). Geringe Steilheit = kleiner Anstiegswinkel. Je kürzer die Impulszeit ist, desto größer die Steilheit und umgekehrt.

▶ Frequenz

Impuls und Pausendauer bestimmen die Frequenz (in Hz): Sie gibt die Anzahl der Impulse innerhalb einer Sekunde an. Aus der Impulszeit (= T (ms)) und der Pausenzeit (= R (ms)) lässt sich die Frequenz berechnen:

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

▶ Effektivstromstärke

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



MEMO

Bei einer Frequenz von 100 Hz beträgt die Summe aus R + T immer 10 ms. Das „Verhältnis“ von R zu T und die Stromform spielen bei dem Parameter „Frequenz“ also keine Rolle.

Modulation

Während ein niederfrequenter pulsierender Gleichstrom (vgl. Kap. 2.3.2) fließt, ist es möglich, einige seiner Parameter langsam zu verändern. Dies wird als **Modulation** bezeichnet und geschieht automatisch vom Gerät, falls eine Modulation gewählt ist.

Beispiele für pulsierende Gleichströme sind die dynamischen Ströme CP und LP sowie neofaradischer Schnellstrom (s. Kap. 8.2.2 und 8.2.7).

Gebräuchlich sind drei Arten der Modulation:

Stromstärkemodulation = Amplitudenmodulation

- ▶ Die Stromstärke steigt und fällt in einem vorgegebenen Rhythmus, der **Modulationsfrequenz**. Sie liegt in der Elektrotherapie üblicherweise im Bereich von 1–100 Hz, bei manchen Geräten bis 200 Hz. Sie hat nichts mit der Frequenz des zugrundeliegenden Behandlungsstroms zu tun (s. Abb. 2.36).

- Der Prozentsatz, um den die Intensität bei der Modulation maximal zurückgeht, wird als **Modulationstiefe** bezeichnet und in Prozent angegeben.
- Wird neofaradischer Schwellstrom moduliert, spricht man von **Schwellungen**.

Hinweis: Wird nur von Modulation gesprochen, ist damit i. A. die Amplitudenmodulation (AM) gemeint.

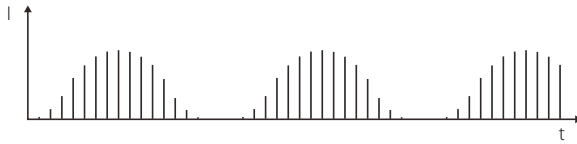


Abb. 2.36. Zeitlicher Verlauf eines stromstärkemodulierten Reizstroms

Frequenzmodulation (FM)

- Die Frequenz des Behandlungsstroms verändert sich fortlaufend (s. Abb. 2.37). In der Praxis wird dieses Verfahren üblicherweise bei niederfrequentem Reizstrom angewendet. Die Frequenzmodulation geschieht dabei normalerweise in zufälliger Folge, um eine Gewöhnung des Körpers an den Reizstrom zu verhindern. Diese in zufälliger Folge frequenzmodulierten Reizströme heißen „stochastische Ströme“ (vgl. dazu Kap. 8.2.1).



Abb. 2.37. Zeitlicher Verlauf eines frequenzmodulierten Reizstroms

Impulszeitmodulation

- In einem bestimmten Rhythmus, der gerätespezifisch festgelegt ist, wird die Impulszeit innerhalb eines fest gelegten Bereichs verändert (s. Abb. 2.38).
- Die Bereiche der Veränderung sind wie die Parameter der Frequenzmodulation ebenfalls nicht extern vom Therapeuten veränderbar, sondern in festen Programmen im Gerät vorgegeben.
- Auch die Impulszeitmodulation dient dazu, den Gewöhnungseffekt hinauszuzögern.
- Die Impulspause wird bei Verlängerung der Impulszeit verkürzt, um die Frequenz konstant zu halten, d. h. das Puls-Pause-Verhältnis wird verändert.



Abb. 2.38. Zeitlicher Verlauf eines impulszeitmodulierten Reizstroms

2.3.3 Mittelfrequenter Wechselstrom

Mittelfrequenter Wechselstrom besteht in der Elektrophysiotherapie aus positiven und negativen Halbwellen und besitzt stets einen **sinusförmigen Verlauf** (s. Abb. 2.39).

Zeitlich dargestellt erscheint diese Stromform **symmetrisch zur Nulllinie**, der Strom fließt also abwechselnd gleich stark in die eine und die andere Richtung. Die eingesetzten Frequenzen liegen im Bereich von 1 bis 100 kHz.

Die mittelfrequenten Wechselströme werden wie die niederfrequenten Ströme als **Reizströme** eingesetzt (Schmerzlinderung, Muskelreizung).

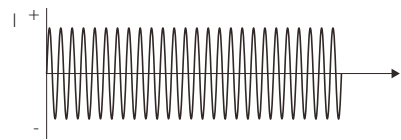


Abb. 2.39. Reiner mittelfrequenter Wechselstrom: in der Intensität konstanter Wechselstrom (unmoduliert)

Interferenz

Interferenz (lat. inter-ferre: dazwischen getragen) 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 Schwingungen so aufeinander, dass beide Spitzen und beide Täler zusammenfallen, so entsteht eine neue Schwingung, die die gleiche Frequenz besitzt, aber doppelt so stark ist. Man spricht in diesem Fall von **konstruktiver Interferenz** (s. Abb. 2.40, S. 33).

Kommt jedoch die eine Schwingung etwas später als die andere, so trifft unter Umständen der Berg der einen Schwingung auf das Tal der anderen: Die Schwingungen löschen sich aus, der Vorgang wird als **destruktive Interferenz** bezeichnet (s. Abb. 2.41 a, S. 33).

Sind die ursprünglichen Schwingungen nicht gleich stark, so kommt es zu keiner vollständigen Auslöschung, die resultierende Schwingung ist lediglich schwächer als die ursprünglichen. Auch dies wird als destruktive Interferenz bezeichnet (s. Abb. 2.41 b).

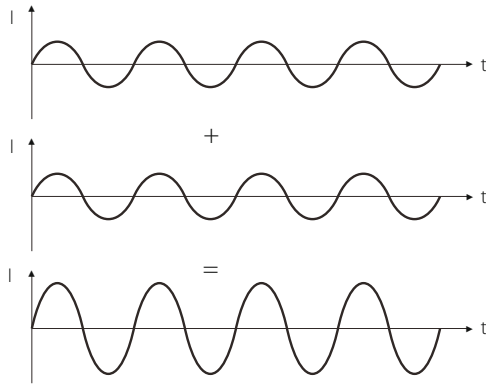


Abb. 2.40. Konstruktive Interferenz

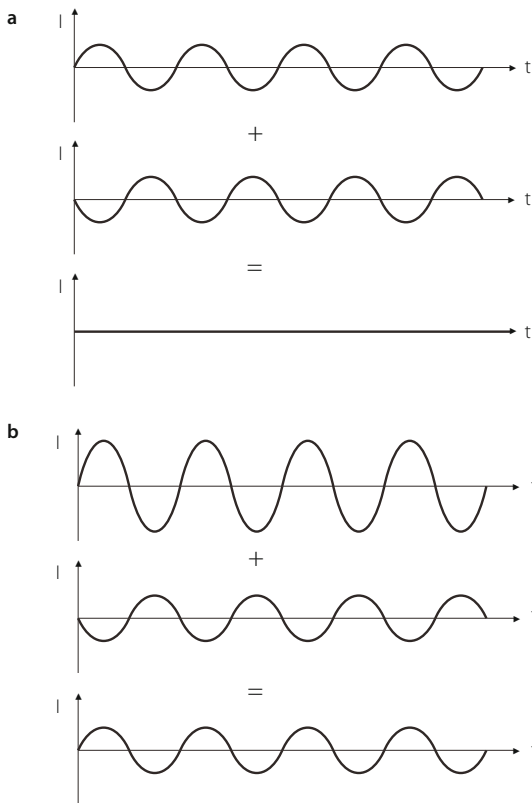


Abb. 2.41 a+b. Destruktive Interferenz: Bei gleich starken Schwingungen löschen sich die Wellenberge gegenseitig aus (a). Bei ungleich starken Schwingungen kommt es zu keiner vollständigen Auslöschung (b).

Modulierter Wechselstrom

Werden zwei Wechselströme mit gleicher Amplitude aber leicht unterschiedlicher Frequenz gemischt, wechseln sich konstruktive und destruktive Interferenz ab. Der entstandene Wechselstrom schwankt in seiner Stärke, ist also **moduliert** (s. Abb. 2.42). Es gelten hier die gleichen Modulationsarten wie im Kapitel „Pulsierender Gleichstrom“ (s. S. 30 ff.).

Die Modulationsfrequenz ergibt sich ebenfalls aus dem Unterschied zwischen den Frequenzen der beiden erzeugenden Schwingungen und wird bei mittelfrequentem Wechselstrom als **Schwebung** bezeichnet.

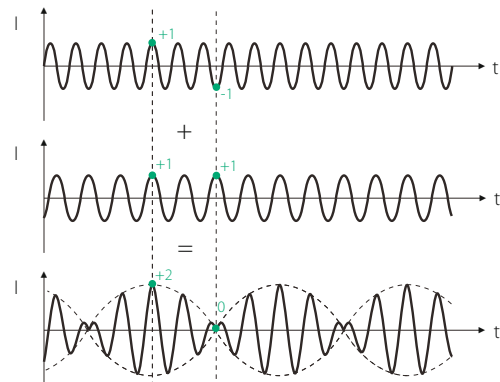


Abb. 2.42. Die Modulationsfrequenz ergibt sich aus der Differenz zwischen den beiden erzeugenden Schwingungen (Schwebungen).

Die **Modulationstiefe** der resultierenden Schwingung hängt vom Intensitätsverhältnis der ursprünglichen Schwingungen ab: Sind diese gleich stark, beträgt die Modulationstiefe 100 %, ist die eine nur halb so stark wie die andere, beträgt die Modulationstiefe 50 % (s. Abb. 2.43 und 2.44).

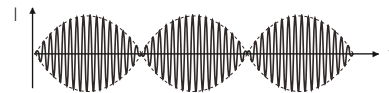


Abb. 2.43. 100 %ige Modulationstiefe bei Überlagerung von Schwingungen gleicher Intensität (Amplitudenmodulation)

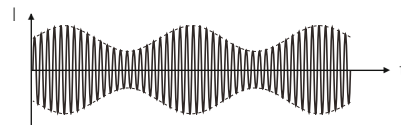


Abb. 2.44. Überlagerung von Schwingungen verschiedener Intensitäten: Ist eine Schwingung halb so stark wie die andere, beträgt die Modulationstiefe 50 %.

Gitarristen nutzen das Prinzip der Schwebung zum Stimmen ihres Instruments: Zwei Saiten, auf den gleichen Ton abgegriffen und gleichzeitig angerissen, klingen homogen. Sind sie leicht gegeneinander verstimmt, so ist deutlich eine Modulation in der Lautstärke des Gesamtones hörbar, die umso langsamer wird, je weniger die Saiten gegeneinander verstimmt sind.

Beispiel:

- Frequenz von Strom 1 = 4000 Hz
- Frequenz von Strom 2 = 4100 Hz

Daraus ergibt sich:

- Frequenz des resultierenden Stroms (Mittelwert der Ursprungsschwingungen):

$$\frac{4000 \text{ Hz} + 4100 \text{ Hz}}{2} = 4050 \text{ Hz}$$

- Schwebungsfrequenz (Differenz der Ursprungsschwingungen):

$$4100 \text{ Hz} - 4000 \text{ Hz} = 100 \text{ Hz}$$

In der Elektrotherapie wird das Prinzip der Interferenz beim so genannten **Interferenzstrom** genutzt (s. Kap. 8.3.2). In diesem Fall werden zwei mittelfrequente sinusförmige Wechselströme mit leicht differierender Frequenz appliziert. Im Körper des Patienten überlagern sich die Wechselströme und ein modulierter Wechselstrom entsteht dort, wo beide Ströme fließen.

2.3.4 Hochfrequenz

Mit Hochfrequenz wird in der Elektrotherapie der Frequenzbereich ab 100 kHz (Edel: 300 kHz, 1990) bezeichnet.

Wellen und Wellenlängen

Breitet sich eine Schwingung im Raum aus, so spricht man von einer **Welle**. Wichtigstes Merkmal einer Welle ist die **Wellenlänge**. Sie bezeichnet den Abstand zwischen zwei Bergen bzw. Tälern der Welle und wird meistens mit dem Symbol λ bezeichnet (s. Abb. 2.45).

Die Wellenlänge ergibt sich aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle und ihrer Frequenz (s. Abb. 2.45):

- Je schneller sich die Welle ausbreitet, desto größer ist die Wellenlänge.
- Je höher die Frequenz, desto kleiner die Wellenlänge.

Zur Berechnung der Wellenlänge dient folgende Gleichung:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ : Wellenlänge in m

f : Frequenz in Hz = 1/s

c : Ausbreitungsgeschwindigkeit in m/s

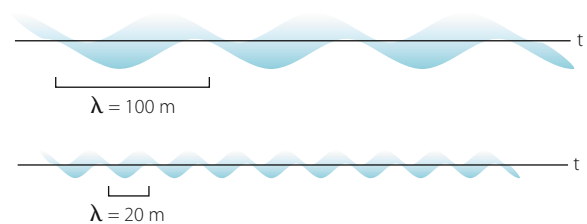


Abb. 2.45. Wellen unterschiedlicher Wellenlänge

Radiowellen

Ist ein elektrischer Leiter mit einer Spannungsquelle verbunden, die eine Wechselspannung mit einer sehr hohen Frequenz liefert, wirkt er als Sendeantenne: **Elektromagnetische Wellen** lösen sich von ihm ab und pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit im Raum fort.

Die therapeutische Anwendung der Hochfrequenz erfolgt im Gegensatz zu den vorangegangenen Stromformen daher nicht mehr direkt über Elektroden, sondern in Form elektromagnetischer Wellen bzw. Wechselfelder (s. Kap. 8.4.1).

Die elektromagnetischen Wellen erzeugen nach dem Prinzip der Induktion wiederum elektrische Wirbelströme im Körper, die zur Freisetzung von Wärmeenergie führen. Auf diesem Prinzip beruht auch der Mikrowellenherd.

Kurzwelle

Als Kurzwelle wird im Allgemeinen der Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz bezeichnet, das entspricht Wellenlängen von 10 bis 100 Metern. Da diese Frequenzen auch für viele andere Zwecke, v. a. Funkverkehr und Radio, genutzt werden, wurde für die Elektrotherapie eine eigene feste Frequenz festgelegt. Diese beträgt 27,12 MHz, daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 11,06 m.

Dezimeterwelle

Als Dezimeterwellen werden elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen im Bereich von 10 bis 100 cm bezeichnet. Das entspricht Frequenzen von 300 bis 3000 MHz.

Da in diesem Bereich vor allem Fernsehen übertragen wird, ist für die Elektrotherapiegeräte eine feste Frequenz

von 433,92 MHz, entsprechend einer Wellenlänge von 69 cm festgelegt.

Mikrowelle

Mikrowellen haben eine Wellenlänge von 1 mm bis 30 cm, das entspricht Frequenzen von 19,6 bis 5880 MHz.

Um Störungen des Funkverkehrs zu vermeiden, sind elektrotherapeutisch eingesetzte Mikrowellen auf eine Frequenz von 2450 MHz festgelegt, daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 12,5 cm.

2.4 Licht

Als Licht wird elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 10 Nanometer (nm) und ca. 10 Mikrometer (µm) bezeichnet. Liegt die Wellenlänge zwischen ca. 400 und 780 nm, ist die Strahlung für das menschliche Auge sichtbar.

Infrarotstrahlung

Als Infrarot wird elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 780 nm und 0,4 mm bezeichnet. Damit schließt sich der Wellenlängenbereich direkt an das langwellige, rote Ende des sichtbaren Bereichs an (infra = Anteil **unterhalb** des sichtbaren Lichts).

Das Spektrum des Infrarotlichts wird in drei Bereiche unterteilt:

- ▶ **IR-A:** 1400–780 nm
- ▶ **IR-B:** 3000–1400 nm
- ▶ **IR-C:** 1–0,003 mm (105–3000 nm)

Die Erzeugung von Infrarotlicht erfolgt mit Infrarotlampen oder Infrarotstrahlern. Diese besitzen eine elektrische Heizwendel bzw. einen Glühdraht und emittieren (lat. emittere: aussenden) üblicherweise einen kleinen Anteil sichtbares rotes Licht.

Ultraviolettstrahlung

Als Ultraviolett wird elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 10 und 400 nm bezeichnet. Damit schließt sich der Wellenlängenbereich direkt an das kurzwellige, violette Ende des sichtbaren Bereichs an (ultra = Anteil **oberhalb** des sichtbaren Lichts).

Der Bereich des Ultraviolettlichts wird unterteilt in:

- ▶ **UV-A:** 400–320 nm
- ▶ **UV-B:** 320–280 nm
- ▶ **UV-C:** < 280 nm

Ultraviolettstrahlung wird vor allem mit Gasentladungslampen, die mit einer Quecksilberdampffüllung versehen sind, erzeugt.

Laser

Laser sind Lichtquellen, die auf einem grundsätzlich anderen Prinzip der Lichterzeugung als konventionelle Lichtquellen beruhen. Sie können, je nach Bauart UV-, sichtbares oder Infrarotlicht abgeben.

Der Begriff Laser ist die Abkürzung für **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** („Lichtverstärkung durch induzierte Strahlungsemission“). Atome bzw. Moleküle werden in einen energiereichen „angeregten“ Zustand versetzt und geben ihre Energie, indem sie wieder ihren energieärmeren, stabilen Grundzustand einnehmen, in Form von Licht wieder ab. Das so entstehende Licht unterscheidet sich in mehreren Eigenschaften von gewöhnlichem Licht von Sonne, Glühlampen o. ä.:

- ▶ Es ist extrem gebündelt. Ein Laserstrahl lässt sich daher auf einem extrem kleinen Fleck fokussieren. Dadurch ist es möglich, eine sehr hohe Lichtenergiemenge auf einen kleinen Punkt zu konzentrieren.
- ▶ Es besitzt nur eine genau definierte Wellenlänge.
- ▶ Alle Schwingungen des Laserlichts haben die gleiche Phasenlage, d. h. sie schwingen an einer bestimmten Stelle alle im gleichen Takt.

Die Lichtleistung der Laser wird in Watt angegeben. Das entspricht der Gesamtenergie aller Photonen, die in einer Sekunde austreten.

Hinweis: Diese Watt-Angabe der Laser ist nicht mit der auf einer Glühlampe zu verwechseln!

In der Physiotherapie werden zwei Lasertypen verwendet:

▶ Helium-Neon-Laser:

Helium-Neon (He-Ne)-Laser emittieren intensiv rotes Licht mit einer Wellenlänge von 632 nm. Ihr Licht wird kontinuierlich emittiert. Sie sind für den medizinischen Bereich in Leistungen zwischen 10 und 500 mW erhältlich.

▶ Gallium-Arsenid-Laser:

Gallium-Arsenid (Ga-As)-Laser zählen zu den Halbleiterlasern. Sie sind kostengünstiger als He-Ne-Laser. Ihr Licht liegt mit 904 nm Wellenlänge im Infrarotbereich und ist damit unsichtbar. Das Licht eines Ga-As-Lasers wird pulsierend emittiert. Dies bedeutet eine zusätzliche Gefahr für die Augen, da der Strahl nicht wahrgenommen werden kann. Die verfügbaren Leistungen im medizinischen Bereich liegen zwischen 10 und 500 mW.



VORSICHT

Sicherheitshinweise für Laserstrahlung

- Laserstrahlung kann eine erhebliche Gefahr für die Augen, bei höherer Intensität auch für die Haut, darstellen. Laser sind daher je nach Leistung und Wellenlänge in Klassen eingeteilt. Die in der Physiotherapie verwendeten Laser entsprechen den Laserklassen 1 bis maximal 3b. Während von Lasern der Klasse 1 und 2 nur geringe Gefahren ausgehen, können Laser der Klassen 3 die Augen innerhalb von Sekundenbruchteilen zerstören. Schon ein kurzer Blick in den Strahl oder ein Reflex, beispielsweise vom glänzenden Rand der Behandlungsliege, können die Netzhaut zerstören!
- Für einen ordnungsgemäßen Betrieb der Laser sind die einschlägigen Bestimmungen unbedingt zu beachten. Diese finden sich vor allem in der GUV 2.20 „Laserstrahlung“, sowie in der DIN EN 60601-2-22 „Medizinische elektrische Geräte; Teil 2: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von diagnostischen und therapeutischen Lasergeräten“.

2.5 Schallwellen

Wird Luft oder ein anderes Material wie Metall, Wasser oder Gewebe in schnelle Schwingungen versetzt, pflanzen sich diese Schwingungen innerhalb des Materials wellenförmig fort. Dies wird als Schall bezeichnet.

Schallwellen mit Frequenzen zwischen ca. 20 und ca. 16000 Hz sind für Erwachsene akkustisch wahrnehmbar. Niedrigere Frequenzen werden als Infraschall, höhere als Ultraschall bezeichnet.

Schallwellen breiten sich erheblich langsamer als elektromagnetische Wellen aus, in Luft benötigt der Schall für einen Kilometer ca. drei Sekunden.

Da die Laufzeiten von Schall aus diesem Grund recht groß sind, lässt sich auf diese Weise die Entfernung einer Bergwand leicht bestimmen: Kommt das Echo nach sechs Sekunden wieder zum Jodler zurück, musste der Schall offenbar zwei Kilometer zurücklegen. Die Wand ist dann einen Kilometer entfernt (vgl. auch Kap. 2.3.4, Wellen und Wellenlängen).

Ultraschall

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

Bei der Ultraschalltherapie werden Frequenzen von 800 kHz, 1 MHz und 3 MHz 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, der so genannten „Kopplung“, wird ein Kopplungsmedium in Form von Öl, Glycerin, Wasser oder Gel eingesetzt.

Im Körper entstehen infolge des eingekoppelten Ultraschalls Wellen, die zu einer rhythmischen Kompression und Expansion des Gewebes in der Frequenz des Ultraschalls führen. Die dabei auftretenden Drücke betragen bei einer für die Ultraschalltherapie typischen Intensität von 1 W/cm² etwa 1,7 bar, das entspricht ungefähr dem Druck in einem Autoreifen. Die Bewegung der Teilchen im Körper in Folge der Schwingung ist minimal: Sie liegt im Bereich von einem Millionstel Millimeter.

Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls in verschiedenen Medien	
Weichteilgewebe	1600 m/s
Knochen	4000 m/s
Wasser	1500 m/s
Luft	331 m/s

Erzeugung von Ultraschall: Piezoelektrischer Effekt

Werden Kristalle oder polykristalline Stoffe (z. B. Quarz, Blei-Zirkonat-Titanat, Barium-Titanat) komprimiert, verschiebt sich in ihrem Inneren die Anordnung der positiven und negativen Ladungen. Dadurch entsteht pro Kristallzelle eine minimale elektrische Spannung. Auf Grund der regelmäßigen Struktur des Kristalls und der hohen Anzahl von Kristallzellen in einem realen Kristall addieren sich diese kleinen Spannungen zu einer u. U. sehr hohen Spannung zwischen den Außenflächen des Kristalls: Das Prinzip des Elektrozünders im Feuerzeug und vieler Mikrofone. Die Bezeichnung „piezoelektrischer Effekt“ stammt von griech. „piezein“ für drücken.

Der Effekt ist umkehrbar: Wird an die Außenseiten eines solchen Kristalls eine elektrische Spannung angelegt, zieht er sich minimal zusammen oder expandiert, je nach Polung der Spannung. Da dies sehr schnell vonstat-

ten geht, kann ein solcher Kristall als Erzeuger von Ultraschallwellen verwendet werden. An die Flanken wird eine Wechselspannung der gewünschten Frequenz angelegt und der Kristall beginnt, in der gleichen Frequenz zu schwingen.

Die Schwingung des Kristalls kann über eine Membran an die Luft abgegeben werden oder z. B. direkt auf die Haut und damit den menschlichen Körper übertragen werden (s. Abb. 2.46).

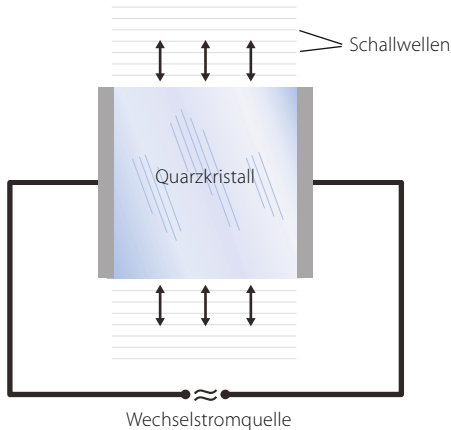


Abb. 2.46. Der piezoelektrische Effekt: Ein Quarzkristall gibt bei Kontakt mit Wechselstrom in der gleichen Frequenz Schallwellen ab.

Reflexion und stehende Wellen

Wellen können von bestimmten Gegenständen (Hindernissen) reflektiert werden. Bei Schall ist dieser Effekt von Echo und Hall gut bekannt.

Reflektoren für Schall sind vor allem harte Gegenstände. Elektromagnetische Wellen werden vor allem von elektrischen Leitern reflektiert.

Trifft eine Welle auf ein reflektierendes Hindernis, wird sie so wie eine Billardkugel an der Bande in dem Winkel reflektiert, in dem sie auf das Hindernis getroffen ist, d. h. es gilt die Regel (s. Abb. 47 a+b):

$$\text{Einfallswinkel } (\alpha) = \text{Ausfallswinkel } (\beta)$$

Aus dieser Gesetzmäßigkeit ergibt sich, dass eine Welle, die genau im rechten Winkel auf eine reflektierende Fläche fällt, in die Richtung zurückgeworfen wird, aus der sie kommt. Dies entspricht der Alltagserfahrung, dass ein Ball, der gegen eine quer stehende Wand geworfen wird, wieder zum Werfenden zurückfliegt.

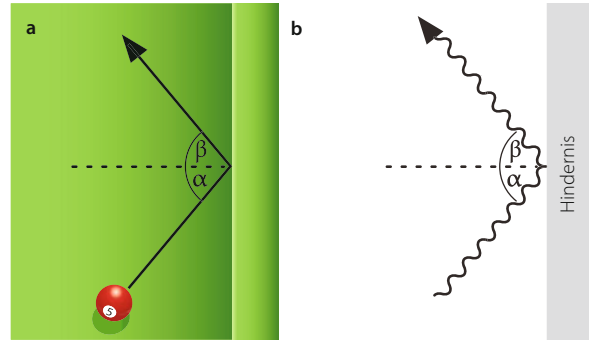


Abb. 2.47 a+b. Reflexion einer Billardkugel an der Bande (a), Reflexion einer Welle an einem Hindernis (b)

Trifft eine Welle auf ein Hindernis und wird genau in die Richtung zurückreflektiert, aus der sie kommt, überlagern sich die hinlaufende und die reflektierte zurücklaufende Welle. Unter bestimmten Bedingungen kann es dann zur Ausbildung einer **stehenden Welle** kommen: An einigen Stellen löschen sich die hinlaufende und die rücklaufende Welle aus, an anderen verstärken sie sich maximal (s. Abb. 2.48).

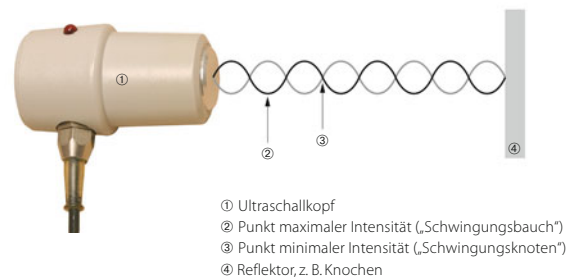


Abb. 2.48. Bei der Ultraschallbehandlung kann es zu stehenden Wellen kommen, die leicht zu Verbrennungen des Gewebes (Reflektor) führen können.

Dies entspricht einem Hüpfschliff, das an einer Wand befestigt und mit der Hand am anderen Ende in Schwingungen versetzt wird: Im richtigen Takt angeregt, bilden sich in der Mitte große Schwingungen, die erheblich stärker sind als die Bewegungen der Hand. Passt der Takt der „Anregung“ nicht zum Abstand zwischen Hand und Wand, sind die sich ergebenden Schwingungen erheblich kleiner.

Dieser Effekt führt zu einer Gefahr bei der Ultraschallbehandlung: Läuft eine Ultraschallwelle durch das Gewebe, wird sie von darin befindlichen harten Teilen reflektiert, in der Praxis also vor allem von Knochen und Metallimplantaten, aber auch an den Grenzschichten zwischen Fettgewebe und Muskulatur sowie Muskulatur und

Knochengewebe. Passt nun die Frequenz des Ultraschalls genau zum Abstand zwischen Ultraschallkopf und Knochen, bildet sich unter Umständen eine stehende Welle aus: An einigen Stellen im Gewebe wächst die Ultraschallintensität erheblich über die vom Schallkopf ausgesendete Intensität an und die resultierende Wärmeentwicklung führt innerhalb kurzer Zeit zu inneren Verbrennungen des Gewebes.

Um dies zu verhindern ist es daher wichtig, den Ultraschallkopf während der gesamten Behandlungszeit zu bewegen. Da sich dadurch der Abstand zwischen Knochen und Schallkopf fortlaufend verändert, kann sich eine stehende Welle nur für eine sehr kurze Zeit ausbilden und daher keine Schädigungen hervorrufen.



ZUSAMMENFASSUNG

Struktur der Materie

- Materie ist aus Atomen aufgebaut. Atome bestehen aus **Elektronen, Protonen und Neutronen**.
- Zwei oder mehrere Atome können eine chemische Verbindung eingehen: es entsteht ein **Molekül**.
- Atome können Elektronen aufnehmen oder abgeben: Sie werden zu positiv oder negativ geladenen **Ionen**.

Elektrische Eigenschaften der Materie

- Voraussetzung für einen Stromfluss ist ein geschlossener Stromkreis. Er besteht aus einer Spannungsquelle, zwei leitenden Verbindungen und einem Verbraucher.
- Die Größe des Widerstands und die Höhe der Spannung an der Spannungsquelle bestimmen die Stärke des Stromflusses in Ampere (Ohmsches Gesetz).
- Mehrere Widerstände können in Serie oder parallel miteinander verschaltet werden.
- Widerstände können Ohmsche Widerstände, kapazitive Widerstände (Kondensator) oder induktive Widerstände (Spule) sein.



ZUSAMMENFASSUNG

Stromformen in der Elektrotherapie

- Gleichstrom ist ein konstant fließender Strom.
- Pulsierender Gleichstrom (Niederfrequenz) wird in der Elektrotherapie als Reizstrom verwendet. Wichtige Charakteristika sind Impulszeit und Pausenzeit.
- Mittelfrequenter Wechselstrom verläuft sinusförmig und besitzt eine Frequenz zwischen 1 und 100 kHz. Auch diese Stromform wird als Reizstrom eingesetzt.
- Die Parameter von Reizströmen können langsam verändert werden (**Modulation**).
- Überlagern sich Schwingungen mit ähnlicher Frequenz, spricht man von **Interferenz**. Dieses Prinzip wird beim so genannten Interferenzstrom genutzt.
- Hochfrequenzstrom (HF) besitzt eine Frequenz von über 100 kHz. Hier breiten sich elektromagnetische Wellen in den Raum aus. HF wird unterteilt in Kurzwelle, Dezimeterwelle und Mikrowelle.
- **Licht** ist elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge von 10 nm bis 10 mm. Sichtbares Licht hat eine Wellenlänge von 400 bis 780 nm. Infrarotstrahlung besitzt eine Wellenlänge oberhalb des sichtbaren Lichts, die Wellenlängen der Ultraviolettstrahlung liegen darunter. Laser sind Lichtquellen, die gebündeltes Licht mit genau definierter Wellenlänge und gleicher Phasenlage erzeugen.
- Als **Ultraschall** werden Schallwellen oberhalb des hörbaren Bereichs (> 20 kHz) bezeichnet.



ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Woraus besteht ein Atom?
- Welche Bindungsarten zwischen Atomen gibt es und wie unterscheiden sie sich?
- Beschreiben Sie den Aufbau des Periodensystems!
- Was ist ein Ion?
- Welcher Teil eines Atoms beeinflusst dessen chemisches Verhalten?
- Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit Strom fließt?
- Wie ist Strom definiert?
- Welche Möglichkeiten der „Herstellung“ von Strom gibt es?
- Beschreiben Sie die Funktion eines Kondensators und einer Spule!
- Nennen Sie die wichtigsten Unterschiede zwischen einer Serien- und einer Parallelschaltung!
- Was ist Induktion, wie kann im Körper Strom induziert werden?
- Welche Gefahren drohen, wenn der Ultraschallkopf nicht bewegt wird und warum?
- Was geschieht im Körper, wenn Hochfrequenz appliziert wird?
- Was ist Modulation, wie und warum wird sie in der Elektrotherapie verwendet?
- Wie entsteht Interferenz, was hat sie mit Modulation gemeinsam?
- Wie verändert sich der Stromfluss durch den Körper bei gleichbleibender Spannung, wenn der Hautwiderstand sinkt?
- Warum ist die sensible Belästigung bei gleichem Stromfluss bei Mittelfrequenz geringer als bei Gleichstrom?
- Was ist elektrische Leistung, und wie kann man sie berechnen?
- Wie ist allgemein der Stromverlauf bei Reizstrom, wie bei Mittelfrequenz?
- Wie unterscheidet sich die elektrotherapeutische Anwendung von Mittelfrequenz in der Praxis von den Hochfrequenzanwendungen?
- Was ist Licht physikalisch, wie wird Infrarot-, UV- und sichtbares Licht üblicherweise erzeugt?
- Was ist beim Einsatz von Lasern zu beachten?

Grundlagen der Elektrotherapie

Werner Wenk

- 3.1 Elemente und Funktionen eines Elektrotherapiegräts – 42**
- 3.2 Elektrodenarten – 44**
- 3.3 Regeln zur Polung der Elektroden – 48**
- 3.4 Applikationsformen der Elektroden – 49**
 - 3.4.1 Allgemeine Applikationen – 49
 - 3.4.2 Applikationen an Extremitäten und peripheren Gelenken – 49
 - 3.4.3 Applikationen im Bereich der Wirbelsäule – 51
- 3.5 Dosierung des Stroms – 52**



LERNZIELE

Kenntnisse über

- Aufbau und Funktion eines Elektrotherapiegeräts
- Elektrodenarten und Polung der Elektroden
- Applikationsformen und Dosierung

3

3.1 Elemente und Funktionen eines Elektrotherapiegeräts

► Strom- oder Programmwahlknopf:

Auswahl der Stromart. Bei modernen programmgesteuerten Geräten wird häufig an Stelle der Stromart nur noch die Indikation angegeben.

► Stromformwahlknopf:

Auswahl zwischen Dreieck- und Rechteckstrom bei Lähmungsbehandlung

► Impuls- und Pausenzeitwahltaste:

Zur selektiven Einstellung können Impuls- und Pausenzeit unabhängig voneinander eingestellt werden, wie es bei der Lähmungsbehandlung (s. Kap. 9.14.2) notwendig ist.

► Polwender:

Umkehrung der Polarität des Behandlungsstroms. Ist kein Polwender vorhanden, müssen die Stecker an den Elektroden vertauscht werden, um die Polarität zu wechseln.



VORSICHT

Vor jeder Behandlung muss die Stellung des Polwenders kontrolliert werden, da sonst eventuell eine Behandlung mit falscher Polarität stattfindet. Stellen Sie sicherheitshalber nach jeder Behandlung wieder auf Normalpolung um! Aus Sicherheitsgründen müssen Sie auch die Stellung aller anderen Schalter vor Behandlungsbeginn prüfen.

► Intensitätsregler:

Regelung der Stromstärke (je nach Gerät Taste oder Drehpotenziometer)

► Stromstärkeanzeige:

Anzeige des aktuellen Behandlungsstroms (je nach Gerät analog oder digital)

► CC/CV Schalter:

CC heißt Constant Current und bedeutet, dass unabhängig vom Hautwiderstand die Stromstärke immer auf dem vom Therapeuten eingestellten mA – Wert konstant bleibt – Die-

se Schaltung ist die Norm. Nachteil: Wenn aus irgendeinem Grund der Stromkreis unterbrochen wird, bekommt der Patient einen Stromschlag, der umso unangenehmer ist, je höher die Stromstärke ist.

CV heißt Constant Voltage und bedeutet, dass das Gerät immer eine konstante Spannung abgibt. Die Stromstärke schwankt somit je nach Hautwiderstand, was sich in einer ständigen Änderung der Stromstärkeanzeige äußert.

Der Vorteil dieser Schaltung erweist sich besonders nützlich beim Simultanverfahren: Verliert der Therapeut versehentlich den Kontakt zur Haut, bekommt der Patient keinen „Stromschlag“.



VORSICHT

Vergewissern Sie sich, ob das Gerät den Behandlungsstrom automatisch abschaltet, um nicht versehentlich zu lange zu behandeln. Schalten Sie den Strom im Zweifel immer von Hand aus!

► Zeitschaltuhr:

Gibt nach Ende der Behandlungsdauer ein akustisches Signal ab, um den Therapeuten zu informieren, dass die Behandlungszeit abgelaufen ist. Neuere Geräte (ab Baujahr 1995) schalten anschließend automatisch den Behandlungsstrom ab.

► Anschlussbuchse für das Patientenkabel:

An diese wird das Patientenkabel angeschlossen, das mit den Elektroden verbunden wird.

► Patientenkabel:

Das Patientenkabel besitzt an einem Ende einen speziellen Gerätestecker für die Verbindung zum Gerät, am anderen Ende zwei weitere Stecker zur Ankopplung an die Patientenelektroden. Letztere sind farblich gekennzeichnet: rot: Anode (Plus-Pol), schwarz oder blau: Kathode (Minus-Pol). Die Ankopplung an die Elektroden erfolgt über Reiter, aufsteckbare Ringstecker oder Krokodilklemmen. Graphitelektroden besitzen eine Aufnahmeverrichtung für die Stecker.

► Netzschalter/Netzkabel:

Netzschalter: Ein- und Ausschalten der Stromversorgung. Über das Netzkabel wird das Gerät mit Strom versorgt. Der Anschluss für das Kabel befindet sich in der Regel an der Rückfront des Geräts.

► Batterie- oder Akkufach:

Kleine, tragbare Geräte für den Heimgebrauch besitzen auf ihrer Rückseite ein Batterie- oder Akkufach, damit die Stromversorgung unabhängig vom Stromnetz gewährleistet ist.

Elektrotherapiegeräte



Altes Modell



Neues Modell

Diverse Gerätestecker



Elektrodenanschlüsse



Zur Ankopplung an die Patientenkel können verwendet werden: **1** Krokodilklemmen; **2** Ringstecker; **3** Metallreiter; **4** Plastikknopf



MEMO

Analogie:

Anordnung der elektrotherapeutischen Behandlung – Stromkreis

- Elektrotherapiegerät = Spannungsquelle
- Patientenkel = leitende Verbindung
- Patient = Widerstand (Verbraucher)



PRAXISTIPP

- Ist die Polarität der Stecker nicht eindeutig zu erkennen (z. B. andere Steckerfarbe bei repariertem Kabel), können Sie im Zweifelsfall die Polarität leicht feststellen, indem Sie beide Stecker des Patientenkel in ein Glas Wasser tauchen und den Gleichstrom einschalten. An der Kathode entstehen deutlich mehr Bläschen als an der Anode.
- Falls nach Einschalten des Geräts kein Strom fließt, sollten Sie die Patientensicherung überprüfen.

3.2 Elektrodenarten

Für jede Elektrodenart muss eine gut befeuchtete Zwischenlage (in der Regel Elektrodenschwämme aus Viskose oder Frottee) benutzt werden, damit der Strom von den Elektroden zur Haut fließen kann (s. Abb. unten).

Die Elektroden müssen am Körper des Patienten gut befestigt werden, damit sie nicht verrutschen. Hilfsmittel hierfür können sein:

- ▶ Fixierbänder (z. B. Lochgummi- oder Klettbänder)
- ▶ Sandsäcke

Die Elektroden können aber auch ohne Hilfsmittel manuell oder durch das Eigengewicht des Körpers des Patienten fixiert werden.



PRAXISTIPP

- Sie können die Zinnblechelektrode leicht selbst herstellen: Aus einer Rolle Zinnblech lassen sich Elektroden in der gewünschten Größe zuschneiden.
- Plattenelektroden sollten mit einem sehr breiten Band fixiert werden. Als Alternative können Sie ein schmales Band mehrmals nebeneinander um den Körperteil wickeln.

Plattenelektroden



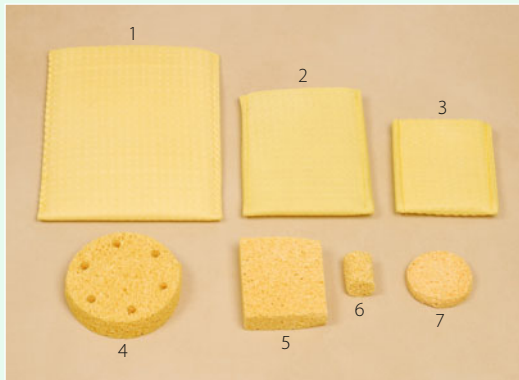
Aufbau: rechteckige Elektroden aus Zinnblech oder Graphit-Weichgummi, in verschiedenen Größen

Fixation durch: Lochgummiband, Klettband, Sandsack oder Eigengewicht des Patienten

Vorteile: gut geeignet für mittlere bis größere Behandlungsflächen; häufigste Elektrodenart

Anmerkung: Auch diese Elektroden werden nur mit Viskoseschwammmaschen verwendet (im Bild nicht dargestellt).

Elektrodenschwämme



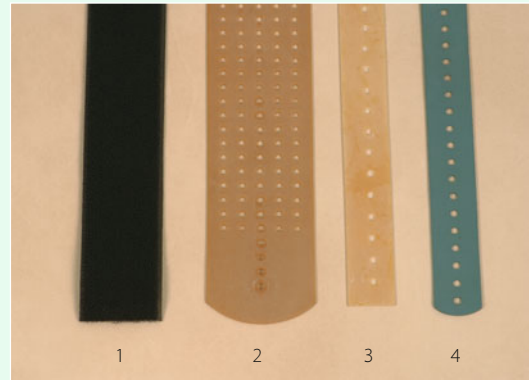
Diverse Elektrodenschwämme als feuchte Zwischenlagen:

1–3, 5 Viskoseschwammmaschen für Zinnblech- oder Weichgummielktroden

4, 7 Viskoseschwämme für Saugelktroden

6 Viskoseschwämmchen für kleine Bügelektroden

Fixierbänder



Verschiedene Bänder zur Fixierung:

1 Klettband

2–4 Lochgummibänder

Saug- bzw. Vakuumelektroden

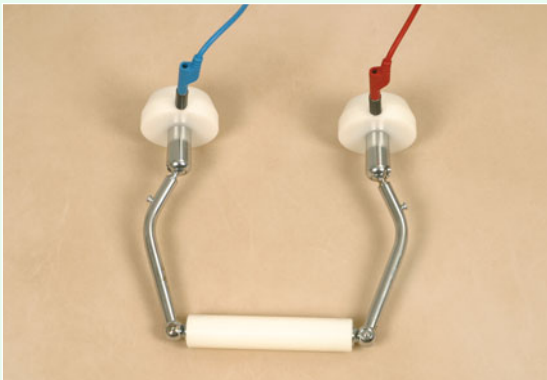


Aufbau: Saugglocke aus Kunststoff, in der ein runder Schwamm als feuchte Zwischenlage die Verbindung zur Elektrode herstellt
Fixation durch: Unterdruck mit speziellem externen Saugapparat
Vorteile: leicht anzulegen, gute Fixationsmöglichkeit insbesondere an HWS und BWS

Externes Sauggerät



Bügelelektrode mit großen Einsätzen

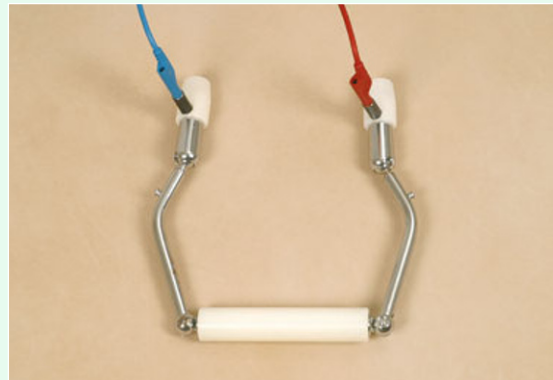


Aufbau: An den beiden Enden eines Metallbügels befinden sich Kunststoffeinsätze, mit den Elektroden darin. Als Zwischenlage werden runde Viskoseschwämmchen verwendet.

Fixation: manuell

Vorteile: gut geeignet für kleine Behandlungsflächen, segmentale Behandlungen an der Wirbelsäule oder bipolare Muskelreizungen

Bügelelektrode mit kleinen Einsätzen



VORSICHT

- Übertragt eine Elektrode die feuchte Zwischenlage oder sind die Elektrodenschwämme nur unzureichend befeuchtet, besteht Verätzungsgefahr!
- Gewährleisten Sie eine gleichmäßige Druckverteilung der Elektroden, da an Stellen mit geringem Auflagedruck der Strom als sehr unangenehm empfunden wird.
- Befinden sich Knochenvorsprünge im Behandlungsgebiet wird der Strom besonders intensiv wahrgenommen. Decken Sie daher diese Körperregionen mit genügend dicker, trockener Zwischenlage oder mit einem Pflaster ab.
- Offene Hautstellen (Kratzer, aufgekratzte Pusteln etc.) sollten Sie mit Zink- oder Vaselinealbe oder mit einem kleinen runden wasserfesten Pflaster abdecken.

Klebeelektroden (Einmalelektroden)



Aufbau: selbstklebende Metallelektrode

Fixation: durch Klebeschicht

Vorteil: leicht anzulegen

Punktelektroden

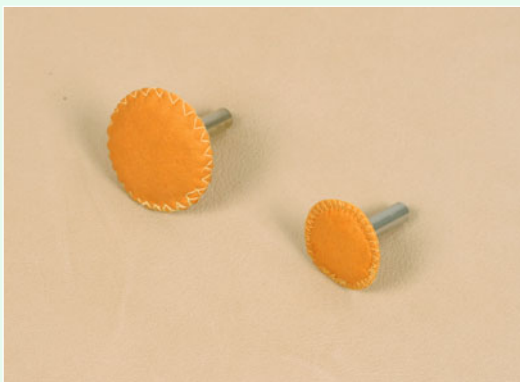


Aufbau: besitzen die Form eines Stiftes mit einer Filzolive an einem Ende

Fixation: manuell

Vorteil: geeignet für die Reizung kleiner Muskeln über Nervenreizpunkte und Muskeltriggerpunkte

Scheibenelektroden

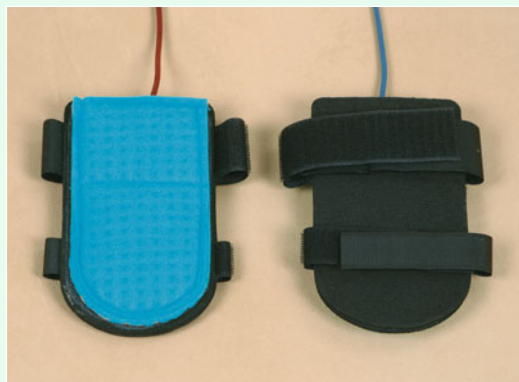


Aufbau: Metall

Fixation: mit Gummilochband

Vorteil: sehr gut geeignet für kleine Behandlungsareale

Handschuhelektroden



Aufbau: Handschuh aus Kunststoff mit einer Schwammunterlage. Über Klettverschlüsse werden die Handschuhelektroden an den Händen befestigt.

Fixation: manuell

Vorteile: Strom wird schnell an der Körperoberfläche verteilt, gut geeignet für größere Behandlungsflächen; bei mobiler Anwendung zusätzlich Massageeffekt

Rollenelektroden



Aufbau: Form einer Rolle mit einem Griff

Fixation: wird manuell über das Behandlungsgebiet geführt

Vorteile: Strom wird schnell an der Körperoberfläche verteilt, gut geeignet für größere Behandlungsflächen, zusätzlicher Massageeffekt

Spangen- oder Kopfhörerelektroden



Aufbau: Metallbügel mit kreisförmigen Elektroden an den beiden Enden

Fixation: durch die Spannung des Metallbügels selbst

Vorteil: leicht zu fixieren

Ultraschallkopf



Der Ultraschallkopf ist an sich keine Elektrode. Wird Ultraschall jedoch gleichzeitig mit Strom appliziert (s. Kap. 8.5.1, **Simultanverfahren, S.166**), dient der Schallkopf als differente Elektrode.



PRAXISTIPP

Handtuch als Elektrode

Ein nasses Handtuch wird als feuchte Zwischenlage um den zu behandelnden Körperteil gewickelt und eine Plattenelektrode darunter befestigt.

Vorteile: universell anwendbar, gleichmäßige Stromverteilung, preisgünstig, einfach herzustellen



3.3 Regeln zur Polung der Elektroden

Differente Elektrode (= Wirkelektrode)

Die Elektrode, die an der betroffenen Körperregion angelegt wird, bezeichnet man als **Wirkelektrode** oder **differente Elektrode**. Sind die Elektroden unterschiedlich groß, wird als differente Elektrode die kleinere verwendet, da unter ihr der Strom stärker fokussiert wird, folglich die Stromdichte und damit die Reizwirkung höher ist.

Bei **mobiler Applikation** (s. Kap. 3.4.1) ist die mobile Elektrode (Handschuh-, Rollen-, Punktelektrode, Ultraschallkopf) die differente Elektrode.

Indifferente Elektrode (= Bezugselektrode)

Eine zweite Elektrode dient als **Bezugselektrode**. Sie heißt deswegen auch **indifferente Elektrode**. Sie kann im Prinzip überall am Körper angebracht werden, da unter ihr keine spezifische Wirkung erfolgt.

Polung der Elektroden

Bei **Gleichstromanwendungen** wird in der Regel die differente Elektrode als Anode geschaltet, bei **Reizströmen** die Kathode.

Bei **Wechselstrom** existiert keine Polung, da sich die Stromflussrichtung laufend umkehrt.

Bei der **Iontophorese** wird, je nach Polarität des verwendeten Medikaments, die differente Elektrode entweder als Anode oder als Kathode geschaltet.

Absteigende Behandlung

Liegt die **Anode proximal der Kathode**, spricht man von einer absteigenden Behandlung. Sie besitzt eine beruhigende Wirkung auf das Nervensystem und wirkt schmerzlindernd.

Beispiel: hydrogalvanische Teilbäder, Stangerbad (vgl. Kap. 8.1.7)

Aufsteigende Behandlung

Liegt die **Kathode proximal der Anode**, spricht man von einer aufsteigenden Behandlung. Sie wirkt aktivierend auf das Nervensystem. Sie kommt dann zur Anwendung, wenn eine Erregungssteigerung erwünscht ist (z. B. Behandlung von schlaffen Lähmungen im hydrogalvanischen Teilbad).



VORSICHT

- Bei aufsteigender Behandlung an der Halswirbelsäule können leicht Kopfschmerz und Schwindel auftreten.
- Insbesondere bei Behandlungen von sehr großen Körpergebieten, bei denen eine Elektrode an der Wirbelsäule und die andere sehr weit davon entfernt liegt (Hand, Fuß, sternales Ende des Interkostalraums) sowie bei Behandlungen der Wirbelsäule direkt muss darauf geachtet werden, dass die Anode immer proximal und die Kathode distal liegt.
- Bei Behandlungen von kleineren Gebieten tritt diese Regel in den Hintergrund.

Polarität bei Querdurchströmung

Die Elektroden werden so angelegt, dass der Strom quer zur Körperachse fließt. Die Polung der differenten Elektrode ist hier im Allgemeinen ohne Bedeutung. Befindet sich das betroffene Schmerzgebiet jedoch überwiegend auf einer Seite, ist es vorteilhaft, dort die differente Elektrode zu platzieren.

Polarität bei Längsdurchströmung

Die Stromrichtung verläuft längs zur Körperachse. Die Anode sollte, wie bei einer absteigenden Behandlung üblich, immer proximal der Kathode liegen.



MEMO

Die Bezeichnung „aufsteigend“ oder „absteigend“ hat nichts mit der realen Stromflussrichtung zu tun. Diese verläuft immer von Minus nach Plus. Da der menschliche Körper aber ein Leiter 2. Ordnung ist, fließen die Elektronen nicht durch das gesamte Gebiet (wie bei metallischen Leitern üblich). Vielmehr kommt es lediglich zu einem Ladungsaustausch im Gewebe unter den Elektroden. Das Stromgefühl wird durch die Depolarisation der sensiblen Nervenendigungen ausgelöst.

3.4 Applikationsformen der Elektroden

3.4.1 Allgemeine Applikationen

Querdurchströmung

Die Stromflussrichtung ist quer zur Längsachse des zu behandelnden Körperabschnitts. Auf diese Weise werden Gelenke oder einzelne Wirbelsäulenabschnitte behandelt.

Längsdurchströmung

Die Stromflussrichtung ist parallel zur Längsachse des zu behandelnden Körperabschnitts. Auf diese Weise werden ganze Extremitäten und die Wirbelsäule behandelt, insbesondere bei ausstrahlenden Schmerzen. Meist deckt sich diese Applikation mit der Nervenstammapplikation und der vasotropen Applikation (s. Kap. 3.4.2).

Mobile Applikation

Die mobile Applikation dient der Behandlung großer Körperregionen oder der Schmerzpunktsuche sowie dem Auffinden Headscher Zonen (s. Kap. 6.3.2, S. 84 und 85).

Kennzeichen dieser Applikationsform ist eine mobile Elektrode, die über die Haut geführt wird. Die Bezugselektrode wird in der Nähe des zu behandelnden Körperteils fixiert.

Als mobile Elektroden finden Verwendung:

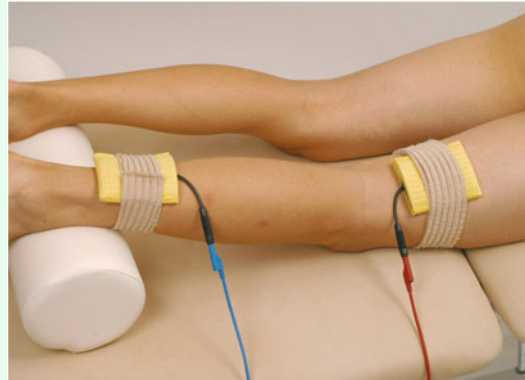
- ▶ Handschuhelektrode
- ▶ Rollenelektrode
- ▶ Ultraschallkopf
- ▶ Punktelektrode
- ▶ Bügelelektrode

Querdurchströmung



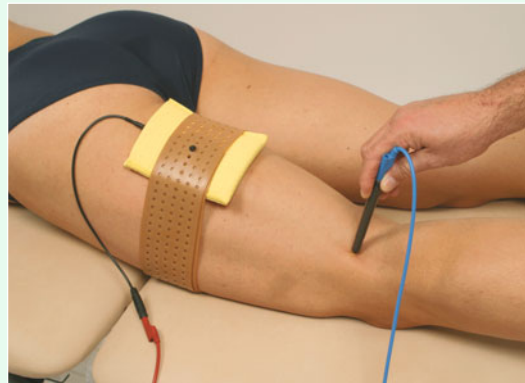
Beispiel: Querdurchströmung des Sprunggelenks

Längsdurchströmung



Beispiel: Längsdurchströmung am Bein

Mobile Applikation



Beispiel: Punktelektrode als mobile Elektrode zur Suche nach Nervenreizpunkten

3.4.2 Applikationen an Extremitäten und peripheren Gelenken

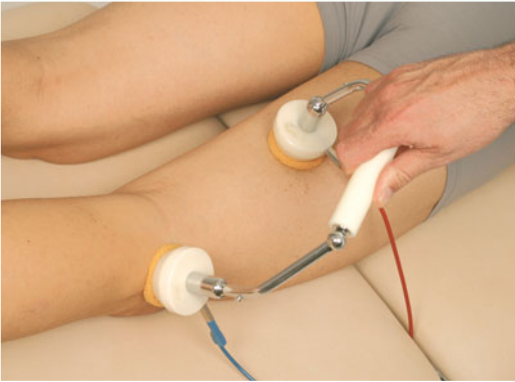
Nervenstammapplikation

Hier werden die Elektroden gezielt im Verlauf eines peripheren Nervs angelegt. Da die peripheren Nerven meistens parallel zur Längsachse verlaufen, ist diese Behandlung in der Regel eine Längsdurchströmung. Klassisches Beispiel für eine Nervenstammapplikation ist die Behandlung der Valleixschen Druckpunkte (s. Kap. 9.5.5) mit diadynamischen Strömen.

Vasotrope Applikationsform

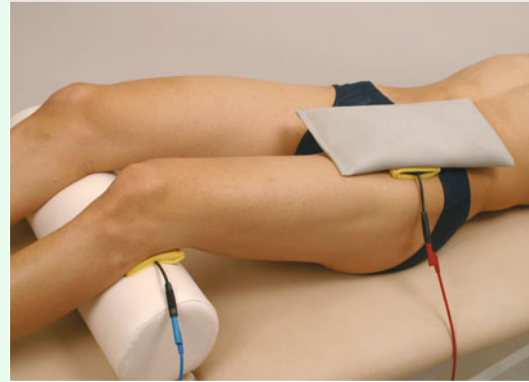
Hier werden die Elektroden gezielt im Verlauf eines peripheren Gefäßes angelegt, wodurch der Gefäßtonus durch

Nervenstammapplikation



Beispiel: Behandlung der Valleixschen Druckpunkte als Nervenstammapplikation

Vasotrope Applikationsform



Beispiel: Vasotrope Applikation am Bein, A. femoralis und A. poplitea

Schmerzpunktbehandlung



Die Schmerzpunktbehandlung erfolgt mit einer Punktelektrode.

Ganglionäre Applikation



Die Behandlung des Ganglion stellatum, Anode liegt auf dem M. trapezius

Lumenerweiterung beeinflusst wird. Zur Anwendung kommt diese Form bei Durchblutungsstörungen. Da die peripheren Gefäße meist parallel zu den großen Nervenstämmen verlaufen, ist diese Behandlung ebenfalls eine Längsdurchströmung und deckt sich bezüglich der Elektrodenanlage mit der Nervenstammapplikation.

Schmerzpunktbehandlung

Hierbei werden gezielt Schmerzbereiche, Schmerz- und Muskeltriggerpunkte lokal behandelt. Bei Anwendung von Gleichstrom wird die Anode (= differente Elektrode) auf dem Schmerzpunkt angelegt, die Kathode (= Bezugsselektrode) liegt distal der Anode; bei Verwendung von Reizströmen wird mit der Kathode (= differente Elektrode)

behandelt, die Anode (= Bezugsselektrode) liegt proximal der Kathode.

Ganglionäre Applikation

Hierbei wird die Kathode als differente Elektrode auf ein sympathisches Ganglion gelegt, um damit den Sympathikus im Sinne einer Dämpfung zu beeinflussen. Klassische Anwendung ist die Behandlung des Ganglion stellatum bei CRPS I (Complex regional pain Syndrom I = Sudeck-Syndrom), s. auch Kap. 9.2.4 und 9.10.1.

3.4.3 Applikationen im Bereich der Wirbelsäule

Alle elektrotherapeutischen Applikationen an der Wirbelsäule verfolgen zwei therapeutische Zwecke:

- ▶ direkte Behandlung der Wirbelsäule und umgebenden Strukturen
- ▶ indirekte oder einleitende Behandlung der segmental zugehörigen peripheren Strukturen

Beidseitige paravertebrale Applikation (Querdurchströmung)

▶ Multisegmental

Zwei breite Plattenelektroden werden beidseitig neben den Processus spinosi auf Höhe der austretenden peripheren Nerven platziert. Die Plattenelektroden sind so groß zu wählen, dass sie die entsprechende Anzahl von Segmenten einschließen.

▶ Monosegmental

Ein spezifisches Wirbelsäulensegment wird mit einer kleinen Bügelelektrode an der HWS, mit einer großen Bügelelektrode an der BWS oder LWS behandelt. Die Bügelelektroden liegen je auf einer Seite der Processus spinosi des zu behandelnden Segments, ca. 3–4 cm vom Processus spinosus entfernt. Die Behandlung erfolgt als Querdurchströmung.

Hinweis: Müssen mehrere Segmente nacheinander behandelt werden, beginnt man am proximalen Segment und endet am distalen.

Einseitige paravertebrale Applikation (Längsdurchströmung)

▶ Multisegmental

Zwei kleinere Plattenelektroden oder zwei große Bügelelektroden auf einer Seite der Wirbelsäule werden so angelegt, dass die zu behandelnden Segmente in Längsrichtung durchströmt werden.

▶ Monosegmental

Spezifische Segmente der HWS werden mit zwei kleinen Platten-, Klebe- oder Bügelelektroden in Längsrichtung durchströmt; spezifische Segmente der BWS und LWS werden mit zwei großen Bügelelektroden längs durchströmt.

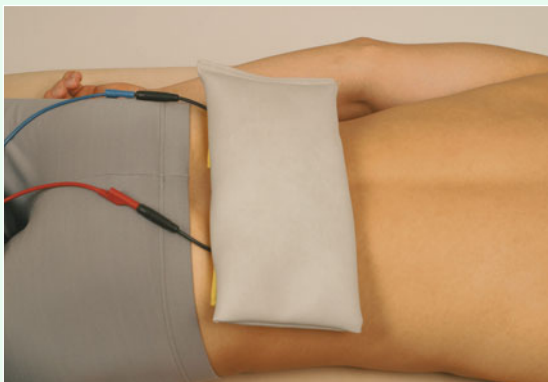
Elektrokinesie

Die Anwendung erfolgt vorwiegend an der Wirbelsäule. Der Therapeut gleitet mit einer oder zwei Handschuh-elektroden massierend über die Haut (mobile Applikation).

Wird mit nur einer Handschuh-elektrode gearbeitet, wird diese als differente Elektrode eingesetzt. Eine große Plattenelektrode dient dann als Bezugs-elektrode. Für die Polaritätsverteilung gelten die Regeln der auf- und absteigenden Behandlung sowie der Nutzung des Anelektrotonus bzw. Katelektrotonus zur Therapie (s. Kap. 4.2.4).

Verwendet der Therapeut zwei Handschuh-elektroden dienen diese als Anode und Kathode. Der Patient muss in diesem Fall den Strom selbst hoch- und herunterregeln, da der Therapeut keine Hand mehr dazu frei hat.

Beidseitige paravertebrale Applikation (Querdurchströmung)



Multisegmental

Beispiel: Behandlung von Beschwerden im Bereich der LWS



Monosegmental

Beispiel: Behandlung von Beschwerden im Bereich der LWS

Einseitige paravertebrale Applikation (Längsdurchströmung)



Multisegmental

Beispiel: Behandlung von Beschwerden im LWS-Bereich



Monosegmental

Beispiel: Behandlung von Beschwerden LWS-Bereich

Elektrokinesie



Beispiel mobile Applikation: Der Therapeut gleitet mit zwei Handschuhelektroden massierend über die Haut.

- **Stromart:** Bei Anwendung von Gleichstrom wird bei gleichem Spitzenstromwert beispielsweise eine größere Strommenge in den Körper transportiert als bei Reizstrom, da letzterer Pausenzeiten enthält (Die Effektivstromanzeige berücksichtigt diesen Effekt bereits, so dass unabhängig von der eingestellten Stromform die durch den Körper fließende Strommenge bei gleicher Anzeige auch gleich ist).

Darüber hinaus wird die Dosis von zwei **therapeutischen Parametern** beeinflusst:

- Dauer der Applikation (Behandlungszeit pro Einzelbehandlung)
- Häufigkeit der Behandlungen pro Woche



VORSICHT

- Je kleiner die Elektrode, desto größer die Stromdichte unter ihr, desto stärker das Stromgefühl des Patienten und desto vorsichtiger muss dosiert werden, da eine höhere Verätzungsgefahr besteht.
- Respektieren Sie immer die Toleranzgrenze des Patienten.
- Sensibilitätsstörungen des Patienten können dessen Wahrnehmung des Stroms beeinträchtigen!

3.5 Dosierung des Stroms

Möglichkeiten der Dosierung

Die Dosierung des elektrotherapeutischen Stroms wird durch folgende **physikalische Parameter** beeinflusst:

- **Stromstärke** (Intensität)
- **Größe der Elektroden** (je kleiner die Elektrode, desto höher die Reizwirkung auf Grund der unter ihr vorhandenen höheren Stromdichte)

Sensible und motorische Dosierungsbereiche

Auf Grund der gegebenen Verätzungsgefahr und der Anpassung an die verschiedenen Krankheitszustände (akut – subakut – chronisch), ist es sinnvoll, sich an die **allgemeinen Dosierungs- und Grenzbereiche** zu halten, die für jeden Patienten gelten (s. auch Abb. 3.1):

- ▶ **Sensibel unterschwellig:**
Der Strom wird vom Patienten nicht wahrgenommen.
- ▶ **Sensibel schwellig:**
Der Patient beginnt gerade, den Strom zu spüren.
- ▶ **Sensibel überschwellig:**
Der Patient spürt den Strom deutlich.
- ▶ **Toleranzgrenze:**
Der Strom ist für den Patienten sehr unangenehm. Wird die Toleranzgrenze überschritten, duldet der Patient die Behandlung nicht mehr. Diese Grenze ist immer zu respektieren.
- ▶ **Motorisch unterschwellig:**
Der Strom führt zu keiner Kontraktion.
- ▶ **Motorisch schwellig:**
Der Strom löst erste leichte Kontraktionen aus.
- ▶ **Motorisch überschwellig:**
Der Strom löst deutliche Kontraktionen aus.

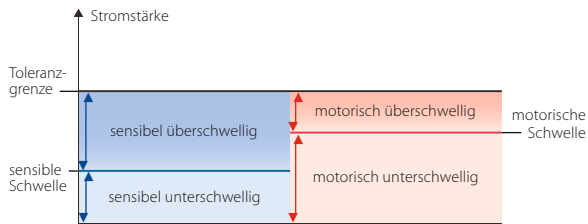


Abb. 3.1. Die sensiblen und motorischen Dosierungsbereiche

Grenzen der Dosierung

Die **maximale Stromdichte** während der Anwendung wird allgemein mit 1 mA pro cm² Elektrodenfläche angegeben.

Dieser Wert ist allerdings aus zwei Gründen für die Praxis nur als Richtwert zu verstehen: Zum einen ist es unüblich, die Fläche der Elektroden zu messen und danach die Stromstärke zu berechnen, zum anderen besitzt jeder Patient eine unterschiedliche Toleranz gegenüber Strom.

Richtlinien für die Dosierung

Das **Reizsteigerungsprinzip** nach Callies und Smolensky (1991), das ursprünglich für die Ultraschalltherapie

definiert wurde, ist generell auf jede elektrotherapeutische Methode anwendbar (s. auch Kap. 8.5.6).

- ▶ Wird bei einer anfänglichen Stromstärke kein therapeutischer Effekt erzielt, sollte zunächst die Stromstärke gesteigert werden. Nur wenn dies ohne Erfolg bleibt, wird die Behandlungszeit erhöht.
- ▶ Ist trotz Steigerung der Stromstärke und der Behandlungszeit keine Besserung zu erzielen, sollte auf eine andere Methode gewechselt werden.
- ▶ Verschlechtern sich die klinischen und subjektiven Symptome, muss die Stromstärke reduziert oder notfalls eine Reizpause von einigen Tagen eingelegt werden.
- ▶ Bei Besserung der Beschwerden wird die eingestellte Stromstärke und Behandlungszeit so lange beibehalten, bis kein nennenswerter Fortschritt mehr stattfindet.



MEMO

Als allgemeine Richtlinien für die Dosierung können folgende Hinweise gelten:

- Je akuter ein Krankheitsbild, desto
 - milder die Dosierung,
 - kürzer die Behandlungszeit,
 - häufiger die Anwendungen pro Woche.
- Je chronischer ein Krankheitsbild, desto
 - höher die Dosierung,
 - länger die Behandlungszeit,
 - seltener die Anwendungen pro Woche.
- Bei der Dosierung sollten darüber hinaus auch die Angaben bei den einzelnen Stromformen beachtet werden (s. Kap. 8).

Einflussfaktor Hautwiderstand

Wie in Kap. 2.2.1, S.22 f. beschrieben wurde, ist die Haut des Patienten auch als ein in Reihe geschalteter Widerstand zum Körpergewebe aufzufassen. Daher fällt ein Teil der zwischen den Elektroden liegenden Spannung nach dem Prinzip des Spannungsteilers an der Haut ab. Für den Patienten stellt dies eine unangenehme sensible Belästigung dar, ohne dass eine therapeutische Wirkung gegeben ist.

Es ist daher wichtig, vor jeder elektrotherapeutischen Behandlung, bei der Elektroden verwendet werden, den Hautwiderstand zu senken.

Faktoren, die den Hautwiderstand beeinflussen, sind:

- ▶ **Dicke der Plattenepithelschicht:** Um den Widerstand etwas zu senken, sollte die oberste Hautschicht mit feinkörnigem Schmirgelpapier entfernt werden.
- ▶ **Feuchtigkeit der Haut:** Je feuchter die Haut, desto geringer ist der Übergangswiderstand von den Elektroden zum Körper. Gleichzeitig fließt bei feuchter Haut der Strom jedoch an der Hautoberfläche oder innerhalb der Haut auf direktem Wege zwischen den Elektroden und verringert so die Stromstärke im Körperinneren. Der gleiche Effekt tritt bei Ödemen auf. Aus diesem Grund ist die Reizung von Muskeln in einem ödemartig veränderten Bereich sehr problematisch.
- ▶ **Fettigkeit der Hautoberfläche:** Mit einer Seifenlösung kann diese Fettschicht beseitigt werden.

Hinweis: Ein Versuch kann den Effekt des Oberflächenstroms bei feuchter Haut leicht bestätigen: Ein Muskel wird bipolar gereizt und die Stromstärke für die Minimalzuckung notiert. Anschließend wird der Körperbereich für 5–10 Minuten in ein warmes Wasserbad gelegt und danach abgetrocknet. Bei erneuter Reizung bis zur Minimalkontraktion wird die erforderliche Stromstärke deutlich höher sein, da ein Teil des Stroms direkt über die Oberfläche geflossen ist.



ZUSAMMENFASSUNG

Elektrotherapiegerät und Elektroden

- Das Elektrotherapiegerät (Spannungsquelle) versorgt den Patienten (Widerstand) mit dem benötigten Strom über spezielle Verbindungskabel (leitende Verbindung).
- Es gibt allgemeine Bedienungselemente, die jedes Gerät besitzt: Netzschalter, Stromwahltaste, Intensitätsregler, Stromstärkeanzeiger und Polwender
- Daneben gibt es spezifische Bedienungselemente, die je nach Baujahr, Gerätetyp, Herstellerfirma unterschiedlich sind: Spitzenstromknopf, Zeitschaltuhr, Frequenzwahlschalter
- Je nach Anwendung können verschiedene Elektrodenarten eingesetzt werden:
 - Die Plattenelektrode als eine Art „Allround-Elektrode“ wird mit Bändern am Körper fixiert.
 - An manchen Stellen (Hals, mittlerer BWS-Bereich bei Frauen, Leisten-, Gesäßbereich) lassen sich Elektroden schlecht mit Bändern fixieren. Hier leisten Klebe- oder Vakuumelektroden einen guten Dienst. Auch eine manuelle Fixation oder die Fixation mit Eigengewicht des Patienten ist möglich.



ZUSAMMENFASSUNG

Applikationsformen und Dosierung

- Neben der richtigen Elektrodenart ist auch die Applikationsform entscheidend für den Erfolg der Therapie:
 - Für Gelenkerkrankungen ist die Querdurchströmung, für ausstrahlende Schmerzen die Längsdurchströmung die Methode der Wahl. Die Schmerzpunktbehandlung wird mit Punktelektroden durchgeführt.
 - An der Wirbelsäule sind sowohl Quer- als auch Längsdurchströmungen einer oder mehrerer Wirbelsäulensegmente möglich.
- Für die Dosierung des Stroms gelten folgende Stufen:
 - Sensibel unterschwellig, schwellig und überschwellig
 - Motorisch unterschwellig, schwellig und überschwellig
- Als Dosierungsrichtlinie gilt: Je akuter ein Krankheitsbild, desto milder die Dosierung, desto kürzer die Behandlungszeit und desto häufiger die Anwendungen pro Woche.
- Beim Reizsteigerungsprinzip nach Callies und Smolensky werden Intensität und Behandlungszeit erst dann gesteigert, wenn sich die Symptome nicht bessern. Bei Verschlechterung der Symptome wird die Dosis wieder gesenkt.



ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Bedienungselemente besitzt ein Elektrotherapiegerät?
- Welche Elektrodenarten gibt es und wie werden Sie am Körper fixiert?
- Wie heißen die verschiedenen Schwellen und Dosierungsbereiche im sensiblen und motorischen Bereich?
- Welche Faktoren beeinflussen den Hautwiderstand?
- Welche Applikationsformen gibt es in der Elektrotherapie und wofür werden Sie benutzt?

Medizinische Grundlagen

Werner Wenk

4.1 Schmerz – 56

- 4.1.1 Was ist Schmerz? – 56
- 4.1.2 Entstehung des Schmerzes – 56
- 4.1.3 Hemmung des Schmerzes – 56

4.2 Elektrische Muskelreizung – 59

- 4.2.1 Ruhe- und Aktionspotenzial – 59
- 4.2.2 Erregbarkeit von Muskelfasern durch Strom – 60
- 4.2.3 Muskelreizungsarten – 61
- 4.2.4 Das polare Reizgesetz nach Pflüger – 64

4.3 Wirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper – 67

- 4.3.1 Wirkungen niederfrequenter Ströme – 67
- 4.3.2 Wirkungen mittelfrequenter Ströme auf erregbare Zellen – 67
- 4.3.3 Wirkungen hochfrequenter Ströme – 69

4.1 Schmerz



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die Grundlagen der Schmerzphysiologie
- die schmerzhemmenden Mechanismen

4

4.1.1 Was ist Schmerz?

Laut Definition ist **Schmerz** eine komplexe Sinneswahrnehmung unterschiedlicher Qualität, die durch Störung des Wohlbefindens gekennzeichnet ist und in ihrer chronischen Form ein eigenständiges Krankheitsbild darstellt. Darüber hinaus ist Schmerz aber auch mehr; er ist eine subjektive Empfindung und zugleich ein Gefühl, welches durch die psychische Wahrnehmung realer, aber durchaus auch vorgestellter (irrealer) Schmerzen entsteht.

4.1.2 Entstehung des Schmerzes

Schmerzrezeptoren (= Nozizeptoren) in der Haut und in anderen Geweben erkennen den Schmerz über mechanische, thermische oder chemische Reize. Von dort aus werden die Impulse über die so genannten afferenten Neurone zum zentralen Nervensystem weitergeleitet.

Afferente Neurone werden an Hand ihrer Leitungsgeschwindigkeit differenziert. Für die Weiterleitung von Schmerz sind wichtig:

- ▶ die schnell leitenden dicken A-delta-Fasern sowie
- ▶ die langsam leitenden dünnen (unmyelinisierten) C-Fasern.

A-delta-Fasern haben einen Durchmesser von 1–7 μm und sind myelinisiert. Die auch als Markscheide bezeichnete Myelinschicht besteht aus Schwannschen Zellen. Sie umhüllt die Axone der Nervenzellen und bildet damit eine Art Isolierung der Zelle. Die Myelinscheide ist in regelmäßigen Abständen durch Einschnürungen in Segmente getrennt, an denen entlang die Weiterleitung von Reizen abläuft. Ein Abbau der Myelinschicht würde für eine solche Nervenzelle den Funktionsverlust bedeuten. Die mittlere Leitungsgeschwindigkeit der A-delta-Fasern liegt bei ca. 15 m/s. Sie stellen Hautafferenzen für Temperatur und Schmerz dar und reagieren auf intensive Stimuli, wie z. B. einen Nadelstich auf der Haut, mit schnellen Reflexen und anderen Verhaltensreaktionen. Sie sind für den in den

ersten Sekunden auftretenden „hellen“ Schmerz verantwortlich.

In der Gruppe der A-Fasern gibt es weiterhin noch die **A-beta-Fasern**. Sie sind Hautafferenzen für Berührung und leichten Druck und spielen eine wichtige Rolle in der Hemmung des Schmerzes. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 8 μm , sie leiten die Impulse mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 50 m/s weiter, sind also wesentlich schneller als die schmerzleitenden Fasern einschließlich der A-delta-Fasern.

Die **C-Fasern** sind Hautafferenzen allein für Schmerzreize. Ihr Durchmesser beträgt 0,5–1 μm , ihre durchschnittliche Leitungsgeschwindigkeit liegt bei ca. 1 m/s. Sie sind damit wesentlich langsamer als die A-Fasern und vermitteln das etwas später auftretende „dumpfe“ Schmerzgefühl. Da die C-Fasern keine Myelinscheide besitzen, bezeichnet man sie als marklose Fasern.



MEMO

Die Myelinisierung und damit der Durchmesser der Nervenfasern bestimmen die Geschwindigkeit, mit der die Impulse weitergeleitet werden. Dicke Fasern leiten die nervalen Reize schnell weiter, dünne Fasern nur langsam.

4.1.3 Hemmung des Schmerzes

Wie bereits erwähnt, sind die A-beta-Fasern, die Berührungs- und Vibrationsreize übermitteln, um ein Vielfaches schneller als die schmerzleitenden A-delta- und C-Fasern.

Tritt ein Schmerz auf, werden die Reize über die A-delta- und C-Fasern zum ZNS weitergeleitet, und erst bei Ankunft im Großhirn wird die Wahrnehmung des Schmerzes bewusst. Wird nun die schmerzende Stelle mechanisch oder elektrisch gereizt, so werden diese Impulse über die A-beta-Fasern zum ZNS geleitet. Da sie aber wesentlich schneller sind als die schmerzleitenden Fasern, dominieren sie über dem langsameren Stimulus bereits an den Synapsen auf Rückenmarksebene. Dort aktivieren sie Hemmzellen, die wiederum die Weiterleitung gleichzeitig eintretender A-delta und C-Fasern hemmen. Diesen Vorgang bezeichnet man als **präsynaptische Hemmung** (s. Abb. 4.1 und Abb. 4.2). Die Folge ist, dass der Schmerz nicht mehr wahrgenommen wird.

Dazu kommen noch weitere Faktoren, die einen hemmenden oder aber auch verstärkenden Einfluss auf die Schmerzweiterleitung bewirken (Psyche, Affekt, Kognition).

Gate-Control-Theorie

Bereits 1965 fassten **Melzack** und **Wall** die Mechanismen von Entstehung und Hemmung des Schmerzes in der so genannten **Gate-control-Theorie** zusammen (Melzack und Wall, 1965). 1983 legten sie eine überarbeitete Version vor. Danach wird die Rückenmarksebene als ein „Tor“ (engl. gate) beschrieben, in dem von peripher ankommende Nervenimpulse zum zentralen Nervensystem hin umgeschaltet werden. Gleichzeitig wirken an dieser Stelle verschiedene Mechanismen ein, die die Schmerzweiterleitung kontrollieren. Dazu gehören zum einen die oben erwähnten A-beta-Fasern, die an den Synapsen mit den schmerzleitenden Fasern konkurrieren und über den Weg der präsynaptischen Hemmung den Schmerz verhindern. Zum anderen sind es absteigende Bahnen aus dem Hirnstamm, dem Mittelhirn und dem Kortex, die an diesem Tor die Schmerzweiterleitung blockieren.

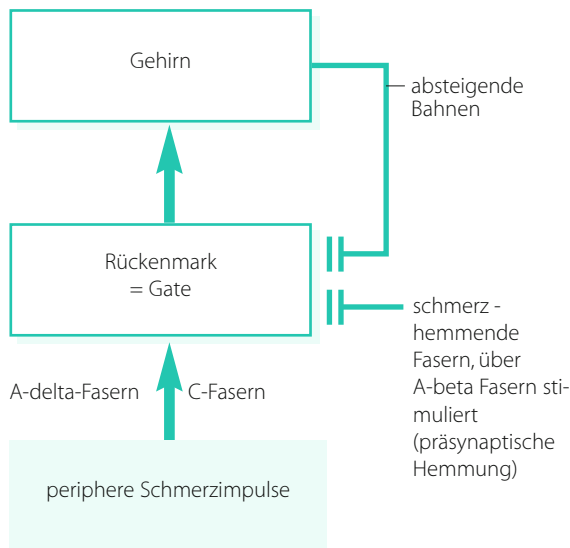


Abb. 4.1. Entstehung und Hemmung des Schmerzes nach der Gate-control-Theorie in vereinfacht dargestellter Form

Therapeutisch versucht man, die Wahrnehmung von Schmerzen mit Medikamenten bzw. mit verschiedenen physiotherapeutischen Maßnahmen zu vermindern. Medikamentös ist die Behandlung chronischer Schmerzzustände häufig sehr problematisch, da bei Einnahme

schmerzlindernder Medikamente über einen langen Zeitraum das Risiko starker Nebenwirkungen besteht.

Die elektrische Stimulierung mit z. B. niederfrequenten Reizströmen (z. B. TENS) dagegen ist eine wirkungsvolle und gefahrlose Möglichkeit der Schmerzlinderung. Die elektrotherapeutische Behandlung führt dazu, dass je nach Behandlungsfrequenz eines der zwei körpereigenen schmerzhemmenden Systeme (s. S. 58) aktiviert wird, ohne dass mit schweren Nebenwirkungen zu rechnen ist. Die Reizung muss dabei nicht unmittelbar im betroffenen Gebiet stattfinden, sie kann auch in benachbarten bzw. in weiter entfernt liegenden Gebieten erfolgen.

Hemmsysteme

Es werden drei Hemmsysteme unterschieden:

1. Segmentales präsynaptisches Hemmsystem

Darunter versteht man das oben bereits beschriebene segmentale präsynaptische Hemmsystem im Hinterhorn des Rückenmarks (Gate-control-Theorie); in der Physiotherapie auch bekannt unter den Namen „**Verdeckungseffekt**“, „**Gegenirritationsprinzip**“ oder „**laterale Schmerzhemmung**“.

Diese Reizung bewirkt eine **Erregung der Hemmzellen der Substantia gelatinosa (HZdSG)**, die daraufhin Enkephaline und Dynorphine freisetzen und die Weiterleitung gleichzeitig eintretender nozizeptiver Impulse aus den A-delta-Fasern und C-Fasern hemmen.

Dieser Hemmmechanismus findet vor der Weiterleitung der Impulse über die T-Zellen (Transmissionszellen) statt, an denen die **beiden** afferenten Bahnen konvergieren und gemeinsam über den Tractus spinothalamicus weitergeleitet werden (s. Abb. 4.2).

Das Gehirn differenziert diese beiden Reizarten anhand der Frequenzkodierung.

Schwache nozizeptive Reize werden **nicht** ins Gehirn weitergeleitet, um dieses nicht bei seinen kognitiven Leistungen zu stören. Diese Hemmung wird ständig über die auf einem gewissen Level aktiven Hemmzellen der Substantia gelatinosa über eine Art „Renshaw“ (Rückwärtshemmung) aufrecht erhalten. Die kollaterale (seitlich angeordnete) Hemmung dieser schwachen nozizeptiven Reize reicht nicht aus, um die Grundaktivität der HZdSG zu stören.

Steigen aber plötzlich die nozizeptiven Reize sehr stark an, steigt ebenfalls diese kollaterale Hemmung der HZdSG stark an, so dass diese wiederum die rückläufige Hemmung nicht mehr aufrecht erhalten kann. Somit kommt es zu einer ungehinderten Weiterleitung der nozizeptiven Impulse.

Werden nun aber die Mechanorezeptoren z. B. durch Impulsströme stark gereizt, aktivieren diese die HZdSG und heben die vorher an diesen Zellen bestandene Hemmung wieder auf. Somit wird das Tor wieder geschlossen und die nozizeptiven Impulse erreichen die T-Zelle und damit das Großhirn überhaupt nicht mehr oder nur abgeschwächt (s. Abb. 4.2).

2. Supraspinales zentrales Hemmsystem

Das supraspinale, zentrale Hemmsystem ist in der Periaquäduktregion (zentrales Höhlengrau) und in den Raphekernen des Hirnstamms lokalisiert.

Über absteigende serotonin- und noradrenalinhaltige efferente Bahnen des Hinterseitenstrangs können ebenfalls die Zellen in der Substantia gelatinosa aktiviert und damit die Unterdrückung der nozizeptiven Impulse kontrolliert werden.

Die beiden Hemmsysteme werden durch unterschiedliche elektrische Reize aktiviert:

- Das **segmentale präsynaptische Hemmsystem** wird mit Frequenzen von **80–200 Hz** und **niedriger Intensität** aktiviert.
- Die Aktivierung des **supraspinalen zentralen Systems** geschieht im Frequenzbereich **unter 10 Hz** mit relativ hohen Stromstärken im Toleranzgrenzbereich.

Die Mechanismen für die unterschiedliche Aktivierung sind noch nicht geklärt.

3. Hypophyse

Die Hypophyse setzt Beta-Endorphin in den Blutkreislauf und in den Liquor frei, so dass es im ganzen Körper seine Wirkung entfalten kann. Es hat sich gezeigt, dass durch die Steigerung von Endorphinen im Blut und Liquor die Gemütsstimmung günstig beeinflusst wird.

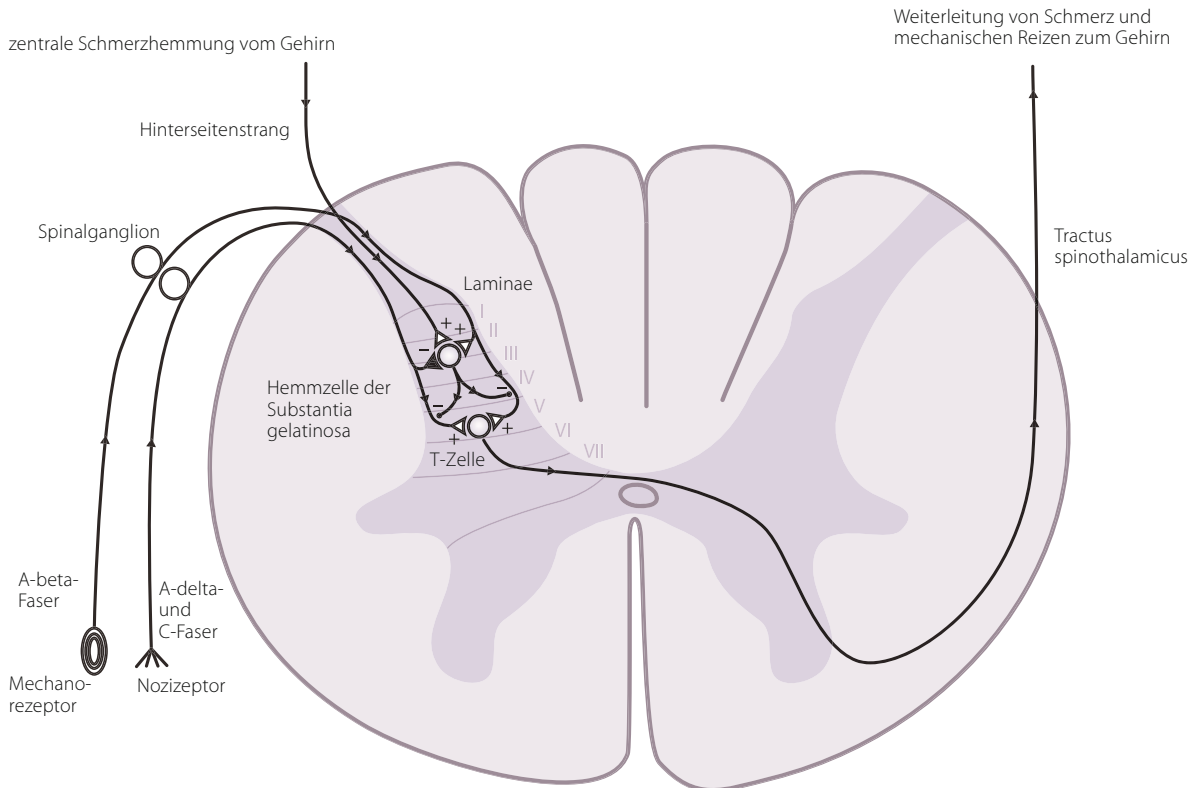


Abb. 4.2. Das segmentale präsynaptische Hemmsystem nozizeptiver Reize auf Rückenmarksebene

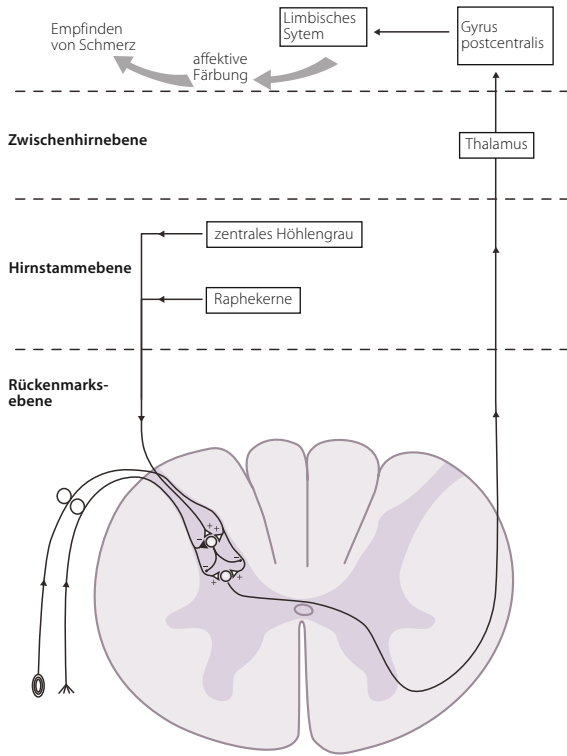


Abb. 4.3. Über endogene Opiate (Endorphine, Enkephaline), die auf Hirnstammebene ausgeschüttet und über den Hinterseitenstrang an die HZdSG weitergeleitet werden, hat das Gehirn die Möglichkeit bei Bedarf (Lebensgefahr, akutes Trauma) die Schmerzreize für eine gewisse Zeit ganz oder teilweise auszuschalten.



ZUSAMMENFASSUNG

- Die Schmerzweiterleitung von den Geweben an das ZNS über dünne Nervenfasern kann z. B. durch elektrische Reize gehemmt werden, indem Rezeptoren stimuliert werden, die ihre Information über dicke Nervenfasern zum ZNS leiten. Dabei bestimmt der Durchmesser der Nervenfasern ihre Leitungsgeschwindigkeit, d. h. dicke Fasern leiten Impulse schnell weiter, dünne Fasern leiten Impulse nur langsam weiter.
- Man unterscheidet zwei Hemmsysteme, das segmentale präsynaptische sowie das supraspinale zentrale Hemmsystem. Beide Hemmsysteme werden durch unterschiedliche elektrische Reize aktiviert.

4.2 Elektrische Muskelreizung



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die Physiologie einer erregbaren Zelle (Ruhe- und Aktionspotential)
- die elektrischen Reizparameter für eine Muskelreizung
- galvanische und faradische Reizung
- elektrotechnische Möglichkeiten der Muskelreizung
- die Entartungsreaktion eines gelähmten Muskels
- das polare Reizgesetz nach Pflüger
- das apolare Reizgesetz
- die Brennersche Zuckungsformel und ihre praktische Bedeutung

4.2.1 Ruhe- und Aktionspotenzial

Im **Ruhezustand** einer Zelle herrscht eine ungleiche Ionenverteilung zwischen Zellinnenraum und Zellaußenraum. Im Inneren der Zelle liegt eine höhere K^+ -Konzentration sowie eine niedrigere Na^+ -Konzentration als außerhalb der Zelle vor: es besteht eine **Spannungsdifferenz** zwischen innen und außen, das so genannte **Ruhepotenzial**. Im Zustand des Ruhepotenzials ist das Zellinnere gegenüber dem Zelläußeren **negativ** geladen. Verantwortlich dafür sind primär folgende physiologische Vorgänge:

- Unter Ruhebedingungen werden permanent Na^+ -Ionen aus der Zelle heraus und K^+ -Ionen in die Zelle hinein gepumpt (Na^+ - K^+ -Pumpe). Die K^+ -Konzentration ist im Zellinneren ca. 35-mal höher als außen, die Na^+ -Konzentration ca. 20-mal niedriger.
- Die Zellmembran ist für Na^+ -Ionen weniger durchlässig als für K^+ -Ionen: Eine Diffusion der Na^+ -Ionen von außen nach innen findet kaum statt. Die K^+ -Ionen jedoch diffundieren aus der Zelle heraus (hohes Konzentrationsgefälle zwischen Zellinnenraum und Zellaußenraum). Jede positive Ladung, die über die K^+ -Ionen nach außen transportiert wird, trägt zum Aufbau eines Potenzials bei. Ist das Potenzial sehr groß geworden, so wird ein weiterer K^+ -Ausstrom verhindert. Die elektrische Anziehungskraft hält die K^+ -Ionen an der Außenseite der Membran fest.
- Negativ geladene Proteine können die Zellmembran auf Grund ihrer Größe ebenfalls nur sehr schwer passieren, so

dass sie der Wanderung der K^+ -Ionen nach außen nicht folgen können. Sie bleiben an der Innenseite der Zellmembran haften.

Die Membranaußenseite ist nun positiv, die Membranınnenseite negativ geladen (s. Abb. 4.4). Das Ruhepotenzial beträgt im Allgemeinen -70 bis -90 mV.

4

Erregbare Zellen wie **Muskel- und Nervenzellen** können auf einen Reiz hin die Ionenleitfähigkeit ihrer Membran verändern, die Folge sind wesentliche Potenzialveränderungen. Ist ein Reiz stark genug, kommt es zu einem so genannten **Aktionspotenzial**. In der Nervenzelle ist dies das weitergeleitete Signal; am Muskel führt es zu einer Kontraktion.

Das Ruhepotenzial wird durch den Reiz verringert (**Depolarisation**), da die Permeabilität der Zellmembran für Na^+ -Ionen zunimmt. Das Potenzial wird also weniger negativ. Bei einer Verminderung der Membranspannung um ca. 10–20 % erreicht die Zelle das so genannte **kritische Membranpotenzial (Schwellenpotenzial)**. Die Na^+ -Permeabilität der Membran steigt um ein Vielfaches an, wodurch Na^+ -Ionen lawinenartig in die Zelle einströmen. Dadurch wiederum fällt die Membranpotenzialdifferenz stark ab und nimmt schließlich für kurze Zeit sogar einen positiven Wert an, was man als „**Overshoot**“ bezeichnet.

Nach sehr kurzer Zeit verringert sich die Permeabilität der Zellmembran für Na^+ -Ionen wieder, so dass keine weiteren Na^+ -Ionen mehr in die Zelle einströmen.

Gleichzeitig wird die Membran für K^+ -Ionen durchlässiger, sie strömen vorübergehend vermehrt aus der Zelle heraus und das Ruhepotenzial wird wieder hergestellt (**Repolarisation**).

Die K^+ -Leitfähigkeit kann manchmal noch länger andauern, es kommt zu einer **Hyperpolarisation**, d. h. zu einer Erhöhung des Ruhepotenzials. Die Erregbarkeit der Zelle ist dann für etwa 1 ms lang herabgesetzt. Während der Zeit des Aktionspotenzials von 1 ms und im Stadium der Hyperpolarisation ist die Zelle nicht erregbar (= **absolute Refraktärphase**). Insgesamt ist also die Zelle für etwa 2 ms unerregbar. Danach folgt die **relative Refraktärphase**, während dieser bedarf es eines stärkeren Reizes, um ein Aktionspotenzial auslösen zu können (s. Abb. 4.5).

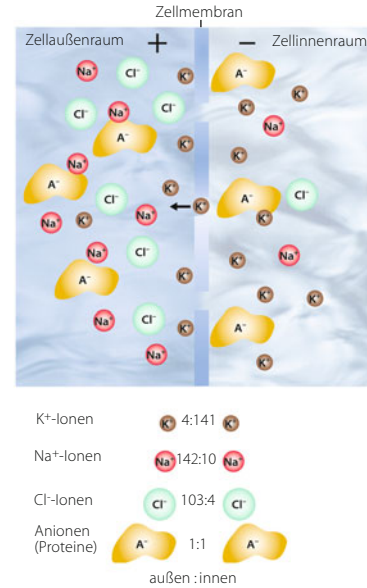


Abb. 4.4. Die Ionenverteilung in Ruhe an einer erregbaren Zelle

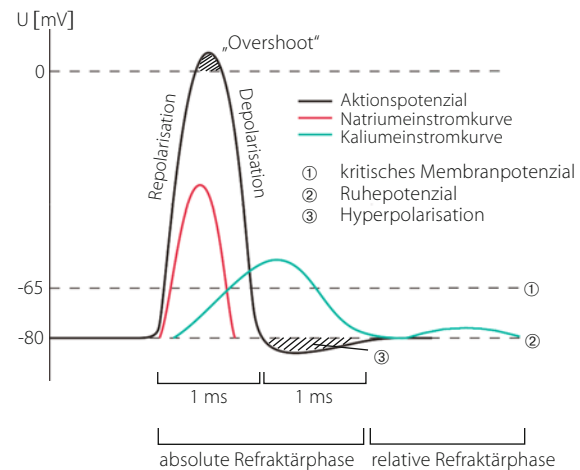


Abb. 4.5. Ruhe- und Aktionspotenzial

4.2.2 Erregbarkeit von Muskelfasern durch Strom

Eine Muskel- oder Nervenzelle kann auch künstlich von außen elektrisch gereizt werden, jedoch nur mit Strom, der – bei ausreichender Stromstärke – plötzlich ein- und wieder ausgeschaltet wird (Reiz- oder Impulsstrom). Es erfolgt eine einmalige Kontraktion.

Versuch: Theoretisch kann ein Reizstrom mit einer Rechteckform niedriger Frequenz mit folgender Versuchsanordnung erzeugt werden (s. Abb. 4.6): Eine Batterie mit genügend hoher Spannung wird mit einer von zwei Plattenelektroden, die an einem kleinen Muskel einer Person fixiert sind, verbunden. Hierbei passiert zuerst einmal nichts, da der Stromkreis noch nicht geschlossen ist und daher kein Strom fließt. Jetzt tippt man mit dem freien Stecker auf die noch nicht angeschlossene Elektrode. Die angeschlossene Person wird unverzüglich einen mehr oder minder kleinen Stromstoß spüren. Ist die Spannung hoch genug, wird der Muskel mit einer kleinen Zuckung reagieren. Wenn man den Stecker wieder entfernt, wird die Versuchsperson unter Umständen wieder einen kleinen Stromstoß spüren. Dies hängt wiederum von der Spannung ab, die die Batterie liefert und damit nach dem Ohmschen Gesetz von der Stromstärke. Tippt man in schneller Reihenfolge auf die Elektrode, so entspricht dies bereits einem Reizstrom mit einer geringen Frequenz. Da kein Behandler über längere Zeit diesen Vorgang durchführen kann, erledigt diese Aufgabe das Elektrotherapiegerät.

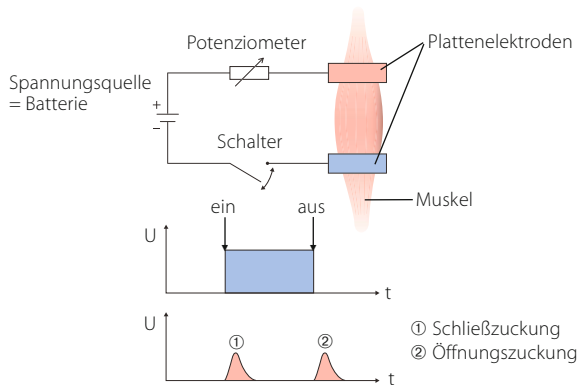


Abb. 4.6. Versuchsanordnung für die Herstellung von Reizstrom

Ein gleichmäßig fließender Strom (z. B. Stabile Galvanisation) kann ebenso wie ein sehr langsam ansteigender oder abfallender Strom (z. B. Dreieckimpuls mit einer Impulszeit von mehr als 1000 ms) **keine** Muskelkontraktion auslösen.

Dass ein gesunder Muskel bei einem solch flachen Impulsanstieg nicht kontrahiert, lässt sich folgendermaßen erklären: Die Muskelzellen haben genügend Zeit, um ihre Na^+ - K^+ -Pumpen zu aktivieren und so eine Depolarisation zu verhindern – ein Aktionspotenzial wird nicht ausgelöst. Der Muskel passt sich auf diese Weise dem Anstieg des Stromimpulses an und kontrahiert nicht. Dieser Anpassungsvorgang wird als **Akkommodation** bezeichnet. Die Fähigkeit dazu heißt **Akkomodabilität**.

Die beim Einschalten des Stroms ausgelöste Kontraktion wird nach **Pflüger** als **Schließzuckung** bezeichnet, die beim Ausschalten als **Öffnungszuckung**. Schließ- und Öffnungszuckung beim gesunden Muskel äußern sich

exakt gleich, lediglich der Strombedarf zur Auslösung einer Schließzuckung ist geringer als der zur Auslösung einer Öffnungszuckung (s. auch Kap. 4.2.4).

Um eine Zuckung an einem Muskel auszulösen, muss ein Stromimpuls folgende Parameter aufweisen:

- **Mindeststromstärke.** Diese ist bei jedem Muskel und bei jedem Individuum unterschiedlich hoch und hängt direkt von den beiden folgenden Parametern ab.
- **Mindeststromflusszeit** (Impulszeit, Impulsbreite oder Impulsdauer)
- **Mindestanstiegssteilheit**

Ein zu kurzer oder zu langsam ansteigender Stromimpuls, der keine Kontraktion am Muskel auslösen kann, wird bei Erhöhung der Stromstärke irgendwann doch noch zu einer Kontraktion führen. So sind die Mindestanstiegssteilheit und die Mindeststromflusszeit auch immer im Verhältnis zur verwendeten Stromstärke zu sehen.

Die optimalen Werte für diese Parameter können mit Hilfe der IT-Kurve (vgl. Kap. 6.3.3, S. 89 ff.) bestimmt werden.

4.2.3 Muskelreizungsarten

Jeder Muskel besteht aus tausenden einzelner Muskelfasern. Wird durch eine Reizung ein Aktionspotenzial ausgelöst, reagiert die einzelne Muskelfaser wie eine Nervenzelle nach dem „Alles-oder-Nichts-Prinzip“: Jeder Reiz bewirkt eine vollständige Kontraktion der gesamten Einzelfaser (Myofibrille). Die Kontraktionskraft einer einzelnen Muskelfaser reicht natürlich für eine Bewegung niemals aus.

Es gibt zwei Faktoren, die die Kontraktionskraft vieler tausend Myofibrillen zusammenfügen und damit eine koordinierte Muskelkontraktion steuern:

- Die **Stromstärke** bestimmt die Anzahl der kontrahierenden Muskelfasern (Myofibrillen) in der Umgebung der Elektrode, die kontrahieren.
Je höher die Stromstärke des Reizstroms, desto mehr Fasern kontrahieren. Ab einer bestimmten Stromstärke sind alle Muskelfasern kontrahiert, der Muskel hat seine Maximalkontraktion erreicht. Eine weitere Erhöhung der Stromstärke kann die Kontraktionskraft der Muskelfaser dann nicht mehr steigern.
- Die **Frequenz** des Reizstroms bestimmt, in welcher zeitlichen Folge die Einzelkontraktionen des Muskels auftreten. Dies ist sehr wesentlich für das Ergebnis der Behandlung.

Galvanische und faradische Reizung

Die Muskelreizungen werden nach der Frequenz in zwei Gruppen eingeteilt (s. Abb. 4.7):

► Galvanische Reizung

Wird mit einzelnen Gleichstromimpulsen gereizt, deren zeitlicher Abstand so groß ist, dass der Muskel zwischen den Einzelpulsen wieder zu seiner Ruhelänge zurückkehren kann, spricht man von einer galvanischen Reizung. Der Muskel reagiert auf diese Reizung mit einer Folge erkennbar getrennter Einzelzuckungen. Der Grenzwert hierfür ist eine Frequenz von ca. 10 Hz, d. h. 10 Einzelpulsen pro Sekunde.

Wird die Wiederholfrequenz der Einzelimpulse über diesen Wert gesteigert, lassen sich die einzelnen Kontraktionen zwar noch andeutungsweise voneinander unterscheiden, der Muskel kehrt zwischen den Zuckungen jedoch nicht mehr zu einer völligen Entspannung zurück. Ein **unvollkommener Tetanus** wird erzeugt.

Die dafür notwendigen Anregungsfrequenzen werden als **Schüttelfrequenzen** bezeichnet (s. auch Kap. 8.2.4). Der Frequenzbereich hierfür reicht bis etwa 30 Hz.

► Faradische Reizung

Wird die Anregungsfrequenz über ca. 30 Hz gesteigert, verschmelzen die einzelnen Zuckungen zu einer einzigen Kontraktion. Es kommt zu einem **vollständigen Tetanus**. Dies wird als faradische Reizung bezeichnet. Das Frequenzoptimum hierfür liegt bei ca. 50 Hz.

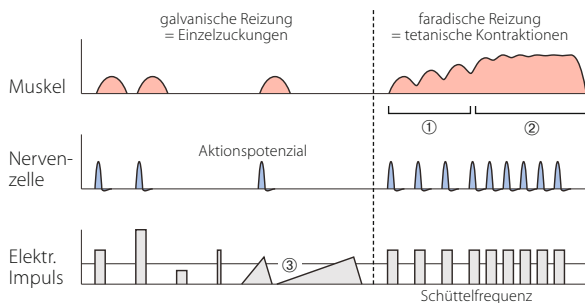


Abb. 4.7. Galvanische und faradische Reizung

① unvollständiger Tetanus; ② vollständiger Tetanus;
③ Erregungsschwelle

Die faradische Reizung erzeugt im Gegensatz zur galvanischen Reizung eine physiologische Kontraktion.

Das lässt sich an folgendem Beispiel zeigen: Bekäme der M. quadriceps femoris einer sitzenden Person, die aufstehen möchte, nur Einzelimpulse, würde die Person niemals zum Stand kommen, da in der Erschlaffungsphase die Schwerkraft den Körper wieder nach unten drücken würde.

Elektrodenanlage

Sowohl bei der galvanischen Reizung als auch bei der faradischen Reizung werden die Elektroden auf drei verschiedene Arten am Patienten platziert (s. auch Abb. 4.8–4.10):

► Bipolar direkt

Beide Elektroden liegen auf dem Muskelbauch der zu behandelnden Region in Längsrichtung. Dies ist die einfachste und am häufigsten angewendete Methode.

► Monopolar direkt

Bei kleinen Muskeln, wie z. B. dem M. opponens pollicis, wird mit einer Punktelektrode auf dem Muskelbauch über einem **Muskelreizpunkt** (Eintrittsstelle des Nerven in den Muskel) gereizt, eine Plattenelektrode als Bezugs Elektrode liegt proximal davon im Verlauf des Nerven. Der Strom verdichtet sich hierbei an der kleineren Punktelektrode, die der Therapeut an den betroffenen Muskel hält.

► Monopolar indirekt

Mit einer Punktelektrode wird derjenige Nerv gereizt, der zu dem zu behandelnden Muskel führt, eine Plattenelektrode als Bezugs Elektrode liegt proximal im Nervenverlauf. Die Reizung des Nerven findet an einem so genannten **Nervenreizpunkt** statt. Dies ist eine Stelle, an welcher der Nerv sehr oberflächlich liegt und gut mit Strom erreicht werden kann. Eine Tabelle im Anhang listet alle erreichbaren Nervenreizpunkte auf. Auch hier verdichtet sich der Strom an der kleineren Punktelektrode.

Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass mehrere Muskeln gleichzeitig erreicht werden und sehr wenig Strom für die Kontraktion benötigt wird, wenn der Nervenreizpunkt exakt getroffen wird.

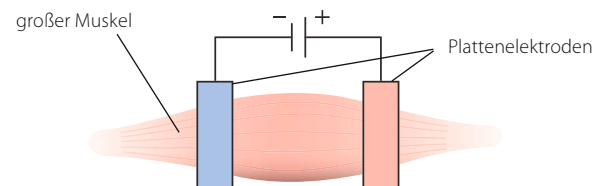


Abb. 4.8. Bipolare Technik: Beide Elektroden werden direkt auf einem großen Muskel platziert.

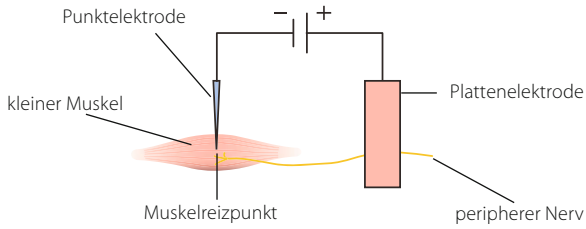


Abb. 4.9. Monopolare direkte Technik: Eine Elektrode (meist Kathode) liegt auf einem Muskelreizpunkt, die andere proximal im Nervenverlauf.

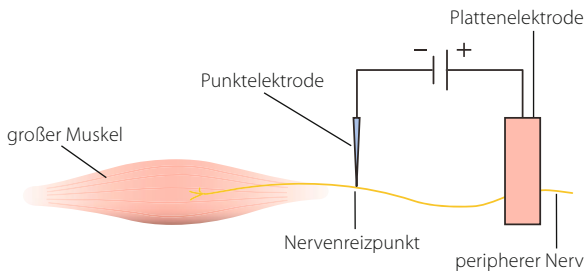


Abb. 4.10. Monopolare indirekte Technik: Die Reizelektrode liegt auf einem Nervenreizpunkt, die Bezugselektrode proximal im Nervenverlauf.

Damit ergeben sich sechs mögliche Reizungsarten für einen Skelettmuskel:

- Faradisch direkt monopolar
- Faradisch direkt bipolar
- Faradisch indirekt monopolar
- Galvanisch direkt monopolar
- Galvanisch direkt bipolar
- Galvanisch indirekt monopolar

Die Entartungsreaktion (EAR)

Über die Entartungsreaktion lassen sich Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit der Muskulatur bei Schädigung einer Nervenfasern erfassen. Je nach Ausmaß der Nervenschädigung kommt es zu funktionellen Störungen der Muskulatur, wie z. B. verminderter Muskeltonus, abgeschwächte oder nicht vorhandene Reflexe und schlaffe Lähmung. Ein geschädigter Muskel benötigt eine höhere Reizschwelle zur Kontraktion, die oft auch nur sehr langsam erfolgt. Bei einer **inkompletten EAR** ist ein Teil der Muskulatur noch vom Nerven aus erregbar, während bei der **kompletten EAR** die Erregbarkeit für die galvanische und faradische Reizung nicht mehr gegeben ist.

Neben diesen **quantitativen** Aussagen gibt die EAR auch über die Qualität der Reizung Auskunft: z. B. wie ein

Muskel zuckt: verzögert, träge, wurmförmig oder impulsiv. Diese Aussagen können auf andere Störungen des Nerv-Muskelsystems hinweisen, wie z. B. eine spastische Lähmung, eine Myasthenie oder eine Myotonie. Auf weitere Einzelheiten sei hier verzichtet und auf Spezialliteratur hingewiesen (Edel, 1993, Lullies und Trinckler, 1973).



MEMO

Ein durch Inaktivität geschwächter Muskel ist sowohl galvanisch als auch faradisch reizbar.

Ist ein Muskel durch eine Läsion des ihn versorgenden Nerven gelähmt, gehen die verschiedenen Erregbarkeiten in einer charakteristischen Reihenfolge verloren.

Klassischer Verlauf der EAR nach einer peripheren Nervenläsion:

- **Ca. 4–6 Tage:** Verlust der **indirekten faradischen** Erregbarkeit: Test mit neofaradischem Schwellstrom (s. Kap. 8.2.7) über einem Nervenreizpunkt.
- **Ca. 10–14 Tage:** Verlust der **indirekten galvanischen** Erregbarkeit: Test mit einem Rechteck- oder Dreieck-Einzelimpuls zwischen 50 und 100 ms über einem Nervenreizpunkt.
- **Ca. 20–30 Tage:** Verlust der **direkten faradischen** Erregbarkeit: Test mit neofaradischem Schwellstrom in bipolarer Technik auf dem Muskelbauch.
- **Danach bis ca. 2 Jahre:** langsamer Verlust der **direkten galvanischen** Erregbarkeit: Test mit einem Rechteck- oder Dreieck-Einzelimpuls (Impulszeit 50–100 ms) auf dem Muskelbauch.

Die direkte galvanische Erregbarkeit bleibt am längsten erhalten. Mit zunehmendem Umbau des nervlich nicht mehr versorgten Muskels nimmt sie allerdings erheblich ab und erlischt nach etwa zwei Jahren komplett, sofern sich der verletzte Nerv nicht mehr regeneriert. Der Muskel hat dann unwiederbringlich seine Funktion verloren.

Ist ein Nerv lädiert, kann die Zeit bis zur erwarteten Wiederherstellung der Kontraktionsfähigkeit des Muskels infolge der Wiederaussprossung des Nerven relativ einfach überschlagen werden:

Nimmt man eine mittlere Regenerationsfähigkeit eines Nerven mit 1 mm pro Tag an, entspricht die Anzahl der Millimeter von der Schädigungsstelle bis zum Muskel der Anzahl der Tage bis zur erwarteten Regeneration.

Ist nur noch die direkte galvanische Erregbarkeit vorhanden, muss der Therapeut zur Therapie eine IT-Kurve aufstellen (vgl. Kap. 6.3.3, S. 89 ff.), um die optimalen Reizparameter festlegen zu können. Entsprechend dieser Kurve wird der Muskel dann so lange gereizt, bis die zugehörigen Nerven regeneriert sind.



PRAXISTIPP

Mit batteriebetriebenen Geräten kann der Patient auch zu Hause täglich seinen Muskel mehrmals reizen. Damit wird eine größere Effektivität erzielt. Das Gerät „OmniTens“ der Firma Neuro Tech ist beispielsweise solch ein Heimgerät.



Heimgerät OmniTens

4.2.4 Das polare Reizgesetz nach Pflüger

Pflüger (1856) fand durch Experimente am Ischiasnerven eines Froschschenkels zwei wichtige Zusammenhänge heraus:

- Sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen eines Stromkreises können Muskelkontraktionen ausgelöst werden – vorausgesetzt, die Stromstärke ist hoch genug.
- Die Erregung beim Schließen eines Stromkreises geht immer von der Kathode aus (s. Abb. 4.11, S. 65), beim Öffnen jedoch von der Anode.

Dementsprechend nannte er die Kontraktion, die beim Schließen des Stromkreises mit der Kathode als Reizelektrode erfolgt, eine **Kathodenschließzuckung (KSZ)**, die – jene Zuckung, die beim Öffnen des Stromkreises mit der Anode als Reizelektrode erfolgt, eine **Anodenöffnungszuckung (AÖZ)**.



MEMO

- Sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen eines Stromkreises kann es zu Kontraktionen kommen.
- Wird der Stromkreis geschlossen, geht die Erregung immer von der Kathode aus.
- Wird der Stromkreis geöffnet, geht die Erregung immer von der Anode aus.

Diesen Beobachtungen liegen folgende Vorgänge zu Grunde: Wird an einen Körper eine Gleichspannung angelegt, kommt es an den Elektroden zu unterschiedlichen Wirkungen: Unter der Kathode wird das Ruhepotenzial gesenkt (Depolarisation), unter der Anode wird es erhöht (Hyperpolarisation).

Die Depolarisation **unter der Kathode** entsteht durch die von außen angelegte negative Spannung, die zur Absenkung des Membranpotenzials führt. Die Zellen sind dadurch leichter erregbar als in Ruhe (**Katelektrotonus**), d. h. bereits ein geringer Reiz reicht aus, um ein Aktionspotenzial – und damit eine Schließzuckung – auszulösen.

Unter der Anode allerdings wird durch die angelegte Spannung das Ruhepotenzial erhöht. Die Zellen sind folglich nur sehr schwer erregbar (**Anelektrotonus**), es findet keine Kontraktion statt, wenn ein Reiz die Zelle erreicht. Wird der Stromfluss jedoch plötzlich unterbrochen, bricht das hyperpolarisierte Membranpotenzial rasch zusammen. Es entsteht ein so genannter **Repolarisationsstrom**, der dem vorher geflossenen Strom (Hyperpolarisationsstrom) entgegengesetzt ist und somit die gleiche Richtung wie ein Depolarisationsstrom bei der Kathodenschließzuckung besitzt. Der Repolarisationsstrom führt – vorausgesetzt er ist hoch genug – zu einem Aktionspotenzial und damit zur Öffnungszuckung.



MEMO

- Absenkung des Ruhepotenzials = positiveres Potenzial
- Erhöhung des Ruhepotenzials = negativeres Potenzial

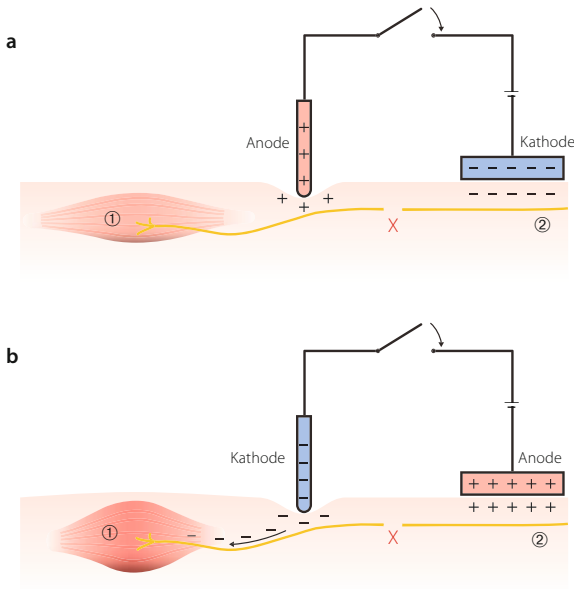


Abb. 4.11. Nachweis, dass Schließzuckungen immer von der Kathode ausgehen: ① Muskel, ② peripherer Nerv, der bei X unterbrochen ist.

(a) Beim Schließen des Stromkreises ist keine Zuckung zu beobachten, der unterbrochene Nerv kann den Depolarisationsstrom unter der Kathode nicht weiterleiten.

(b) Beim Schließen des Stromkreises ist eine Zuckung zu beobachten, der Nerv kann den Depolarisationsstrom unter der Kathode ungehindert weiterleiten.

Die Brennersche Zuckungsformel

Brenner fand 1860 heraus, dass es neben den von Pflüger formulierten Kathodenschließzuckungen (KSZ) und Anodenöffnungszuckungen (AÖZ) auch Anodenschließzuckungen (ASZ) und Kathodenöffnungszuckungen (KÖZ) gibt. Weiterhin fand er heraus, dass die Schließ- und Öffnungszuckungen bei **gleicher Stromstärke** unterschiedlich stark ausfallen.

Die Stärke der Kontraktionen eines normal innervierten, gesunden Muskels auf Reizung mit gleicher Stromstärke hat Brenner in der folgenden Formel zusammengefasst:

$$KSZ > ASZ > AÖZ > KÖZ$$

KSZ = Kathodenschließzuckung

ASZ = Anodenschließzuckung

AÖZ = Anodenöffnungszuckung

KÖZ = Kathodenöffnungszuckung

Die Kathodenschließzuckung (KSZ)

Bei einem intakten Muskel kann eine starke Zuckung ausgelöst werden, wenn die Reizelektrode als Kathode gepolt ist und der Stromkreis geschlossen wird.

Die Anodenschließzuckung (ASZ)

Die ASZ bewirkt eine geringere Kontraktion des Muskels als die KSZ, da die Erregungen von der viel größeren Kathode ausgehen, die weiter vom Behandlungsgebiet entfernt liegt und wegen ihrer Größe eine geringere Stromkonzentration aufweist. Zudem müssen die über den Nerven zum Muskel gelangenden Impulse die Hyperpolarisation unter der Anode überwinden (s. Abb. 4.12).

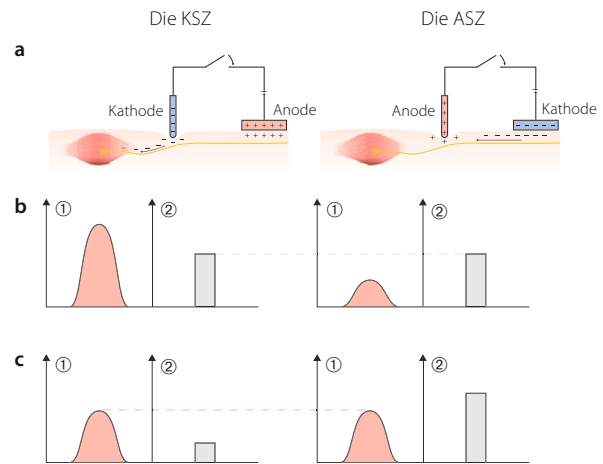


Abb. 4.12. Versuchsanordnung nach Brenner: Muskelreizung mit der Kathode bzw. Anode (a). Bei gleichbleibender Stromstärke kontrahiert der Muskel bei einer Reizung mit der Kathode stärker als bei einer Reizung mit der Anode (b). Um unter der Anode eine gleich starke Kontraktion wie unter der Kathode zu erreichen, wird bei der Reizung mit der Anode eine höhere Stromstärke benötigt (c).

① = Kontraktionsstärke ② = Stromstärke

Die Anodenöffnungszuckung (AÖZ)

Die AÖZ fällt trotz des günstigen Verhältnisses der Stromkonzentration schwächer aus als die ASZ, da Öffnungszuckungen einen wesentlich höheren Strombedarf für die vorausgehende Hyperpolarisation haben. An der Anode erzielt man eine bessere Kontraktion (vgl. Abb. 4.12 mit Abb. 4.13 auf S. 66).

Die AÖZ ist größer als die KÖZ (s. S. 66), weil von der Anode, mit der gereizt wird, direkt die Erregungen ausgehen (Repolarisationsstrom) und an ihr die Stromdichte größer ist als an der Kathode (s. Abb. 4.13).

Die Kathodenöffnungszuckung (KÖZ)

Die KÖZ ist die geringste von allen vier Erregungen, da die Erregung von der viel größeren und weiter entfernt liegenden Anode mit viel geringeren Stromkonzentration ausgeht.

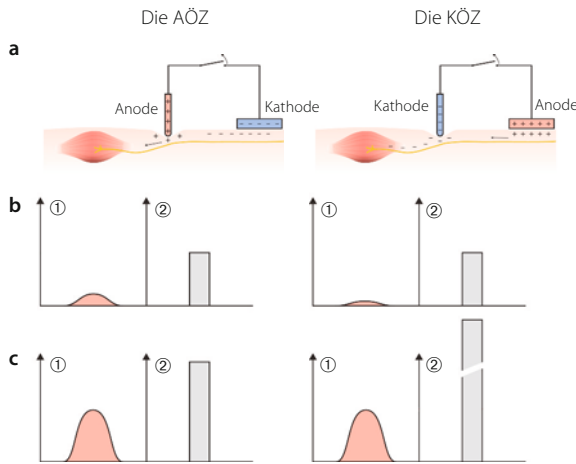


Abb. 4.13. (a) Der Repolarisationsstrom verursacht die Anodenöffnungszuckung (AÖZ) und die Kathodenöffnungszuckung (KÖZ): Bei gleicher Stromstärke ist die Kontraktion beim Öffnen des Stromkreises unter der Kathode geringer als unter der Anode (b). Um unter der Kathode die gleiche Kontraktionsstärke wie unter der Anode zu erreichen, wird bei der Reizung mit der Kathode eine höhere Stromstärke benötigt (c).

Abb. 4.12 und 4.13 zeigen, dass bei einer gleichbleibenden Kontraktionsstärke für die KSZ die geringste Stromstärke, für die KÖZ die höchste Stromstärke benötigt wird.

Die Gesetzmäßigkeit der Brennerschen Zuckungsformel kann sich bei einer peripheren Nervenläsion verändern, d. h. die ASZ kann größer als die KSZ sein. Das bedeutet für die Praxis, dass bei einer bipolaren Muskelreizung die Anode distal der Kathode liegen sollte (aufsteigende Behandlung), um eine gute Kontraktion zu erhalten.



ZUSAMMENFASSUNG

- Elektrischer Strom kann erregbare Zellen wie z. B. Nerven-, Rezeptor- oder Muskelzellen verschieden beeinflussen:
 - Gleichstrom senkt unter der Kathode das Ruhemembranpotenzial, macht die Zellen also erregbarer. Unter der Anode erhöht er das Ruhemembranpotenzial, macht die Zellen also unerregbarer.
 - Stromimpulse können an den erregbaren Zellen ein Aktionspotenzial und damit eine Muskelkontraktion auslösen.
 - Quergestreifte Muskulatur kann mit Einzel- oder Serienimpulsen gereizt werden. Im ersten Fall resultieren einzelne Muskelzuckungen. Serienimpulse mit einer Frequenz höher als 30 Hz verursachen eine tetanische Kontraktion.
- Man unterscheidet drei verschiedene Muskelreizungsarten:
 - monopolare direkte,
 - monopolare indirekte und
 - bipolare direkte Reiztechnik.
- Elektrische Entartungsreaktion: Nach einer Nervenläsion geht die Fähigkeit, auf elektrische Stromimpulse zu reagieren, immer mehr verloren, bis sie schließlich spätestens nach ein bis zwei Jahren ganz erlischt.
- Nach Pflüger reagiert ein Muskel sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen eines Stromkreises mit einer Zuckung. Beim gesunden Nerv-Muskel-System ist die Schließzuckung immer größer als die Öffnungszuckung, bei einer peripheren Nervenläsion kann dies umgekehrt sein.

4.3 Wirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die physiologischen Wirkungen von Strom
- Wirkprinzipien von Niederfrequenz, Mittelfrequenz und Hochfrequenz

Niederfrequenz: (0–1 kHz)

0,5–10 Hz: Aktivierung des Sympathikus

5–20 Hz: Schüttelfrequenzen zur Schmerzlinderung und Durchblutungsförderung

20–25 Hz: Aktivierung des Parasympathikus

50 Hz: optimale Reizung von quergestreifter Muskulatur

100 Hz: Sympathikusdämpfung, Schmerzlinderung

4.3.1 Wirkungen niederfrequenter Ströme

Je nach Stromart werden unterschiedliche Wirkungen im Körper hervorgerufen, die hier nachfolgend nur kurz aufgelistet sind. Detailliertere Informationen zur Wirkung der einzelnen Stromarten finden Sie in **Kap. 8.2**.

4.3.2 Wirkungen mittelfrequenter Ströme auf erregbare Zellen

Therapeutische Ziele

Mittelfrequente Wechselströme (1–300 kHz) können sowohl eine Reizwirkung auf das Nerv-Muskel-System als auch eine Hemmwirkung auf die Schmerzweiterleitung

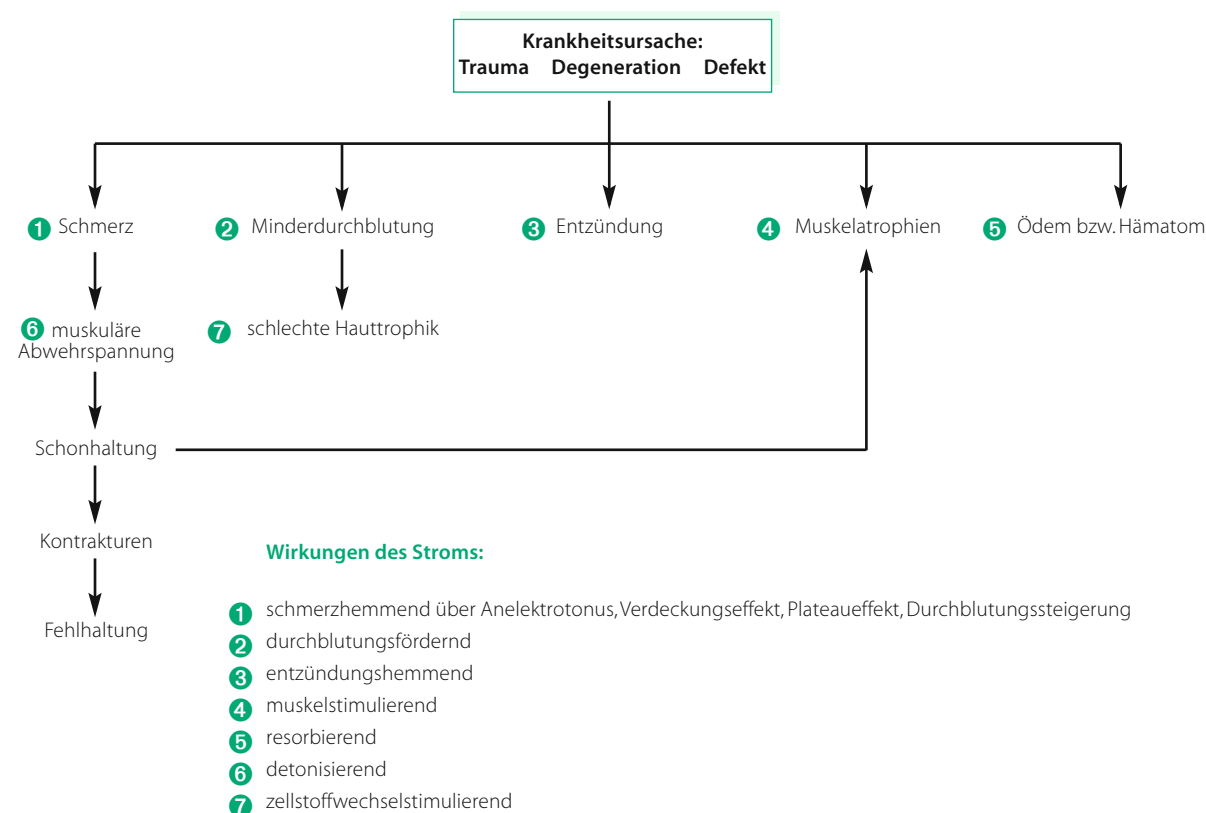


Abb. 4.14. Übersicht über die Therapiewirkungen des Stroms

besitzen. Es lassen sich also grundsätzlich die gleichen therapeutischen Ziele erreichen wie mit niederfrequenten Strömen:

- Schmerzen können gedämpft,
- geschwächte Muskeln gekräftigt werden.

Die physiologischen Mechanismen sind allerdings völlig verschieden von denen der niederfrequenten Reizströme: Die **Schmerzdämpfung** kann zum einen wie bei den Niederfrequenzströmen durch den Verdeckungseffekt (s. Kap. 4.3.1, S. 57) erfolgen, aber nur indem der mittelfrequente Strom moduliert wird (s. Kap. 2.3.3). Zum anderen kann aber auch reiner mittelfrequenter Strom über den Plateaueffekt (vgl. Wedensky-Hemmung, S. 69) eine Schmerzhemmung bewirken. Die **Muskelreizung** erfolgt **reizasynchron**.

Bei niederfrequenter Reizung unter 800–1000 Hz treten die Aktionspotenziale der erregbaren Zellen **reiz-synchron** auf, das heißt: Jeder einzelne Stromimpuls führt, sofern er stark genug ist und lange genug dauert, zu einem Aktionspotenzial der Zelle. Elektrische Reize und Aktionspotenziale haben die **gleiche** Frequenz.

Eine markhaltige Nervenfasern benötigt jedoch eine bestimmte Zeit, um sich zu repolarisieren. Diese Zeit entspricht der absoluten Refraktärphase und beträgt 2 ms (Summe aus Aktionspotenzial = 1 ms und Hyperpolarisation = 1 ms). In diesem Zeitraum ist die Zelle **nicht** erregbar. Damit ergibt sich eine Frequenz von 500 Hz für die Aktionspotenzialfrequenz nach:

$$f = \frac{1}{\text{Periodendauer (s)}} = \frac{1}{0,002 \text{ s}} = 500 \text{ Hz}$$

Es gibt aber auch Zellen mit einer kürzeren Refraktärphase, so dass die Frequenz auch höher ausfallen kann. Die höchste je gemessene Aktionspotenzialfrequenz beträgt knapp 1000 ms. Daraus folgt, dass ein Nerv maximal 1000 Hz weiterleiten kann. Bei mittelfrequenten Strömen (> 1000 Hz) fällt also ein Teil der Impulse in die Refraktärphase und führt zu keiner weiteren Depolarisation. Reizfrequenz und Aktionspotenzialfrequenz sind **nicht** mehr **gleich**. Dieses Phänomen wird als **asynchrone Depolarisation** oder **perioden-asynchrone Reizung** bezeichnet (vgl. Gildemeister-Effekt, S. 69).

Daraus folgt, dass auch über die asynchrone Depolarisation eine Muskelreizung möglich ist. Allerdings klingt diese Kontraktion bei Reizung mit unmoduliertem Mittelfrequenzstrom wegen eines Gewöhnungseffekts rasch ab. Um diesen Gewöhnungseffekt zu vermeiden,

wird der Mittelfrequenzstrom moduliert und bekommt dadurch Erholungspausen.

Apolares Reizgesetz

Während bei den niederfrequenten Reizströmen die Erregung nach dem **polaren** Reizgesetz nach Pflüger (s. Kap. 4.2.4) entweder von der Kathode oder der Anode ausgeht (s. Abb. 4.15, S. 69), entsteht die Depolarisation bei mittelfrequentem Reizstrom an beiden Elektroden gleichzeitig (s. Abb. 4.16, S. 69). Dies bezeichnet man als **apolares Reizgesetz**.

Für die Praxis bedeutet dies, dass die Elektroden nicht mehr im Längsverlauf eines Nervs oder Muskels angelegt werden müssen, um sie zu erregen, sondern dass sie auch in Querrichtung befestigt werden können (s. Abb. 4.14). Letztere Anlageform wird auch als **Querreizung** einer Nervenfasern bezeichnet (Wyss, 1966).

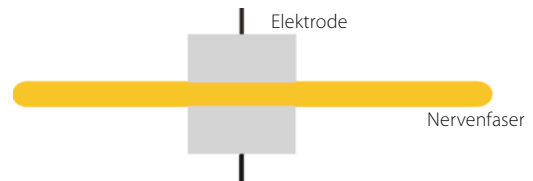


Abb. 4.14. Querreizung eines Nervs mit mittelfrequentem Wechselstrom: Auf Grund des apolaren Reizgesetzes ist eine Querreizung eines Nervs oder eines Muskels möglich, da unter beiden Elektroden eine Depolarisation stattfindet.



MEMO

Wirkung mittelfrequenter Ströme

- Schmerzhemmung
- Blockade von Nervenleitung durch Plateaueffekt

4.3 · Wirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper

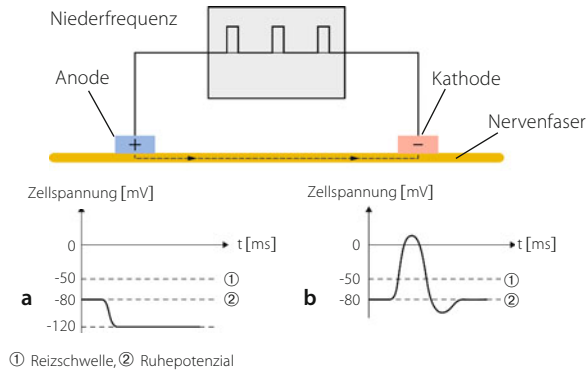


Abb. 4.15. Die Erregungsverhältnisse eines Nerven mit niederfrequenten Impulströmen (monophasisch): Unter der Anode findet eine Hyperpolarisation statt, unter der Kathode eine Depolarisation bzw. ein Aktionspotential.

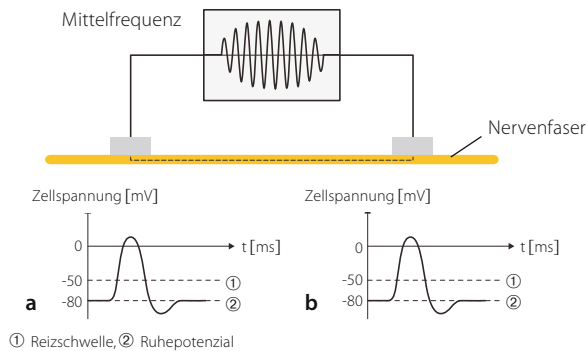


Abb. 4.16. Erregung eines Nerven mit nullliniensymmetrischen mittelfrequenten Strömen: Die Erregung (Aktionspotential) entsteht unter beiden Elektroden gleichzeitig.

Gildemeister-Effekt

Bei Reizung eines Nerven mit mittelfrequenten Stromperioden sind die einzelnen Perioden so kurz, dass eine Periode allein nicht mehr ausreicht, um eine Depolarisation der Nervenzelle zu bewirken. Erst mehrere Perioden nacheinander lösen eine Depolarisation aus. Die genauen Gründe hierfür sind noch nicht vollständig geklärt.

Wyss (1963) nimmt an, dass die mittelfrequenten Impulse direkt an der Zellmembran zu einer erhöhten Na^+ -Permeabilität und somit zur Depolarisation führen.

Dieser Effekt wird auch „Gildemeister-Effekt“ genannt (s. Abb. 4.17).

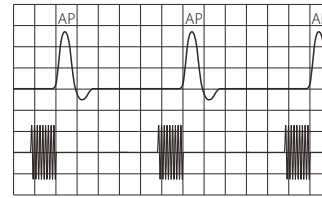


Abb. 4.17. Der Gildemeister-Effekt: Mehrere Wechselstromperioden sind nötig, um ein Aktionspotential (AP) auszulösen.

Wedensky-Hemmung

Wird eine Nervenfasern mit einem mittelfrequenten Strom konstanter Stromstärke gereizt, verliert sie nach einiger Zeit die Fähigkeit zu reagieren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einer oder mehrere Reize in die Refraktärphase fallen, wodurch die Repolarisation der Nervenzelle erschwert wird.

Der Zeitraum bis zum Erreichen des Ruhepotenzials verlängert sich dadurch immer mehr, bis es schließlich überhaupt nicht mehr erreicht wird. Die Nervenzelle verharrt in einem Zustand der Depolarisation und kann nicht mehr reagieren. Dies wird als **Wedensky-Hemmung** bezeichnet.

Der Zustand des Verharrens der Membranspannung auf einem Depolarisationsniveau, das etwa den Wert einer halben Ruhespannung besitzt, wird **Plateaubildung** oder **Plateaueffekt** genannt (s. Abb. 4.18).

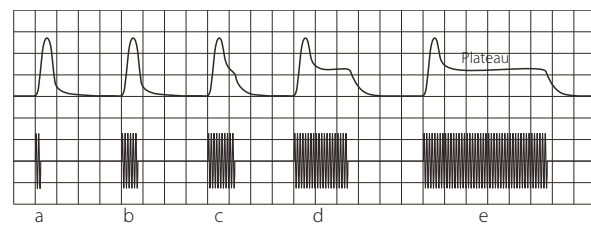


Abb. 4.18. Die Entstehung eines Plateaueffekts bei konstanter Reizung mit unmoduliertem Mittelfrequenzstrom: Während bei a–c die Zelle wieder zu ihrem Ruhemembranpotential zurückkehrt, ist dies bei d und e nicht der Fall. Sie bleibt unerregbar.

4.3.3 Wirkungen hochfrequenter Ströme

Hochfrequente Ströme (Frequenzen ab 100 kHz) führen zu einer **Wärmeerzeugung in der Tiefe des Körpers**. Damit umgeht diese Methode den physiologischen Wärmeschutz

der Haut (Fettschicht als Isolator, Konvektion durch Blutstrom, Verdunstungskälte durch Schweißabsonderung). Dieser ist bei den konventionellen Wärmeanwendungen wie heiße Rolle, Fango und Infrarotlicht immer wirksam und behindert den Wärmefluss in die gewünschte Zone im Inneren des Körpers.

Ein **Nachteil** der Hochfrequenz ist, dass eine reflektorische Beeinflussung über den kutiviszeralen Reflexbogen nicht so effektiv ist wie bei der Nieder- und Mittelfrequenz sowie bei der oberflächlichen Wärmeanwendung.

Damit unterscheiden **vier charakteristische Merkmale** die hochfrequenten Anwendungen von der Nieder- und Mittelfrequenz:

- ▶ **Keine Reizwirkung mehr auf Hautrezeptoren und Muskelgewebe**
- ▶ **Tiefere therapeutische Wirkung**
- ▶ **Kein direkter Kontakt des Patienten mit den Elektroden und damit mit dem Strom**
- ▶ **Wärmegefühl statt Stromgefühl**

Die **Verfahren der Hochfrequenztherapie** sind:

- ▶ **Kurzwelle** (27 MHz)
- ▶ **Dezimeterwelle** (433 MHz)
- ▶ **Mikrowelle** (2450 MHz)

Kurzwellen können als **Kondensatorfeld** (magnetisches Wechselfeld) oder **Spulenfeld** (magnetisches Wechselfeld) appliziert werden, bei Mikrowelle und Dezimeterwelle befindet sich der Körperteil in einem elektromagnetischen Strahlungsfeld.



MEMO

Wirkung der Hochfrequenz

- Wärmewirkung im Gewebe
- Tiefenerwärmung (Diathermie)

Die aus der Hochfrequenzbehandlung resultierende Wärmeerzeugung im Gewebe ist wesentlich von der Frequenz und der Applikationsform abhängig.

Beim Kondensatorfeld findet die höchste Wärmeentwicklung in der Fettschicht statt – man spricht hierbei auch von „Wärmebelastung“, da die Wärmeentwicklung nicht bis zu den tieferen Schichten vordringen kann. Spulenfeld und Mikro- bzw. Dezimeterwelle erzeugen die meiste Wärme im Muskelgewebe.

An der Knochenoberfläche findet bei allen elektrischen Hochfrequenzmethoden nur eine geringe Wärmeentwicklung statt. Ist an dieser Stelle eine Wärmebehandlung gewünscht, ist Ultraschall (s. Kap. 8.5) indiziert. Dieser besitzt bei geringer Fett- und Muskelbelastung seine Hauptwärmewirkung am Übergang Muskel/Sehne – Knochen (s. Abb. 4.19).

Der Therapeut muss die unterschiedliche Wärmeentwicklung der einzelnen Stromformen kennen. Nur so kann es ihm möglich sein, zu jeder Erkrankungsursache die entsprechende Methode auszuwählen.

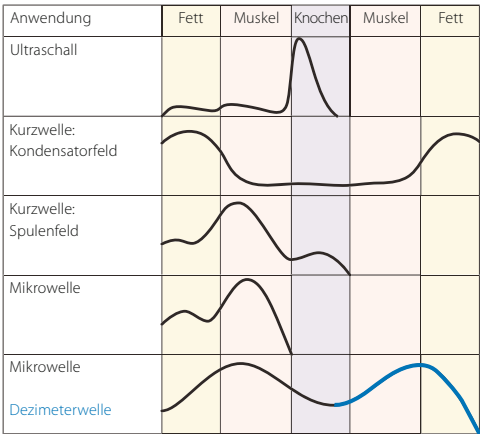


Abb. 4.19. Die unterschiedliche Wärmeverteilung im menschlichen Gewebe: Vergleich von Ultraschall mit hochfrequenten Anwendungen

Tiefenwirkung von Hochfrequenzanwendungen

Applikationsformen	Verhältnis Erwärmung Unterhautfett-/ Muskelgewebe	Tiefenwirkung
Kurzwelle: Kondensatorfeld	10 : 1	jede Tiefe erreichbar
Kurzwelle: Spulenfeld	1 : 1–1 : 2	2,5–3 cm
Dezimeterwelle	1,5 : 1–1 : 4 (je nach Elektrode)	2,5–3 cm
Mikrowelle	0,8 : 1	1–1,5 cm



ZUSAMMENFASSUNG

Niederfrequenz

- Niederfrequente Ströme besitzen je nach Frequenz unterschiedliche Wirkungen auf den menschlichen Körper:
0,5–10 Hz: Aktivierung des Sympathikus
5–20 Hz: Schüttelfrequenzen zur Schmerzlinderung und Durchblutungsförderung
20–25 Hz: Aktivierung des Parasympathikus
50 Hz: optimale Reizung von quergestreifter Muskulatur
100 Hz: Sympathikusdämpfung, Schmerzlinderung

Mittelfrequenz

- Mittelfrequente Wechselströme können Schmerzen lindern und die Nervenleitung blockieren.
- Bei Reizung mit Mittelfrequenz können unter jeder Elektrode gleichzeitig Nerven- und Muskelfasern erregt werden. Dadurch lassen sich Nerven und Muskeln sowohl in Längs- als auch in Querrichtung reizen (apolares Reizgesetz).
- Zur Auslösung einer Erregung sind mehrere Wechselstromperioden nötig (Gildemeister-Effekt).
- Wird eine Nervenfaser mit konstanter Stromstärke gereizt, reagiert sie nach längerer Zeit nicht mehr auf die Reizung. Die Zelle verbleibt in einem Zustand der Depolarisation (Wedensky-Hemmung). Entspricht dieser Zustand dem Niveau der halben Ruhespannung, so spricht man von einem Plateaueffekt.

Hochfrequenz

- Mit hochfrequenten Strömen können tieferliegende Regionen gezielt mit Wärme behandelt werden. Je nach Applikationsform (Kurzwellen, Dezimeterwellen, Mikrowellen) können unterschiedlich tief gelegene Strukturen erreicht werden.



ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Was ist Schmerz?
- Über welche Nervenfasertypen wird Schmerz weitergeleitet?
- Auf welchen Ebenen des ZNS kann die Schmerzweiterleitung beeinflusst werden?
- Wie entsteht ein Ruhepotenzial und wie ein Aktionspotenzial?
- Nennen Sie die einzelnen Phasen eines Aktionspotenzials!
- Welche zwei Faktoren bestimmen die Kontraktionsstärke eines Muskels bei dessen elektrischer Reizung?
- Welcher Unterschied besteht zwischen galvanischer und faradischer Reizung?
- Was bedeutet EAR?
- Erklären Sie die Aussage des polaren Reizgesetzes nach Pflüger!
- Wie lautet die Brennersche Zuckungsformel und was bedeutet sie?
- Was bedeutet das apolare Reizgesetz für die elektrotherapeutische Praxis?
- Erklären Sie den Gildemeister-Effekt!
- Wozu kann die Wedensky-Hemmung therapeutisch genutzt werden?
- Welche therapeutische Wirkung hat die Hochfrequenz auf den menschlichen Körper?

Indikationen und Kontraindikationen

Werner Wenk

5.1 Indikationen – 74

- 5.1.1 Erkrankungen der Gelenke – 74
- 5.1.2 Erkrankungen der Wirbelsäule – 74
- 5.1.3 Erkrankungen der Weichteile – 74
- 5.1.4 Erkrankungen des Nervensystems – 74
- 5.1.5 Durchblutungsstörungen – 75

5.2 Kontraindikationen – 75

- 5.2.1 Absolute Kontraindikationen – 75
- 5.2.2 Relative Kontraindikationen – 76

5.1 Indikationen

Hinweis: Detaillierte Informationen darüber, welche Stromform bei welcher Erkrankung angewendet werden kann, finden Sie bei den elektrotherapeutischen Anwendungsgebieten der einzelnen Stromformen (s. Kap. 8) sowie bei den entsprechenden Darstellungen der Elektrotherapie einzelner Krankheitsbilder (s. Kap. 9).

5.1.1 Erkrankungen der Gelenke

Degenerative/entzündliche Erkrankungen

- ▶ Arthritis
- ▶ Arthrose
- ▶ Periarthropathia humeroscapularis
- ▶ Rheumatoide Arthritis (Ausnahme: akuter Schub)

Traumatisch bedingte Erkrankungen

- ▶ Distorsionen, Kontusionen
- ▶ Kontrakturen
- ▶ Distorsionen (kleine Gelenke)
- ▶ Luxationen
- ▶ Meniskusläsion

5.1.2 Erkrankungen der Wirbelsäule

Degenerative/entzündliche Erkrankungen

- ▶ Diskopathien (Protrusio, Prolaps)
- ▶ Morbus Bechterew (Spondylitis ankylosans)
- ▶ Morbus Scheuermann
- ▶ Osteochondrose, Spondylarthrose
- ▶ Osteoporose

Traumatisch bedingte Erkrankungen

- ▶ Schleudertrauma

Erkrankungen mit Beteiligung peripherer Nerven

- ▶ Ischialgie
- ▶ Radikulopathie
- ▶ Wurzelreizsyndrom
- ▶ Zervikobrachialgie (Schulter-Arm-Syndrom)

Bei unklarer Genese werden häufig folgende Symptomenkomplexe als Diagnose angegeben:

- ▶ HWS-Syndrom
- ▶ LWS-Syndrom
- ▶ Lumbalgie
- ▶ Ischialgie
- ▶ Segmentblockierungen

5.1.3 Erkrankungen der Weichteile

Erkrankungen der Haut

- ▶ Akne
- ▶ Ekzeme
- ▶ Furunkel, Karbunkel
- ▶ Narben, Verwachsungen
- ▶ Phlegmone
- ▶ Ulcus cruris

Erkrankungen der Sehnen und ihrer Begleitstrukturen

Degenerativ/entzündliche Erkrankungen

- ▶ Bursitis
- ▶ Dupuytren'sche Kontraktur
- ▶ Impingement-Syndrom
- ▶ Insertionsendopathien (z. B. Achillodynie, Patellaspitzensyndrom, Tensor-fasciae-latae-Syndrom, Epikondylitis)
- ▶ Tendinitis/Tendinose durch Überlastung
- ▶ Tendovaginitis

Traumatisch bedingte Erkrankungen

- ▶ Sehnenriss

Erkrankungen der Muskulatur

Traumatisch bedingte Erkrankungen

- ▶ Muskelfaserriss, Muskelzerrung

Überlastungssyndrome

- ▶ Lumbalgie
- ▶ Myalgie auf Grund von Fehlhaltungen (Skoliose, Rundrücken)
- ▶ Myofasziales Schmerzsyndrom
- ▶ Myogelosen

Systemerkrankungen (nicht-akute Stadien)

- ▶ CRPS I (Morbus Sudeck)
- ▶ Muskelrheumatismus
- ▶ Weichteilrheumatismus

5.1.4 Erkrankungen des Nervensystems

Neuralgien

- ▶ Interkostalneuralgie
- ▶ Okzipitalneuralgie
- ▶ Trigeminusneuralgie
- ▶ Läsionen peripherer Nerven
- ▶ Kompressionssyndrome (z. B. Karpaltunnelsyndrom, Supinatorlogensyndrom, Tarsaltunnelsyndrom)
- ▶ Postoperative Nervenwurzelverklebungen (adhärente Nervenwurzel)
- ▶ Prolaps eines Discus intervertebralis

5.1 · Indikationen

5.1.5 Durchblutungsstörungen (Arterielle Gefäßerkrankungen)

- ▶ Akrozyanose
- ▶ Arterielle Verschlusskrankheit (AVK) Stadium I–II
- ▶ Digitus mortuus
- ▶ Endangitis obliterans
- ▶ Morbus Raynaud

5.2 Kontraindikationen

5.2.1 Absolute Kontraindikationen

Hinweis: Detaillierte Informationen zu Kontraindikationen für die Anwendung einzelner Stromformen finden Sie bei den einzelnen Stromformen (s. Kap. 8) sowie bei den entsprechenden Darstellungen der Elektrotherapie einzelner Krankheitsbilder (s. Kap. 9).



VORSICHT

Liegt beim Patienten eine absolute Kontraindikation vor, ist die Elektrotherapie an jeder Stelle des Körpers kontraindiziert!

Absolute Kontra- indikation / Stromformen	NF	MF	US	Laser	HF
akute bakterielle oder virale Prozesse	X	X	X	X	X
akuter Gelenkrheumatismus	X	X	X	X	X
Arteriosklerose im fortgeschrittenen Stadium (AVK Stadium III–IV)	X	X	X	X	X
extreme Stromallergie (Hautrötung, Pustelbildung mit starkem Juckreiz)	X	X			
fiebrhafte Erkrankungen	X	X	X	X	X
Herzschrittmacher	X		(X)	(X)	X
schwere Herzrhythmusstörungen	X				X
schwere neurologische Erkrankungen wie z. B. Amyotrophe, Lateralsklerose, spastische Spinalparalyse	X	X			
sehr starke Blutungsneigung (Hämophilie)	X	X	X	X	X
Tuberkulose	X	X	X	X	X
Tumoren mit Metastasierungsgefahr (Malignome)	X	X	X	X	X

5.2.2 Relative Kontraindikationen



VORSICHT

Liegt beim Patienten eine relative Kontraindikation vor, darf die Elektrotherapie an den betroffenen Körperbereichen nicht angewendet werden.

5

Relative Kontra- indikation	NF	MF	US	Laser	HF
Stromformen					
akute Neuralgie					X
akute Arthritis (viral oder bakteriell bedingt)	X	X	nur Wasser- beschallung		X
große Flüssigkeitsansammlungen im Körper (Aszites, Pleuraerguss, Gelenkerguss)					X
Hautveränderungen, die nicht abgeklärt sind, wie dunkle Verfärbung, Knoten, Erytheme	X	X	X	X	X
Lymphödem	X	X			X
Metallimplantate (Ausnahme: Interferenzstrom, biphasische Reizströme, Hochvoltstrom)	X				X
Neuritis					X
offene Hautverletzungen, Hautekzeme	X	X	nur Wasser- beschallung		
progressive Muskeldystrophie	X	X	X	X	X
Schwangerschaft und Menses (Bauch-, Hüft- und Lendengegend)	X	X	X	X	X
Thrombophlebitis und Thrombose	X	X	X	X	X
Varikosis, ausgeprägte Form	X	X	X	X	
Verbrennungen	X	X	X	X	X
CRPS I (Stadium I)			X	X	X
akutes Hämatom					X
akutes Trauma					X

Der Befund

Werner Wenk, Udo Wolf

- 6.1 Allgemeines zur Befunderhebung – 78**
- 6.2 Elektrotherapeutischer Basisbefund – 79**
- 6.3 Ausführliche Befunderhebung – 83**
 - 6.3.1 Die Untersuchung von Patienten mit
Sensibilitätsstörungen – 83
 - 6.3.2 Die Untersuchung von Schmerzpatienten – 83
 - 6.3.3 Die Untersuchung von Patienten mit motorischen
Störungen – 86



LERNZIELE

Kenntnisse über

- die Vorgehensweise bei der Befunderhebung
- die klinische, manuelle und elektrotherapeutische Untersuchung von Patienten mit Sensibilitätsstörungen, Schmerzen oder motorischen Störungen
- Schmerzpunktsuche und Galvanopalpation
- Aufnahme einer IT-Kurve

- ▶ Anamnese (Erhebung der Krankengeschichte)
- ▶ Inspektion (Sichtbefund)
- ▶ Palpation (Tastbefund)
- ▶ Funktionsprüfung
- ▶ Dokumentation

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Befunderhebung wird ein **Behandlungsplan** (s. **Anhang**) erstellt. Im Behandlungsplan werden

- ▶ die Behandlungsziele formuliert,
- ▶ die geeigneten Maßnahmen ausgewählt,
- ▶ der Behandlungsaufbau festgelegt.

6.1 Allgemeines zur Befunderhebung

Eine sorgfältige Befunderhebung ist eine wichtige Voraussetzung für die Planung einer Behandlung. Die Erhebung des Befunds gliedert sich im Allgemeinen in mehrere Schritte:

Art, Umfang und Ablauf der **elektrotherapeutischen Befunderhebung** richten sich überwiegend nach der Vorgabe des Arztes und dem Setting, in dem der Physiotherapeut tätig ist.

Ist die Verordnung exakt definiert, so steht die Behandlung damit weitgehend fest. Die Befunderhebung beinhaltet dann nur den **elektrotherapeutischen Basis-**

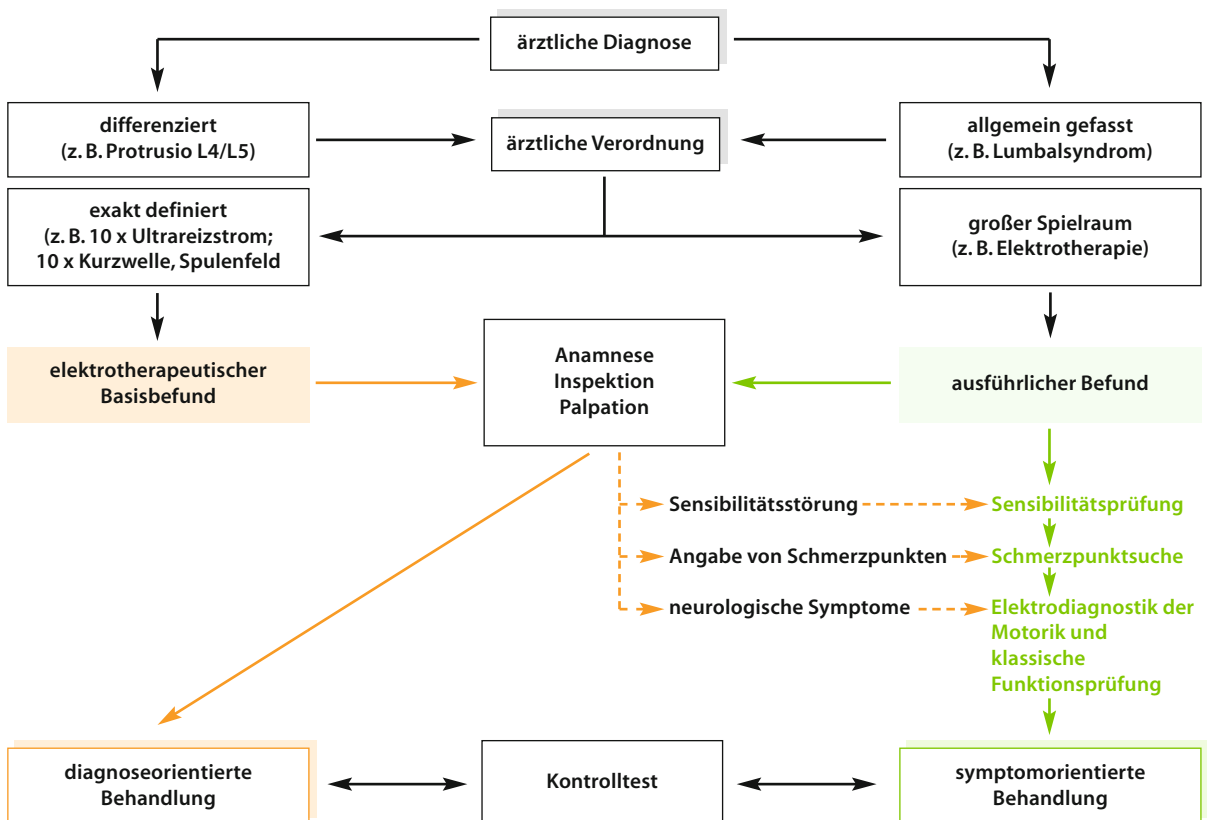


Abb. 6.1. Übersicht über die Befunderhebung in Abhängigkeit von der ärztlichen Diagnose bzw. Verordnung

befund (Anamnese, Inspektion und Palpation). Dies stellt in der Praxis den **Regelfall** dar. Die häufigsten Krankheitsbilder, bei denen Elektrotherapie verordnet wird, sind unter der Überschrift „**Behandlung – diagnoseorientiert**“ abgehandelt (s. Kap. 9). Besondere Untersuchungen sind bei diesen Patienten nur erforderlich, wenn eine Sensibilitätsstörung in dem zu behandelnden Gebiet vorliegt, der Patient Schmerzpunkte angibt oder neurologische Symptome zeigt (s. Abb. 6.1, S. 78).

Lässt die Verordnung einen großen Spielraum in der Auswahl der elektrotherapeutischen Methode zu oder soll diese vom Arzt und Physiotherapeuten gemeinsam festgelegt werden, wie dies beispielsweise in der Sportphysiotherapie häufig der Fall ist, so ist ein **ausführlicher Befund** (gezielte Anamnese, Inspektion, Palpation, Funktionsprüfung und elektrodiagnostische Beurteilung) des Patienten erforderlich. Es können dann Rückschlüsse auf die **betroffene Struktur** gezogen werden (s. Abb. 6.4, S. 87). Gleiches gilt auch, wenn die Verordnung nur das zu applizierende Frequenzspektrum der zu verwendenden Stromform ausweist (z. B. Niederfrequenzbehandlung).

Bereits die **Anamnese** ermöglicht die Klassifizierung der Beschwerden des Patienten. Stehen **Schmerzen** im Vordergrund, so wird sich die Untersuchung überwiegend auf das Ausbreitungsgebiet und die Ursache dieser Symptome beziehen. Die Behandlung hat die **Schmerzlinderung** zum Ziel. Bei **motorischen Störungen** steht die Erhebung des Muskelstatus und die IT-Diagnostik im Vordergrund. Die Therapie zielt dann in der Regel auf eine **Verbesserung der Innervation** ab. Beide Patientengruppen werden sowohl klinisch als auch elektrodiagnostisch untersucht, allerdings mit unterschiedlichen Fragestellungen und folglich auch Techniken.

Ferner können hier bereits Patienten mit **Sensibilitätsstörungen** identifiziert werden. Die Herabsetzung der Empfindlichkeit bis hin zur Taubheit hat Konsequenzen für die **Dosierung der Stromstärke**. Sie stellt zwar eine Indikation der Elektrotherapie dar, eine tatsächliche Verordnung erfolgt aber in der Regel nicht. Eine gesteigerte Sensibilität wird als Schmerz empfunden und auch so behandelt.

Um sicherzustellen, dass die gewählte Behandlung auch wirklich indiziert ist und im Laufe der Behandlungsserie ein kontinuierlicher Fortschritt erzielt wird, sollten die subjektiven Angaben des Patienten durch einen objektiven Test **kontrolliert** werden.

Dazu wählt man möglichst den Test aus, mit dessen Hilfe im Rahmen der Eingangsuntersuchung (**Assessment**) die Beschwerden des Patienten am deutlichsten

reproduziert werden konnten. Dies kann beispielsweise das gestreckte Beinheben (**Laseque-Test**) bei ausstrahlenden Rückenschmerzen (Lumboischialgie), die Palpation eines schmerzhaften Muskels bei einer Ansatzreizung (Insertionstendopathie) oder aber die Ausführung einer schmerzhaften Bewegung bei degenerativen Gelenkerkrankungen (Arthrose) sein. Die Schmerzangaben des Patienten werden mittels **visueller oder verbaler Analogskalen** objektiviert (s. Kap. 6.2).

Handelt es sich nicht um Schmerzpatienten, sondern um Patienten mit motorischen Störungen (z. B. Lähmung), so ist beispielsweise die Messung der Chronaxie oder des Alpha-Werts ein geeigneter **Kontrolltest**. Diese Vorgehensweise wird als **Reassessment** bezeichnet und sollte bei unklaren Angaben der Patienten oder ausbleibender Linderung vor und nach jeder Behandlung durchgeführt und dokumentiert werden. Berichtet der Patient über eine deutliche Besserung seiner Symptome, so sind größere zeitliche Abstände oder gar nur eine Abschlusskontrolle nach der letzten Behandlung ausreichend.

6.2 Elektrotherapeutischer Basisbefund

Der elektrotherapeutische Basisbefund besteht aus

- ▶ Anamnese
- ▶ Inspektion
- ▶ Palpation
- ▶ Dokumentation

Bei der Erhebung wird **nicht** – im Gegensatz zur ausführlichen Befunderhebung – zwischen Patienten mit Sensibilitätsstörungen, Schmerzen oder motorischen Störungen unterschieden.

Anamnese

▶ Krankheitsbeginn, -verlauf und -dauer

Zunächst wird festgestellt, wie es zur Erstmanifestation der Beschwerden kam (Unfall etc.) und wie lange die aktuellen Beschwerden schon bestehen. Aus der Dauer der Krankengeschichte kann man Informationen über ihre Ätiologie (Ursache) erhalten, aber auch Hinweise für die Dosierung. So kann man beispielsweise bei einer Schwellung in der ersten Woche nach einer distalen Radiusfraktur ein CRPS I (syn. Morbus Sudeck) ausschließen, da sich dies erst viel später entwickelt. Man könnte aber auch ein posttraumatisches Ödem unterstellen.

Der einer Verletzung eventuell zu Grunde liegende Mechanismus gibt Aufschluss über die möglicherweise betroffene Struktur und legt Kontraindikationen offen, die gezielt erfragt werden.

► **Sensibilität**

Bei der Frage nach Sensibilitätsstörungen (Parästhesien, Hyperästhesien) interessieren besonders Regionen mit verminderter Sensibilität (pelziges Gefühl oder Taubheit). Treten diese auf der Innenseite der Oberschenkel auf (Reithosenphänomen), so liegt der Verdacht eines massiven raumfordernden Prozesses im Rückenmarkskanal (oft ein Bandscheibenvorfall) nahe. Dieser stellt eine absolute OP-Indikation dar. Anderenfalls muss die genaue Ausdehnung des tauben Areals festgestellt werden, da für den betroffenen Bereich besondere Regeln für die Dosierung der Behandlung gelten (**s. Kap. 8.2.9**).

► **Akuter oder chronischer Schmerz/Lokalisation**

Die „International Association for the Study of the Pain“ (IASP) hat diesbezüglich im Jahre 2000 eine Klassifizierung vorgenommen. Danach werden Schmerzen, die länger als 3 Monate bestehen als **chronisch**, zwischen 6 und 12 Wochen als **subakut** und während der ersten 6 Wochen als **akut** bezeichnet. Dies hat Konsequenzen für die Elektrodiagnostik und -therapie:

- Bei **chronischen Schmerzen** ist deren genaue Lokalisierung erschwert und die symptomauslösende Struktur kaum benennbar, da die ursprüngliche Gewebeschädigung nicht mehr für die Beschwerden verantwortlich ist. Vielmehr sind chronische Schmerzen Ausdruck einer Sensibilisierung des ZNS. Die Behandlung zielt folglich auch nicht mehr primär auf eine Schmerzdämpfung ab. Sie soll vielmehr eine Gewöhnung an die Reize bewirken und somit die Schmerztoleranz erhöhen (**Coping**). Entsprechend werden „aggressivere“ Stromformen und höhere Dosierungen zur Anwendung kommen.
- Bei **akuten Schmerzen** dagegen soll direkt auf das geschädigte Gewebe eingewirkt und eine Heilung gefördert werden. Ferner wird die Schmerzleitung moduliert und somit eine Linderung erreicht. „Mildere“ Stromformen und niedrigere Dosierungen sind dann indiziert.
- Bei **subakuten Erkrankungen** entscheidet der Therapeut an Hand des Befunds, ob die Zeichen des chronischen oder des akuten Schmerzes überwiegen und behandelt entsprechend.

Auch die **Beschreibung der Schmerzqualität** kann zu dieser Klassifizierung herangezogen werden. Helle, scharfe, oberflächliche und gut lokalisierbare Schmerzen gehen

häufig mit akuten Schmerzen einher; dumpfe, bohrende, tiefe und schlecht lokalisierbare Schmerzen eher mit einem chronischen Krankheitsgeschehen. Bei akuten Schmerzen kann anhand der Lokalisation der Beschwerden ein Rückschluss auf die Ursache erfolgen: Symptome im Verlauf eines Dermatoms weisen auf eine Schädigung im Bereich der Nervenwurzel hin (radikuläre Symptomatik). Treten sie im Versorgungsgebiet eines sensiblen Nerven auf, so handelt es sich um eine Schädigung des peripheren Nerven.

► **Schmerzintensität**

Handelt es sich um Schmerzpatienten, so muss die Intensität der Beschwerden gemessen und protokolliert werden. Dazu eignen sich vor allem:

- **Numerische Schmerzskalen:** Der Patient wird aufgefordert, die Schmerzintensität mit einer Zahl zwischen beispielsweise 1 und 6 zu definieren. Dies ist vergleichbar mit dem Notensystem in unseren Schulen und insbesondere bei älteren Patienten geeignet. Häufig verwendet man auch eine Zehnerskala.
- **Visuelle Schmerzskalen:** Der Patient stellt auf einem nicht-skalierten Schieberegler seine Schmerzintensität ein. Der Therapeut kann dann auf der Rückseite den entsprechenden Wert ablesen.
- **Verbale Schmerzskalen:** Der Patient wählt aus einer definierten Auswahl von Adjektiven denjenigen Begriff, der seine Beschwerden am ehesten beschreibt.

► **Beeinflussbarkeit der Schmerzen**

Ferner ist die Beeinflussbarkeit der Beschwerden durch bestimmte Haltungen, Bewegungen oder andere Maßnahmen zu erfragen.

► **Muskulatur**

Bei der Frage nach der Muskulatur werden lokale Müdigkeit, Schwächen oder Lähmungen als Zeichen einer peripheren Nervenschädigung sowie Tonussteigerungen oder gar spastische Phänomene als Ausdruck einer zentralen Parese abgeklärt.

► **Bisherige Therapie**

Bereits erfolgreich angewendete Behandlungen sollten erfragt und möglichst fortgeführt werden.

Insbesondere vor diagnostischen Maßnahmen sollte auch erfragt werden, welche Medikamente der Patient bereits eingenommen hat (insbesondere Analgetika), da diese das Untersuchungsergebnis maßgeblich beeinflussen können. Auch birgt die Dosierung der Behandlung nach der Einnahme von Analgetika ein erhöhtes Risiko, weshalb auch unmittelbar vor der Therapie nochmals die Frage nach einer Medikamenteneinnahme gestellt werden sollte.



MEMO

Klassifizierung des Schmerzes

- chronisch:** Schmerzen bestehen länger als 3 Monate
- subakut:** Schmerzen dauern 6–12 Wochen an
- akut:** Schmerzen während der ersten 6 Wochen

Inspektion

► Rötung

Eine umschriebene Rötung ist primär ein Zeichen einer Entzündung. Sie entsteht z. B. infolge einer Verletzung oder als Reaktion auf einen Erreger. Die lokale Ausschüttung von Entzündungsmediatoren induziert dann eine vermehrte Durchblutung. Entzündungen im Behandlungsgebiet stellen eine Kontraindikation zur Elektrotherapie dar.

Andere Verfärbungen der Haut sind insbesondere dann von Interesse, wenn sie sich in Organzonen abbilden. Sie drücken dann eine Funktionsstörung des dem Hautareal zugehörigen Organs aus (z. B. T5–9 links: Magen). Auch dies kann elektrotherapeutisch behandelt werden, sofern es sich nicht um ein akutes Ereignis (z. B. Gastritis) handelt.

► Schwellung

Weist die Körperoberfläche häufig oder an mehreren Stellen Hämatome auf, so kann dies Ausdruck eines Diabetes sein. Ferner ist es möglich, dass der Patient blutgerinnungshemmende Medikamente einnehmen muss (z. B. nach einer Herzoperation). In beiden Fällen ist bei der Applikation der Elektroden und der Dosierung äußerste Vorsicht geboten.

Durch Ansammlung von Eiweiß (Ödem), Blut (Hämatom) oder Wasser (Erguss) entstandenen Schwellungen lassen sich elektrotherapeutisch behandeln, sofern die Ursache der Schwellung geklärt ist und dadurch keine Kontraindikation besteht. Differentialdiagnostisch ist Einlagerung von Eiter im Gewebe (Abszess) oder in Körperhöhlen (Empyem) in Betracht zu ziehen. Die sonographische Abklärung oder eine Punktion durch den Arzt kann dies klären.

► Aufquellung/Einziehungen/Piloarreaktion

Aufquellung oder Einziehungen der Haut oder Unterhaut mit darunter liegenden Gewebsschichten kommen häufig nach Verletzungen vor. Erstrecken sich diese Phänomene jedoch auf komplette Organzonen, so ist auch hier auf ein reflektorisches Krankheitsgeschehen im Rahmen einer Organfunktionsstörungen zu schließen. Gleiches gilt für Zonen, in denen Piloarreaktion (Gänsehaut) auftritt.

► Narben

Narben als Folge von Verletzungen, operativen Eingriffen oder ausgeheilten Infektionskrankheiten mit Hautbeteiligung (z. B. Windpocken) behindern die Mobilität des Gewebes oder – je nach Lage – auch die von Gelenken. In diesen Bereichen kann die Sensibilität verändert sein. Bei elektrotherapeutischen Behandlungen ist deshalb vorher die Sensibilität zu prüfen. Auch die Mobilität von Narben kann mittels Elektrotherapie verbessert werden (z. B. durch Einbringen von Medikamenten mit Gleichstrom). Narben können auch immer ein Hinweis auf Metallimplantate sein. Der Patient sollte gezielt danach befragt werden, da bei Stromapplikation im Bereich von implantierten Metallen die Gefahr einer Verätzung besteht.

► Offene Hautstellen, Varizen, Ekzeme

Offene Hautstellen, Varizen und Ekzeme fallen meist direkt ins Auge. An diesen Stellen ist mit erhöhter Sensibilität gegen Strom zu rechnen, daher sollten dort keine Elektroden platziert werden.

Hinweis: Die **Palpation** erfolgt je nach Beschwerden des Patienten (Sensibilitätsstörungen, Schmerzen, motorische Störungen) unterschiedlich (s. Kap. 6.3, Ausführliche Befunderhebung).

Dokumentation

Um dem Behandler und besonders einem eventuellen Stellvertreter einen schnellen Überblick über die Kern-daten zu verschaffen, gibt es zusätzlich zu dem **Befundbogen** (s. Anhang) verschiedene **Zeichenvordrucke** (s. Anhang) für die einzelnen Körperbereiche. Dort werden die Symptome unterschiedlich gekennzeichnet.

Dokumentation



Zeichenvordruck

Einzeichnen eines schmerzhaften Hautareals

Anamnese des elektrotherapeutischen Basisbefunds – Übersicht

Frage nach	gewonnene Information	Konsequenz für die Behandlung
Zeitpunkt der Erkrankung	Hinweise auf Akutheit der Erkrankung oder bereits eingetretene Chronifizierung und auf die mögliche Krankheitsursache	bestimmt die Dosierung der elektrotherapeutischen Therapie
Schmerzen	Liegt der Krankheitsprozess bzw. die Schädigung weniger als sechs Tage zurück und sind die Schmerzen konstant, handelt es sich um eine Akutphase.	bestimmt ebenfalls die Dosierung der elektrotherapeutischen Behandlung
Schmerzlokalisation	Hinweis auf Tiefe der Schädigung	bestimmt die anzuwendende elektrotherapeutische Methode
Welche Position lindert die Beschwerden?		bestimmt die Therapieposition
Kontraindikationen	Vorliegen von Herzleiden, bösartigen Tumorerkrankungen, Osteosynthesen im Behandlungsgebiet oder Schwangerschaft	keine oder nur eingeschränkte elektrotherapeutische Behandlung möglich; bei Schwangerschaft keine Behandlung im LWS-Bereich
Schmerzmittel	Hinweis auf herabgesetzte Sensibilität des Patienten mit der Gefahr der Überdosierung	vorsichtige Dosierung
gerinnungshemmende Medikamente	Hinweis auf eine verzögerte Blutgerinnung	Gefahr einer schlecht zu stoppenden Blutung
Überempfindlichkeit gegen Elektrotherapie		vorsichtige Dosierung

Inspektion des elektrotherapeutischen Basisbefunds – Übersicht

Hautveränderungen	gewonnene Information	Konsequenz für die Behandlung
Narben	können ein Hinweis auf Metall im Körper sein	Hinweis auf Kontraindikationen
blaue Flecken	Hinweis auf Neigung zu Blutung (Hämophilie)	Hinweis auf Kontraindikationen
offene Hautstellen, Varizen, Ekzeme	Empfindliche Hautbereiche liegen vor. Der Patient empfindet den Strom an diesen Stellen sehr intensiv.	Auf diesen Stellen keine Elektroden platzieren. Stellen mit Vaselinesalbe oder Pflaster abdecken.
nicht erklärbare Verdickungen im Gewebe oder Verfärbungen der Haut in Form von dunklen oder roten Flecken (Erytheme)	Ursache unklar	keine Behandlung durchführen, sondern ärztlich abklären lassen
Aufquellungen oder Einziehungen oder Piloarreaktion	Hinweise auf Bindegewebszonen und auf eventuelle Störungen der zugehörigen Organe	Elektrotherapie ist nicht indiziert, Bindegewebszonenmassage ist Therapie der Wahl.

6.3 Ausführliche Befunderhebung

Bei der ausführlichen Befunderhebung werden zusätzlich zum Basisbefund (s. Kap. 6.2), abgestimmt auf das Beschwerdebild, Palpation und Funktionsprüfung durchgeführt. Bei Schmerzpatienten dienen außerdem die Schmerzpunktsuche und die Galvanopalpation (s. Kap. 6.2.3) dem Auffinden von hyperalgetischen Bereichen.

6.3.1 Die Untersuchung von Patienten mit Sensibilitätsstörungen

Die klinische und manuelle Untersuchung

- **Anamnese und Inspektion** s. Kap. 6.2.1
- **Palpation**

Bei Patienten mit Sensibilitätsstörungen zielt die Palpation in erster Linie darauf ab, die **Gewebsspannung (Turgor) und -feuchtigkeit** zu beurteilen, da diese den Hautwiderstand und damit die bei der Diagnostik zu applizierende Stromstärke mitbestimmen. Zuvor aufgetragene Feuchtigkeits- und Fettcremes müssen aus diesem Grunde ggf. entfernt werden. Dazu eignet sich besonders Alkohol.

Die **Temperatur** der Körperoberfläche gibt Auskunft über u. a. die Durchblutungssituation. Eine Überwärmung kann eine Entzündungsreaktion anzeigen. Kühle Haut signalisiert eine Durchblutungsstörung.

- **Funktionsprüfung**

Eine **Sensibilitätsprüfung** kann mit verschiedenen Hilfsmitteln vorgenommen werden. In der Regel wird ein **spitzer Gegenstand oder Pinsel** verwendet, der tangential über die Haut geführt wird. Der Untersucher beschreibt dabei an mehreren Stellen eine ringförmige Bahn um die Extremitäten. Am Rumpf fährt er parallel zur Wirbelsäule von kaudal nach kranial oder umgekehrt alle Segmente ab. Der Patient wird zuvor instruiert, jede veränderte Empfindung, sei es eine verminderte (pelzig bis taub) oder eine vermehrte (Kribbeln bis Schmerz), unmittelbar anzugeben. Auf diese Weise kann der Therapeut durch Bestreichen mehrerer Körperabschnitte die Grenzen des betroffenen Areal ermitteln. Sobald deutlich wird, um welches Dermatome oder Versorgungsgebiet eines peripheren Nerven es sich handelt, beginnt er, gezielt das betroffene Gebiet zu testen. Ein betroffenes Dermatome wird er beispielsweise dann längs zu seinen Verlauf prüfen.

Die elektrotherapeutische Untersuchung

- **Funktionsprüfung**

Anstelle eines Pinsels oder einer Nadel kann die Sensibilitätsprüfung auch **mittels elektrischen Stroms** durchgeführt werden. Dabei kann an vergleichbaren Körperstellen (z. B. im Seitenvergleich) die sensible Schwelle oder die Toleranzgrenze ermittelt werden. Die ermittelten Werte können für eine Erfolgskontrolle im Laufe einer Behandlungsserie und für den Abschlussbefund herangezogen werden. Die Eingrenzung des betroffenen Areals kann in gleicher Weise wie das Aufsuchen Headscher Zonen vorgenommen werden.

- **Dokumentation** (s. Anhang)

6.3.2 Die Untersuchung von Schmerzpatienten

Die klinische und manuelle Untersuchung

- **Anamnese und Inspektion** s. Kap. 6.2.1
- **Palpation**

Die einfachste Methode zur Lokalisation von Schmerzen stellt die Palpation dar. Der Untersucher reproduziert dabei gezielt in den verschiedenen Gewebsschichten, möglichst exakt an den anatomischen Strukturen, die beklagten Beschwerden des Patienten. Dabei können Haut und Unterhaut (Headsche Zonen), Muskeln (McKenzie Zonen, Triggerpunkte), Bänder und Kapseln oberflächlich gelegener Gelenke, Bursen (lokaler Schmerz) sowie einige periphere Nerven auf ausstrahlende Schmerzen untersucht werden. Durchblutungsbedingte (ischämische) Schmerzen werden anhand der peripheren Arterienpulse identifiziert.

- **Funktionsprüfung**

In klassischer Weise sollte der betroffenen Körperabschnitt zunächst mit **aktiven und passiven Bewegungen** untersucht werden. Aus dem Repertoire translatorischer Tests (Manuelle Therapie) erscheint im Rahmen dieser Abhandlung die Anwendung einer **Traction** und **Kompression** sinnvoll. Da in der Elektrotherapie häufig muskuläre Probleme behandelt werden, sind **Widerstandstests** unverzichtbar. Ziel der Untersuchung ist es, durch gezielte Provokation die schmerzauslösende Struktur zu identifizieren. Auf die genaue Ausführung der vorgeschlagenen Tests soll hier nicht näher eingegangen werden. Sie sind Gegenstand anderer Unterrichtsfächer.

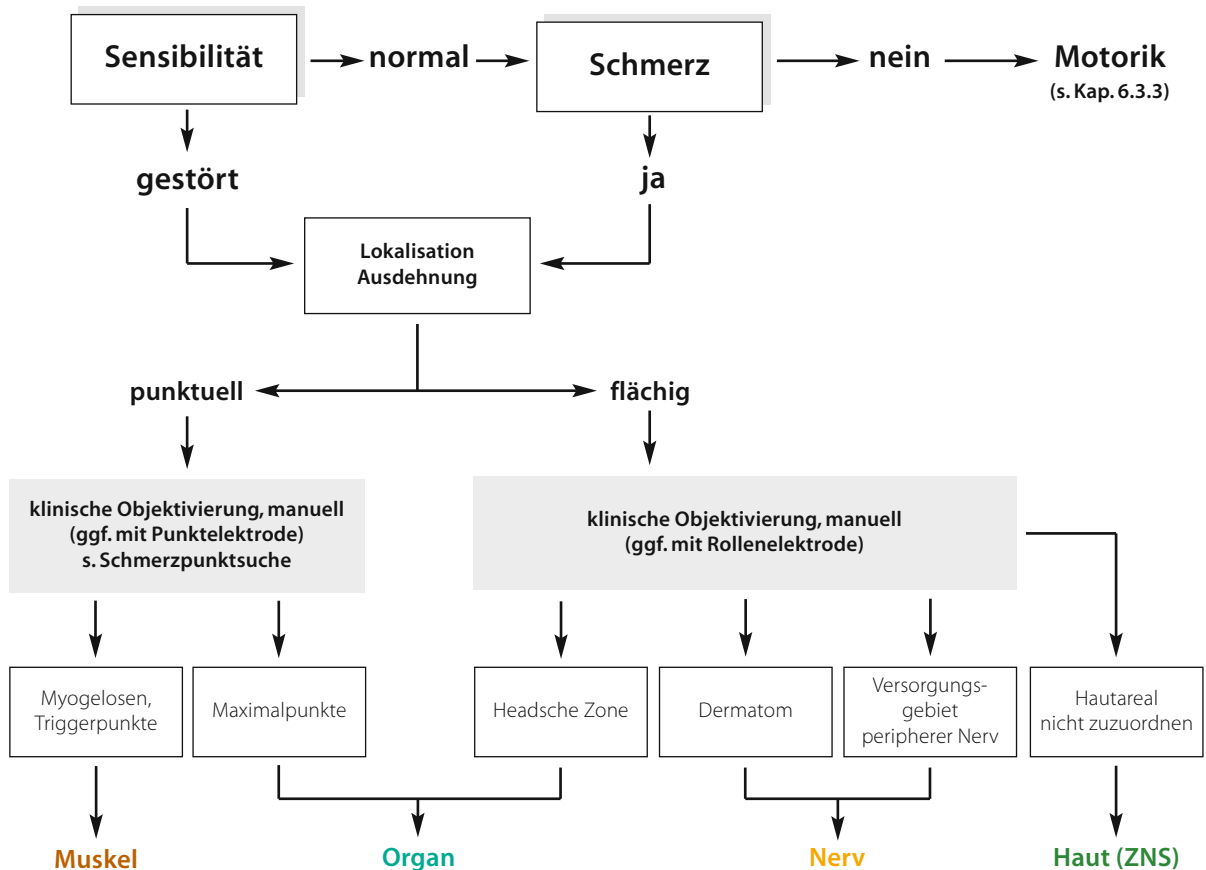


Abb. 6.2. Beispiel für eine Befundinterpretation bei Patienten mit Sensibilitätsstörungen und Schmerzpatienten

Die elektrotherapeutische Untersuchung

Die Schmerzpunktsuche

Die Schmerzpunktsuche dient dem Auffinden von **Muskeltriggerpunkten** (= myofasziale Triggerpunkte). Diese sind histologisch nachweisbare „Kontraktionsknoten“ im Verlauf eines gut tastbaren Hartspannstrangs und weisen auf Störungen der Muskulatur hin.

Wird ein Muskeltriggerpunkt durch Kompression gereizt, können die Symptome des Patienten reproduziert werden. Es kann außerdem zu einer „lokal response“, einer Zuckung von Muskelfasern innerhalb des Hartspannstrangs, kommen.

Ist ein Triggerpunkt verantwortlich für die Symptome eines Patienten, verschwinden diese meist nach einer speziellen mechanischen Therapie der Triggerpunkte sowie durch Reizung mit Strom (s. Kap. 8.2, 8.3 und 8.5).

Ursachen für Triggerpunkte können sein:

- ▶ akute oder chronische Überlastung, Überdehnung, lange gehaltene Positionen in Annäherung des Muskels,
- ▶ lokale Gewebsveränderungen,
- ▶ Facettengelenkstörungen im Bereich der Wirbelsäule.

Durchführung der Schmerzpunktsuche

1. Vorbereitung: Elektrode als Anode proximal des angegebenen Schmerzbereichs anlegen. Gerät einschalten und Stromart wählen. Als Stromart werden Ultraschallstrom, DF oder ein Mittelfrequenzstrom mit einer Frequenz zwischen 100 und 150 Hz eingesetzt.
2. Eine als Kathode gepolte Rollenelektrode oder ein ebenso gepolter Ultraschallkopf, dessen Ultraschallleistung auf 0,3–0,5 W eingestellt ist, wird an einer Stelle im Behandlungsreich aufgesetzt und die Stromstärke langsam hochgeregelt,

6.3 · Ausführliche Befunderhebung

bis der Patient gerade ein leichtes Vibrieren spürt (sensibel schwellige Reizung). Alternativ können auch Handschuhelktroden eingesetzt werden.

3. Nun wird das Schmerzgebiet mit der Rollenelektrode oder dem Ultraschallkopf systematisch in Bahnen abgetastet. Der Patient wird gebeten, ein verstärktes Strom- oder Schmerzempfinden sofort mitzuteilen.
4. Bei zu starkem Schmerzempfinden muss die Stromstärke heruntergeregt werden. Werden keine Schmerzpunkte gefunden, wird die Stromstärke etwas erhöht.
5. Stellen mit erhöhter Sensibilität oder sogar erhöhtem Schmerzempfinden werden registriert und im Befundbogen vermerkt.
6. Die Stellen mit verstärktem Stromempfinden weisen auf Schmerzpunkte hin. An diesen Stellen zeigt sich darüber hinaus kurz nach der Reizung eine deutliche **Rötung**. Diese Zonen werden in den Zeichenvordrucken (s. Anhang) farbig gekennzeichnet.

Schmerzpunktsuche



Suche nach Muskeltriggerpunkten im Bereich des Fußes

Galvanopalpation

Die Galvanopalpation dient dem Aufspüren hyperalgetischer Zonen insbesondere der **Headschen Zonen**. Als Headsche Zonen werden Zonen in der Haut bezeichnet, die bei Erkrankungen innerer Organe schmerzhaft und überempfindlich auf Hautreize reagieren.

Auf diese Weise können Störungen innerer Organe festgestellt werden. Durchgeführt wird sie mit einer Punktelektrode, die bei eingeschaltetem Gleichstrom langsam über die Körperoberfläche geführt wird. Stellen, an denen der Gleichstrom besonders intensiv empfunden wird, können Ausdruck von Störungen in reflektorisch verschalteten Organen sein.

Diese Zusammenhänge zwischen Funktionsstörungen innerer Organe und hyperalgetischen Hautzonen, dessen zugehöriges Rückenmarkssegment die nozizeptiven Afferenzen des entsprechenden Organs empfängt, wurden erstmals von **Henry Head** (engl. Neurologe, 1861–1940) beschrieben.

Über die Headschen Zonen können mittels elektrotherapeutischer Verfahren kutiviszerale Reflexe zwischen der Haut und den Organen, die von den gleichen Segmentnerven innerviert werden, aktiviert und damit die Funktion des betroffenen Organs günstig beeinflusst werden. Die Headschen Zonen können also sowohl zur Diagnostik als auch zur Therapie genutzt werden.

Innerhalb einer Headschen Zone kann es an manchen kleineren Stellen zu einer Schmerzverdichtung, die alle Gewebsschichten betrifft, kommen. Diese Stellen bezeichnet man als **Maximalpunkte** (s. Anhang).

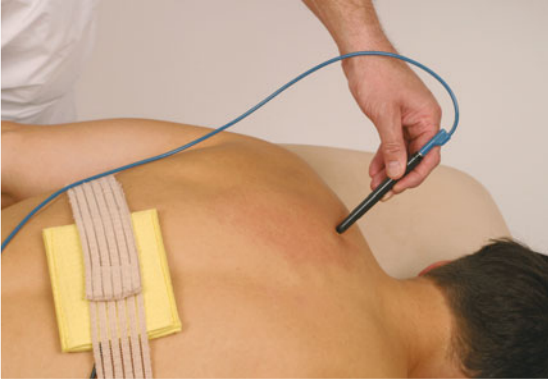
PRAXISTIPP

Die Schmerzpunkte sollten immer mit den Ergebnissen der klinischen Untersuchung verglichen werden. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass die lokalisierten Schmerzpunkte nur dann einer speziellen Behandlung bedürfen, wenn sie auch bei der manuellen Untersuchung auffällig sind.

VORSICHT

Anschließend an die Untersuchung muss überprüft werden, ob Körperstrukturen oder Organe, die reflektorisch mit diesem Areal verschaltet sind, ebenfalls Störungen aufweisen. Besteht eine eindeutige Zuordnung des schmerzhaften Areals zu einem inneren Organ, ist eine ärztliche Untersuchung angeraten.

Galvanopalpation einer Headschen Zone



Beispiel: Die Zone wird von medial, lateral, kranial und kaudal eingekreist.



Rötung einer hyperalgetischen Zone nach Galvanopalpation

6

6.3.3 Die Untersuchung von Patienten mit motorischen Störungen

Die klinische und manuelle Untersuchung

- **Anamnese und Inspektion s. Kap. 6.2.1**
- **Palpation**

Tonusprüfung: Solange keine Kontraktion oder gar eine Bewegung sichtbar ist, überprüft der Therapeut, ob bei einem Bewegungsauftrag am betreffenden Muskel zumindest eine minimale Anspannung oder Zuckung ertastet werden kann. Ist dies möglich, so entspricht das einem Wert von 1.

- **Funktionsprüfung**

■ Muskelfunktionstests

Auf der Grundlage der bekannten Tests nach Kendall wird bei Patienten mit Muskelschwäche oder -lähmung die Kraft auf der Skala von 1–5 festgestellt. Werte unter 3 stellen eine Indikation zur Elektrostimulation dar. Je schlechter der Kraftwert, um so sinnvoller ist die Elektrotherapie, da sie dann die einzige Möglichkeit darstellt, den Muskel zur Anspannung zu bringen, also ein gewisse Kräftigung zu erzielen. Bei normal kräftigem Muskel mit erhöhtem Tonus oder gar einer Spastik liefern diese Tests keine Information. Hier ist die passive Beweglichkeit (Fähigkeit der Muskeln zur Entspannung) aussagefähig. Eine eventuelle elektrotherapeutische Behandlung zielt dann auf eine Tonussenkung durch Ermüdung infolge maximaler Stimulation ab (**s. Kap. 9.14**).

■ Physiologische Reflexe

Entsprechend einer klassischen neurologischen Untersuchung wird die Reflexaktivität getestet. Die Reflexe sollten

im Seitenvergleich gleich stark auslösbar sein und nicht ermüden.

Eine gesteigerte Reflexaktivität spricht für eine zentrale Schädigung (Rückenmark oder Gehirn), die mit einer Spastik einhergeht. Eine Abschwächung oder gar ein Ausfall deutet auf eine periphere Schädigung (peripherer Nerv) und ist anhand einer Schwäche oder Lähmung erkennbar.

■ Pathologische Reflexe

Pathologische Reflexe (z. B. Babinsky-Reflex) sind nach Abschluss der Hirnreife normalerweise nicht mehr auslösbar. Im Rahmen zentraler Schädigungen des ZNS kann deren Hemmung aufgehoben werden.

■ Klonusprüfung

Bei ruckartiger Dehnung der Wadenmuskulatur oder der Volarflexoren durch forcierte passive Dorsalextension können Kontraktionen der gedehnten Muskulatur auftreten: drei bis maximal fünf Kontraktionen werden als normal angesehen. Treten mehr als fünf Kontraktionen auf, so spricht man von einem Klonus. Dies ist ein Zeichen für eine zentrale Schädigung des ZNS.

■ Passives Bewegen

Durch passives rasches Hin- und Herbewegen der Muskulatur lässt sich an ihrem Widerstand der Tonus gut herleiten: während bei einer peripheren Lähmung kein Widerstand zu fühlen ist, wird der Therapeut bei einer zentralen Lähmung einen Widerstand spüren.

Ärztliche Diagnostik	Anamnese → Inspektion → Palpation → Funktionsprüfung										
						aktive Bewegung	passive Bewegung	Traktion	Kompression	Widerstands-test	
Röntgen	Trauma	Deformität	Krepitation		schmerzhaft eingeschränkt	schmerzhaft eingeschränkt	schmerzhaft	schmerzhaft	schmerzhaft	nicht testbar	Knochen
Röntgen	Alter Trauma	Schwellung	Kapsel dolent		schmerzhaft gleiche Richtung wie passiv	schmerzhaft gleiche Richtung wie aktiv	Linderung	schmerzhaft	schmerzhaft	schmerzhaft	Gelenk
Sonographie	direkte mechanische Belastung	Rötung Schwellung	Dolenz		schmerzhaft gleiche Richtung wie passiv	schmerzhaft gleiche Richtung wie aktiv	o. B.	o. B.	o. B.	schmerzhaft	Bursa
Sonographie	Überbeanspruchung	Schwellung	Schneeballknirschen		schmerzhaft in beide Richtungen	schmerzhaft in beide Richtungen	o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	Sehnen-scheide
MRT	Überbeanspruchung	o. B.	Dolenz Quellung		schmerzhaft entgegengesetzte Richtung wie passiv	schmerzhaft entgegengesetzte Richtung wie passiv	o. B.	o. B.	o. B.	schmerzhaft	Sehne Muskel
Neurographie	Dysästhesien	o. B. (Trophik)	Nerv druckdolent		schmerzhaft gleiche Richtung wie passiv	schmerzhaft gleiche Richtung wie aktiv	o. B.	o. B.	(schmerzhaft)	(schmerzhaft)	Nerv
Doppler-sonographie	ischämische Parästhesien	Blässe Schwellung	Pulsschwäche		Ermüdung	o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	Ermüdung	Gefäß
Labordiagnostik	internistische Symptome	Einziehung Ausquellung Dermographie	Headsche Zone		o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	Organ
dermatologische Untersuchung	Lokalisation oberflächlich	Trophik	Turgor		schmerzhaft gleiche Richtung wie passiv	schmerzhaft gleiche Richtung wie aktiv	o. B.	o. B.	o. B.	o. B.	Haut

Abb. 6.4. Beispiel einer Befundinterpretation, ausgehend von der Basisfunktionsprüfung bei Schmerzpatienten: **symptomorientierte Herangehensweise** zur Festlegung der betroffenen Struktur. **Hinweis:** stark vereinfachte schematische Darstellung, angegeben sind nur die wichtigsten Symptome, die – gemeinsam betrachtet – einen ersten Hinweis auf die betroffene Struktur geben können.

Die elektrotherapeutische Untersuchung

Der faradische Test

Der faradische Test gibt dem Therapeuten Auskunft über die Art einer Muskelschädigung sowie deren Schweregrad:

- ▶ Liegt eine periphere Nervenläsion vor, kann der Muskel nicht mehr faradisch gereizt werden. Diese so genannte Entartungsreaktion tritt i. d. R. 5–7 Tage nach einer Nervenschädigung auf.
- ▶ Ist der Muskel nur ganz leicht gelähmt oder durch Inaktivität geschwächt, kann er noch faradisch erregt werden.

Allgemeines zur galvanischen und faradischen Erregbarkeit: s. Kap. 4.2.3

Durchführung des faradischen Tests:

1. Optimale Elektrodenlage testen. An der Stelle, wo der Muskel kontrahiert, die Kathode befestigen.
2. Gut befeuchtete Elektroden absteigend gepolt (Kathode liegt distal der Anode) in bi- oder monopolarer Technik anlegen (vgl. Kap 4.2.3, S. 62).
3. Neofaradischen Schwellstrom am Gerät einstellen. Stromstärke bei Null beginnend vorsichtig erhöhen.

4. Muskel beobachten:

- Reagiert der Muskel mit einer starken Kontraktion, wird mit derjenigen Stromstärke behandelt, bei der die Kontraktion beobachtet wurde (Stromstärke notieren).
- Reagiert der Muskel nicht oder nur sehr schwach, kann die Stromstärke noch etwas erhöht werden, so weit dies vom Patienten toleriert wird. Führt dieses Vorgehen zu einer gut sichtbaren Kontraktion, wird mit dieser Stromstärke behandelt.

5. Führt auch die leichte Erhöhung der Stromstärke nicht zum Erfolg: Stromstärke zurückdrehen, Elektrodenlage verändern und Strom langsam wieder steigern, bis eine starke Kontraktion erfolgt (Stromstärke notieren). Bei geänderter Elektrodenlage wird mit der zur Kontraktion führenden Stromstärke behandelt.

6. Ist der Wechsel der Elektrodenlage ebenfalls erfolglos, Stromstärke zurückdrehen, umpolen und den Vorgang wiederholen. Ist diese Reizung erfolgreich, auf diese Weise behandeln.

7. Ist trotz Umpolen und Elektrodenkorrektur kein Reizerfolg zu erzielen, ist der Muskel faradisch nicht reizbar. Es liegt offenbar eine Schädigung des Nerv-Muskel-Systems vor. Ein gal-

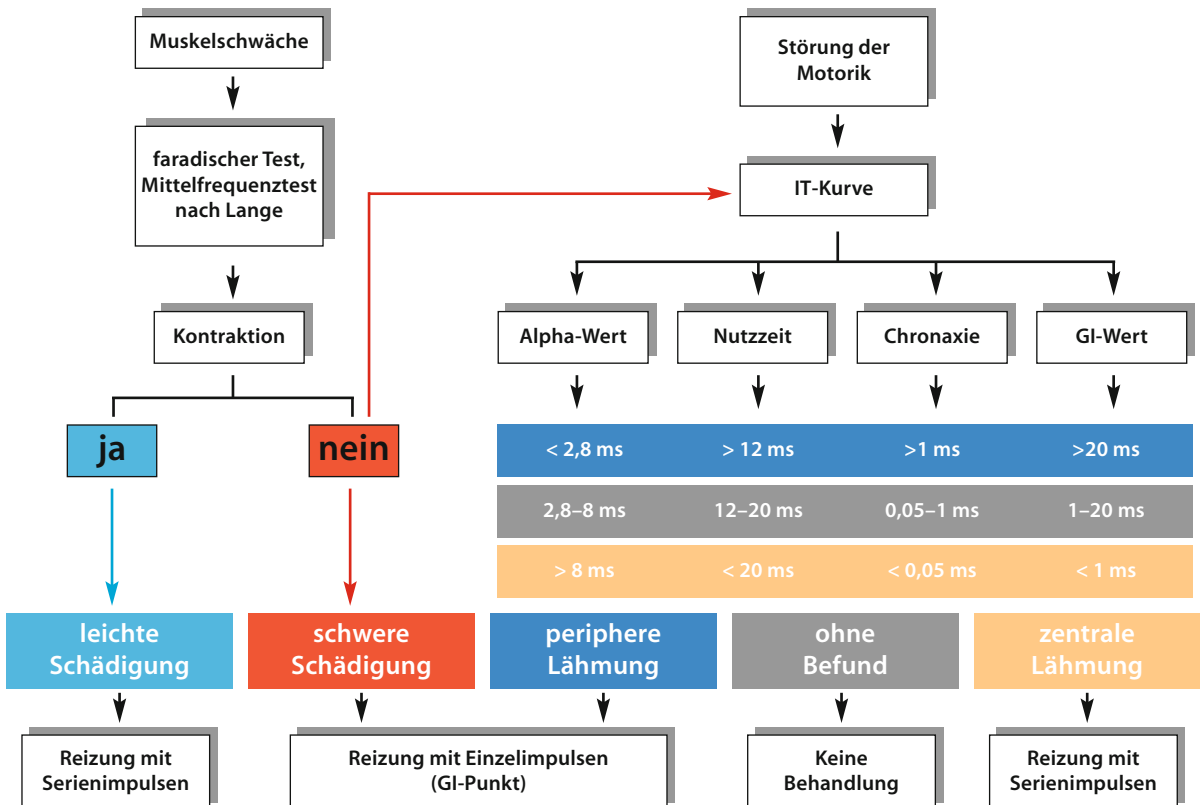


Abb. 6.5. Vorgehensweise bei der Elektrodiagnostik

vanischer Test im Sinne der IT-Kurve (**s. u.**) ist in diesem Fall dringend angeraten.



MEMO

Die Behandlung des Muskels erfolgt immer mit der Stromstärke, der Elektrodenposition und der Polung, bei der die Reizung erfolgreich war.

Mittelfrequenztest nach Lange

Dieser Test stellt eine Alternative zum faradischen Test dar. Da er weniger bekannt ist als der faradische Test, kommt er seltener zur Anwendung, ist aber genauso gut geeignet. Er gibt ebenfalls Auskunft über Art und Schwere der Muskelschädigung: Ein funktionstüchtiges Nerv-Muskel-System reagiert gut auf diesen Test, ein denervierter Muskel hingegen nicht oder nur sehr schlecht (ist Letzteres der Fall, muss eine IT-Kurve aufgenommen werden). Der Unterschied zum faradischen Test besteht in der Stromform und den Elektroden:

- ▶ **Stromform:** mittelfrequente Wechselstromimpulse mit
 - Impulszeit: 300 ms
 - Pausenzeit: 1–7 s, frei wählbar
 - Impulsanstiegs- und Abfallzeit je 20 ms.
 - **Hinweis:** Nicht alle Geräte liefern diese Stromform.
- ▶ **Elektrode:** 1,5 cm² große Punktelektrode

Durchführung:

Die Vorgehensweise entspricht der beim faradischen Test, da der Reiz aus Wechselstromimpulsen besteht, entfällt das Umpolen. Grundlage des Mittelfrequenztests nach Lange ist der **Gildemeister-Effekt** (vgl. Kap 4.3.2, S. 69).



PRAXISTIPP

Elektrodenteknik

Sie können statt einer monopolen Technik auch eine bipolare Technik einsetzen.

Test der Polarität:

das polare Reizgesetz nach Pflüger

Wie in Kap. 4.2.4 beschrieben, gibt das Gesetz Auskunft darüber, wie die differente Elektrode bei einer bipolaren Reizung mit Gleichstrom gepolt werden muss.

„**Standardpolung**“: Anode proximal der Kathode bzw. Kathode distal der Anode (**absteigende Behandlung**). Die Durchführung des Tests ist im faradischen Test integriert und daher an dieser Stelle nicht mehr aufgeführt.

Die IT-Kurve

Genau genommen handelt es sich bei der IT-Kurve um zwei Kurven: eine Dreieckskurve, genannt DIC (Dreieckimpulscharakteristik) und eine Rechteckkurve, abgekürzt RIC (Rechteckimpulscharakteristik). Beide Kurven werden mit niederfrequenten Reizströmen (Dreieckstrom bzw. Rechteckstrom) aufgenommen.

Die IT-Kurve kann diagnostisch und therapeutisch verwendet werden:

Bei der **Diagnose** gibt sie Auskunft über den Schädigungsgrad eines Muskels und darüber, ob alle Muskelfasern den gleichen Schädigungsgrad aufweisen oder eine Mischung von geschädigten und gesunden Muskelfasern vorliegt.

Für die **Therapie** liefert sie dem Behandelnden Werte für die optimale Impulszeit, mit welcher der geschädigte Muskel zu reizen ist.

▶ Aufnahme einer IT-Kurve

Im ersten Durchgang wird die RIC-Kurve aufgenommen. Die Messwerte werden in ein **Formblatt für IT-Kurven** (**s. Anhang**) eingetragen. Wichtig ist der Vermerk der Polarität, falls diese nicht dem Standard (Kathode distal) entspricht. Wenn einzelne Punkte nicht aufgenommen werden konnten, sollte der Grund dafür vermerkt werden.

Bei den Messungen wird mit den langen Impulszeiten begonnen. Die Kurve entsteht daher auf dem Formblatt von rechts nach links.

Durchführung:

1. Zu testenden Muskel in einer entspannten Position und in mittlerer Annäherung lagern.
2. Rechteckstrom wählen.
3. Polung einstellen (blau = Kathode, rot = Anode).
4. Impulszeit von 1000 ms und Pausenzeit von 2000 ms wählen (moderne Geräte besitzen vorprogrammierte Tasten).

5. Elektroden bipolar an dem Muskel anlegen (Anode proximal) und über das Kabel mit dem Gerät verbinden. Bei kleinen Muskeln Plattenelektrode als Anode proximal des Muskels fixieren und die Punktelektrode als Kathode auf den Muskelbauch aufsetzen.
6. Gerät einschalten.
7. Stromstärke langsam aufdrehen bis eine erste sichtbare minimale Kontraktion auftritt.
8. Effektivstrom ablesen und zusammen mit der Impulszeit notieren bzw. in die Kurve eintragen.



PRAXISTIPP

Bei älteren Geräten muss zur Anzeige des Effektivstroms der Spitzenstromknopf gedrückt werden, neuere Geräte zeigen den Effektivstrom automatisch an.

9. Vorgang mit umgekehrter Polung wiederholen; Stromstärkewert und Polung (Anode oder Kathode distal) wiederum in das Formblatt eintragen.
Damit ist wie beim faradischen Test (**s. S. 88**) die optimale Polung zur Aufnahme aller weiteren Punkte der Kurve ermittelt worden.
10. Die Stromstärken für alle weiteren Impulszeiten, die in dem Formblatt angegeben sind, werden auf die gleiche Weise aufgenommen. Die ermittelte Polung wird dabei nicht mehr verändert.



VORSICHT

Hat der Patient Sensibilitätsstörungen im Sinne einer Hypalgesie oder Hypästhesie, muss die Toleranzgrenze auf der gesunden Seite an der entsprechenden Stelle mit 1000 ms Dreieckstrom getestet werden, da dieser Stromimpuls als sehr unangenehm empfunden wird.

Damit ist die RIC-Kurve vollständig aufgenommen. Zur anschließenden Aufnahme der DIC-Kurve wird das Gerät auf Dreiecksstrom umgestellt und wiederum die Stromstärken für alle Impulszeiten ermittelt. Nach der Aufnahme beider Kurven werden die Elektroden abgenommen, das Gerät ausgeschaltet und die Punkte in der Rechteck- und in der Dreieckskurve verbunden.

► Erkennen der Minimalkontraktion

Um die IT-Kurve zuverlässig aufnehmen zu können, ist es wichtig, die Minimalkontraktion sicher zu erkennen.

Stellen Sie dafür eine optimale Beleuchtung sicher und schauen Sie aus verschiedenen Blickwinkeln auf den Muskel. Die Sicht seitlich über die Oberfläche hat sich dabei am besten bewährt. Bei größeren Muskeln sollten Sie nie den Blick auf eine Stelle fixieren, sondern immer den ganzen Muskel beobachten, da Sie nie voraussehen können, an welcher Stelle die erste Zuckung zu beobachten ist. Ein Tasten der Zuckung ist oft problematisch, da die Zuckung in der Regel zu gering ist, um sie ertasten zu können.

Sind Sie nicht sicher, ob die beobachtete Kontraktion eine Minimalkontraktion ist, verringern Sie die Stromstärke um einen kleinen Betrag. Kontrahiert sich der Muskel dann nicht mehr, war die zuletzt eingestellte Stromstärke die richtige.

Charakteristische Werte der IT-Kurve

► Galvano-Tetanus-Schwelle (GT-Wert)

Der erste Punkt der Dreieckskurve, also die minimale Stromstärke für eine Kontraktion bei 1000 ms Impulsdauer, wird als Galvano-Tetanus-Schwelle oder GT-Wert bezeichnet. Der GT-Wert hat für sich alleine keine Aussagekraft.

► Rheobase (Grundswellenwert, Rh-Wert)

Analog zur DIC-Kurve wird der erste Punkt der Rechteckkurve als Rheobase oder Rh-Wert bezeichnet. Dieser Punkt gibt für einen Rechteckimpuls bei 1000 ms die benötigte Stromstärke an, die eine Minimalkontraktion auslöst. Auch die Rheobase besitzt nur im Zusammenhang mit anderen Werten eine Bedeutung.

► Alpha-Wert

Der Alpha-Wert ist der Quotient aus GT- und Rh-Wert. Er gibt Auskunft über den Schädigungsgrad des Muskels:

- **normal: 2,8–6**
- **unter 2,5:** Hohe Wahrscheinlichkeit einer schlaffen Lähmung des Muskels. Im Extremfall – einem Alpha-Wert von 1 – ist der Muskel absolut paralytisch, also vollkommen gelähmt.
- **unter 2,8:** Verdacht auf schlaffe Lähmung des Muskels
- **6–8:** erhöhte Reflexauslösung (Hyperreflexie), eventuell liegt eine zentrale Lähmung vor; bei sportlich durchtrainierten Muskeln häufig unpathologisch.
- **größer 8:** Hohe Wahrscheinlichkeit einer zentralen Lähmung. Die Deutung dieser sehr hohen Werte ist immer im Kontext mit anderen neurologischen Untersuchungen zu sehen wie z. B. deutlich erhöhten Eigenreflexen gegenüber der anderen Seite, pathologischen Reflexen wie dem Babinski-Reflex.



PRAXISTIPP

Alpha-Wert: Die Praxis zeigt immer wieder, dass auch die Werte gesunder Personen vom Normalwert abweichen können: selbst Werte bis zu 8 können noch im Normbereich liegen, z. B. bei gut durchtrainierten Sportlern. Auch Werte zwischen 2,5 und 2,7 sind bei gesunden Patienten beobachtet worden.

► Nutzzeit

Unter Nutzzeit versteht man die Zeit, die eben noch ausreicht, um eine Zuckung auszulösen, also die kürzeste Impulszeit, bei der der Muskel bei Rheobasenstromstärke reagiert. Eine kleinere Impulszeit benötigt dann mehr Strom, um eine Zuckung auslösen zu können.

- **normal: 12–20 ms**
- **unter 12 ms:** Hinweis auf schlaffe Lähmung
- **über 20 ms:** Hinweis auf zentrale Lähmung oder Hyperreflexie

► Chronaxie

Die Chronaxie ist die Impulszeit, bei welcher ein Muskel bei doppelter Rheobasenstromstärke mit einer Minimalzuckung reagiert.

- **normal: 0,05–1 ms**
- **unter 0,05 ms:** Hinweis auf zentrale Lähmung oder erhöhte Reflexerregbarkeit
- **über 1 ms:** Hinweis auf schlaffe Lähmung

► GI-Punkt

Der GI-(günstigste Impulsdauer) Punkt ist der tiefste Punkt der DIC-Kurve.

- **normal: 1–20 ms**
- **unter 1 ms:** Hinweis auf zentrale Lähmung
- **über 20 ms:** Hinweis auf schlaffe Lähmung



PRAXISTIPP

GI-Punkt: Über die Diagnose hinaus hat der GI-Punkt eine besondere therapeutische Bedeutung: Mit der Impulszeit des GI-Punkts wird während der Therapie der geschädigte Muskel behandelt (s. auch Kap. 8.2.9, Exponentialstrom).

Typischer Verlauf der RIC (s. auch Abb. 6.6, S. 92)

Von 1000 ms bis hinab zur Nutzzeit benötigt der Muskel für eine Minimalkontraktion immer die gleiche Stromstärke. Theoretisch ist es daher für einen gesunden Muskel gleichgültig, ob er mit 1000 ms oder 50 ms Impulszeit gereizt wird.

Da ein langer Impuls jedoch eine unangenehme sensible Belästigung des Patienten in Form von Brennen oder Stechen zur Folge hat, wird die Impulszeit in der Praxis so kurz wie möglich gewählt.

Unterhalb der Nutzzeit steigt die benötigte Stromstärke über die der Rheobase an. Dies ist am Anstieg der RIC erkennbar.

Ein geschädigter Muskel benötigt eine längere Impulszeit im Vergleich zu einem gesunden, seine Nutzzeit liegt daher entsprechend höher.

Typischer Verlauf der DIC (s. auch Abb. 6.6, S. 92)

Bei Dreieckstrom fällt beim gesunden Muskel im Gegensatz zur RIC die Kurve vom GT-Punkt bis zum GI-Punkt hin ab. Das heißt, bei langen Impulszeiten benötigt der gesunde Muskel eine höhere Stromstärke als bei kurzen. Der Grund für diesen Mehrbedarf an Strom liegt in der Anstiegssteilheit: Ein langer Dreiecksimpuls benötigt mehr Zeit bis zum Maximalwert als ein kurzer Impuls, das heißt, er besitzt einen flacheren Impulsanstieg als ein kurzer Dreiecksimpuls.



MEMO

Der **Alpha-Wert** als Quotient aus GT-Wert und Rh-Wert, also den Stromstärken bei 1000 ms Impulsdauer des Dreieck- bzw. Rechteckimpulses, ist ein zahlenmäßiger Ausdruck der **Akkomodabilität** (s. Kap. 4.2.2).

Die kürzeste Anstiegszeit, also den steilsten Anstieg, besitzt ein Rechteckimpuls. Hier steigt der Strom praktisch direkt auf den eingestellten Spitzenwert an. Der Muskel hat daher keine Zeit, sich anzupassen und reagiert folglich bei erheblich geringeren Stromstärken. Die Stromstärke für die Minimalkontraktion ist daher bei Rechteckimpulsen in jedem Fall niedriger als bei Dreieckimpulsen.

Bei kurzen Impulsdauern nähert sich die DIC-Kurve immer mehr der RIC-Kurve an. Der Grund dafür ist, dass der Anstieg eines Dreieckimpulses bei Verkürzung der Impulszeit immer steiler und dem Rechteckimpuls ähnlicher wird.

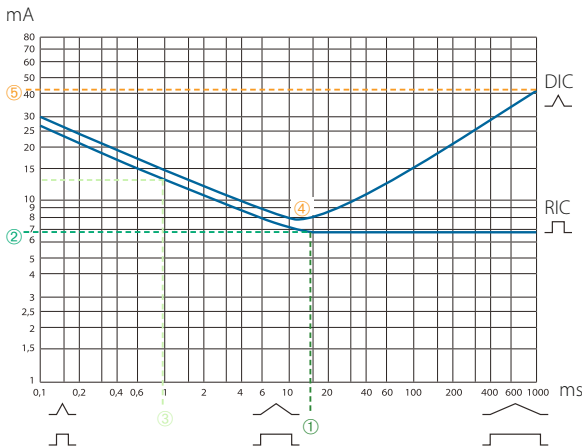


Abb. 6.6. Die IT-Kurve eines gesunden Muskels
RIC: ① Nutzeit, ② Rh-Wert, ③ Chronaxie; **DIC:** ④ GI-Punkt, ⑤ GT-Wert



MEMO

Je kürzer die Impuls- und damit auch die Anstiegszeit, desto weniger Zeit bleibt für die **Akkommodation** (vgl. Kap. 4.2.2).

Schnellbestimmung der diagnostischen Werte der IT-Kurve
 Da es bei sorgfältigem Arbeiten mindestens eine halbe Stunde dauert, eine vollständige IT-Kurve aufzunehmen, wird in der Praxis häufig darauf verzichtet. Im Folgenden ist daher ein verkürztes Verfahren beschrieben, mit dessen Hilfe die wichtigsten Werte schnell und einfach ermittelt werden können. Gleichzeitig wird der Patient weniger

sensibel belastigt und einige der weiter unten beschriebenen Probleme treten nicht auf.

Vorgehen

1. Faradischen Test durchführen (s. S. 88).
2. Aufnahme der **Rechteckkurve**:
 - Rh-Wert bestimmen, Stromstärke der Minimalzuckung notieren.
 - Impulszeit bei konstanter Stromstärke verringern, bis keine Kontraktion mehr sichtbar ist. Anschließend Impulszeit wieder erhöhen, bis erneut eine Kontraktion sichtbar wird.
 - Impulszeit bis 0,05 ms oder 0,1 ms (Werte sind in den Vordrucken der Firmen vorgegeben) bei konstanter Rheobasenstromstärke verringern. Es kann zu keiner schmerzhaften Kontraktion kommen, da die Kurve unterhalb der Nutzzeit ansteigt und damit bei geringeren Zeiten eine höhere Stromstärke zur Kontraktion benötigt wird. Jetzt die eingestellte Stromstärke verdoppeln und die Impulszeit so lange ab 0,05 oder 0,1 ms aufwärts erhöhen, bis eine Minimalzuckung sichtbar wird.
3. Aufnahme der **Dreieckkurve**:
 - Bestimmung des GT-Werts, Stromstärke notieren
 - GT-Wert durch den Rh-Wert dividieren, Alpha-Wert notieren.
 - Ist der GT-Wert wegen starkem Brenngefühl nicht zu ermitteln: Impulszeit so weit verringern, bis eine Kontraktion auftritt. In diesem Fall ist kein Alpha-Wert zu ermitteln.
 - Bei der eingestellten Stromstärke des GT-Werts Impulszeit verringern – die Zuckungen werden stärker. Dies ist ein Zeichen, dass die Kurve abfällt. Werden die Zuckungen für den Patienten unangenehm, Stromstärke etwas reduzieren und obigen Vorgang weiterführen, bis die Zuckung schwächer wird. An dieser Stelle steigt die Kurve wieder an. Jetzt die Impulszeit wieder etwas erhöhen, bis die letzte Kontraktion erneut sichtbar wird. Impulszeit notieren, dies ist der GI-Punkt.

Häufige Probleme bei der Aufnahme der IT-Kurve und Lösungsmöglichkeiten

► Brenngefühl bei Aufnahme des ersten Werts

Beim Ermitteln des ersten Werts der Rechteck- und häufiger noch der Dreieckkurve (1000 ms Impulszeit) kommt es beim Patienten zu einem unerträglichen Brenngefühl, wenn die Stromstärke bis zur Minimalkontraktion gesteigert wird. Dies ist besonders bei gering geschädigtem Muskel normal. Beim Erreichen der Toleranzgrenze des Patienten stellen Sie das Gerät einfach auf die nächst niedrige Impulszeit ein und wiederholen den Vorgang. Ist hier ebenfalls kein Erfolg zu erzielen, verringern Sie die Impulszeit wiederum und notieren Sie

die Impulszeit, bei welcher die erste Kontraktion zu sehen ist. Am Ende verlängern Sie einfach die Kurven gemäß ihres Verlaufs nach rechts und bekommen den hypothetischen, aber sehr wahrscheinlichen Verlauf.

► Keine Kontraktion auslösbar bei 1000 ms

Trotz korrekter Elektrodenlage kommt es vor, dass der Muskel bei 1000 ms Rechteckstrom keine erkennbare Zuckung zeigt. Eine Erhöhung der Stromstärke ist dem Patienten zu schmerzhaft.

Verändern Sie in diesem Fall die Elektrodenlage etwas und versuchen Sie nochmals zu reizen. Führt dies nicht zum Erfolg, polen Sie bei gleich bleibender Elektrodenlage um: Sie werden erstaunt sein, wie oft eine andere Polung (Kathode proximal der Anode bzw. Anode distal der Kathode, aufsteigende Behandlung) zum Erfolg führt. Ein Erklärungsversuch ist die Tatsache, dass bei einem geschädigten Nerv beim Schließen des Stromkreises die Erregung von der Anode ausgeht und beim Öffnen von der Kathode, sich das Brennersche Zuckungsgesetz (s. Kap. 4.2.4, S. 65) also umkehrt.

► Abnormal hoher Strombedarf führt zu Schmerzen des Patienten

Manchmal wird der Muskel während der Aufnahme der IT-Kurve bei einer Impulszeit, die im Bereich des aufsteigenden Astes der Kurve liegt, zu müde und benötigt für eine minimale Reaktion einen so hohen Strom, dass der Patient ihn nicht ertragen kann. Brechen Sie an dieser Stelle ab. Meist ergibt sich der weitere (hypothetische) Verlauf durch eine Verlängerung der Kurve.

Dies bedeutet, dass sich der Strombedarf durch Ermüdung erhöht, wodurch die Kurve verfälscht wird – auch bereits zu einem Zeitpunkt der Aufnahme, bei dem der Patient die Stromstärke noch nicht als unangenehm empfindet. Der Ermüdungseffekt lässt sich nur dann verhindern bzw. eine korrekte Kurve nur dann aufnehmen, wenn Pausen zur Regeneration der Muskulatur eingelegt werden.

► Unterschiedliche Orte der Minimalkontraktion bei DIC und RIC

In einigen Fällen zuckt bei Dreieckstrom ein anderer Anteil des selben Muskels als bei Rechteckstrom. Auch bei Erhöhung der Stärke des Dreieckstroms zuckt dieser Muskel erfahrungsgemäß nicht mehr an der gleichen Stelle wie bei Rechteckstrom. Nehmen Sie die Zuckungen dieser anderen Anteile als Grundlage für die weiteren Messungen und vermerken Sie dies in Ihrer IT-Kurve (s. Abb. 6.7).

► Synergist oder Antagonist reagiert alleine oder zusammen mit erkranktem Muskel

Bei Reizung eines geschädigten Muskels reagieren bei kürzeren Impulszeiten manchmal gesunde Synergisten oder

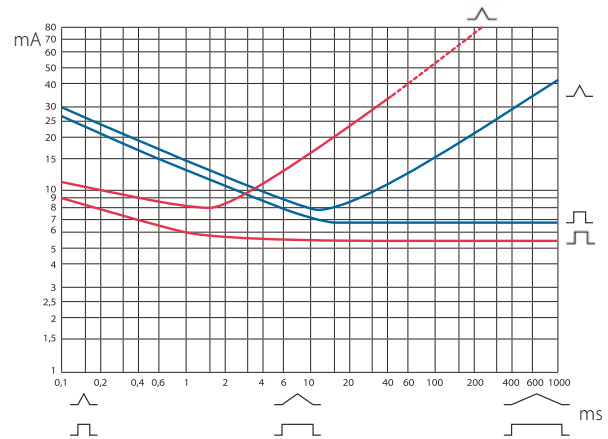


Abb. 6.7. IT-Kurve eines leicht erregbaren Muskels (rot): Die Dreieckskurve konnte nicht vollständig aufgenommen werden, da der Strombedarf bei hohen Impulszeiten die Toleranzgrenze des Patienten überstieg (gestrichelte rote Linie).

Antagonisten alleine oder gemeinsam mit dem geschädigten Muskel.

Variieren Sie in diesem Fall die Elektrodenlage und finden Sie die optimale Position heraus.

Ist so keine bessere Beurteilung zu erzielen, dehnen Sie den betroffenen Muskel entgegen seiner Funktion etwas vor, da auch ein gelähmter Muskel in leichter Vordehnung besser reagiert. Gehen Sie dabei stets vorsichtig vor und überdehnen Sie den Muskel nicht! Zur Behandlung kann später diese Vordehnung wieder etwas reduziert werden.

In den meisten Fällen ist ohnehin die Kontraktion des betroffenen Muskels trotz des Mitreagierens des gesunden Muskels erkennbar. Konzentrieren Sie sich bei mitreagierenden Antagonisten oder Synergisten nur auf die Zuckung des betroffenen Muskels und beachten Sie die andere Kontraktion nicht.

Überdeckt jedoch die Kontraktion eines gesunden Muskels die Zuckung des betroffenen Muskels so stark, dass diese nicht mehr zu erkennen ist, sollte die IT-Kurve nur bis zu dem Punkt aufgenommen werden, an dem die letzte klar unterscheidbare Kontraktion des erkrankten Muskels erkennbar war.

► RIC liegt unter DIC

Zuweilen liegt die RIC bei manchen Impulszeiten unter der DIC. Dies sollte eigentlich auf Grund der Akkommodationsfähigkeit bei Dreieckimpulsen nicht möglich sein.

Die Ursache für diese Erscheinung ist vermutlich in dem gesunkenen Hautwiderstand während der Aufnahme der RIC zu sehen. In dem Aufnahmezeitraum der RIC wirken viele Impulse auf den Körper ein, die den Hautwiderstand und die

Erregbarkeit des Muskels beeinflussen können. Oft vergeht auch eine gewisse Zeit, bis man sicher ist, die Minimalzuckung auch wirklich erfasst zu haben – und in dieser Zeit fließen konstant Impulse.

Folgende Tatsache betätigt diese Theorie: Testet man nachträglich noch einmal diejenigen Werte der RIC, die oberhalb der DIC liegen, wird man sehen, dass diese Werte nun eine geringere Stromstärke aufweisen.



PRAXISTIPP

RIC liegt unter DIC

Das Problem lässt sich lösen, indem die Werte für die IT-Kurve von RIC und DIC ermittelt werden: Nach jedem Wert der RIC wird der entsprechende Wert der DIC aufgenommen, wodurch eine unverfälschte Aufzeichnung der IT-Kurve und damit eine effiziente Interpretation der Kurve möglich wird. Nachteil dieser Methode ist allerdings, dass sie mehr Zeit beansprucht.

6

Pathologische Verläufe von IT-Kurven

IT-Kurve eines peripher geschädigten Muskels

(s. Abb. 6.8):

- ▶ Alle Werte, außer dem Alpha-Wert, sind erhöht. Der Alpha-Wert ist erniedrigt.
- ▶ Beide Kurven, insbesondere die Rechteckkurve, liegen insgesamt höher und nach rechts, das heißt zu längeren Zeiten und höheren Stromstärken, hin verschoben.
- ▶ Die DIC liegt besonders im rechten Bereich näher an der RIC als bei einem gesunden Muskel.
- ▶ Je stärker ein Muskel geschädigt ist, desto früher, das heißt bei längeren Impulszeiten, beginnt der Anstieg der DIC ab dem GI-Punkt und der RIC ab der Nutzzeit.

IT-Kurve eines partiell gelähmten Muskels (s. Abb. 6.9, S. 95):

- ▶ Ein Muskel, der gesunde und geschädigte Muskelfaseranteile besitzt, wird als inhomogen geschädigt bezeichnet. Solch ein Muskel fällt bei der DIC mit einer oder mehreren Zackenbildungen auf. Wegen ihrer optischen Gestalt nennt man sie auch **DIC-Girlandenkurve**.
- ▶ Jede Zacke steht für den GI-Punkt eines Muskelanteils. Die am weitesten links liegende Zacke ist der GI-Punkt des gesunden Faseranteils, rechts davon liegen in der Reihenfolge ihres Schädigungsgrades die GI-Punkte der geschädigten Muskeln.
- ▶ Da jedoch die Fasern des weniger geschädigten Muskels schon bei einer geringeren Stromstärke aktiviert werden,

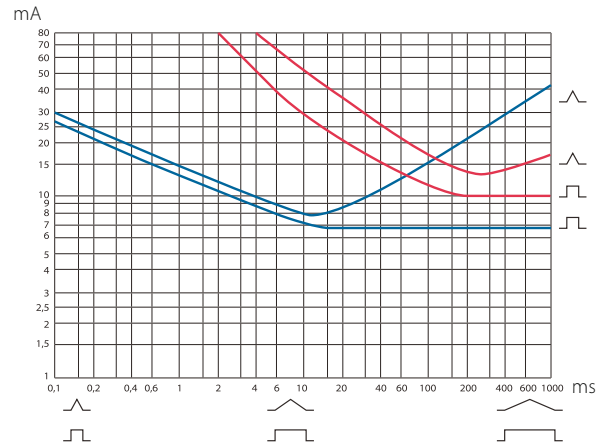


Abb. 6.8. Die IT-Kurve eines schlaff gelähmten Muskels (rot): Die Kurven liegen im rechten Bereich dicht zusammen, woraus ein niedriger Alpha-Wert resultiert.

reagiert dieser Muskelanteil auf die Reizung und die Kurve verläuft in diesem Bereich abwärts.

- ▶ Die Werte des stark geschädigten Muskelanteils sind nicht mehr erkennbar, da sie mehr Strom für eine Kontraktion brauchen als der jetzt dominante, geringer geschädigte Faseranteil.
- ▶ Das Gleiche gilt für die Kurve des leicht geschädigten Muskelanteils. Seine Werte werden ab einer bestimmten Impulsdauer von den Werten des gesunden Anteils überdeckt.
- ▶ Jede Zacke in der IT-Kurve repräsentiert daher den GI-Punkt einer Muskelregion mit einem bestimmten Schädigungsgrad.
- ▶ Außer mit den Werten des linken GI-Punkts, der den gesunden Faseranteil repräsentiert, werden in der Therapie die erkrankten Muskelfaseranteile alle nacheinander mit den Werten ihres spezifischen GI-Punkts gereizt.

IT-Kurve eines zentral gelähmten Muskels (s. Abb. 6.10, S. 95):

Die IT-Kurve eines zentral gelähmten Muskels weicht von der eines gesunden Muskels in genau umgekehrter Weise wie die eines peripher geschädigten Muskels ab:

- ▶ Alle Werte, außer dem Alpha-Wert, sind erniedrigt.
- ▶ Kurven liegen höher und weiter links als bei einem gesunden Muskel, das heißt zu kürzeren Zeiten hin verschoben.
- ▶ Darüber hinaus liegt die DIC besonders im linken Bereich näher an der RIC als bei einem gesunden Muskel.
- ▶ Bei einem vollständig gelähmten Muskel decken sich die beiden Kurven nahezu.
- ▶ Je stärker ein Muskel geschädigt ist, desto früher, das heißt, bei höheren Impulszeiten, beginnt der Anstieg der DIC ab dem GI-Punkt und der RIC ab der Nutzzeit.

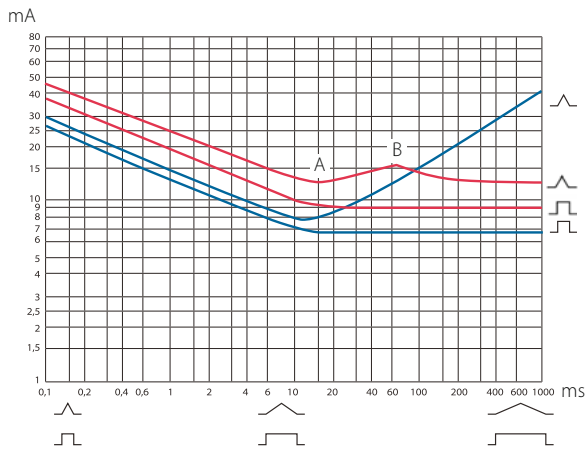


Abb. 6.9. Ein partiell denervierter Muskel äußert sich in einer DIC-Girlandenkurve (obere rote Kurve). Der GI-Punkt des gesunden Anteils liegt bei ca. 12 ms (A), der GI-Punkt des geschädigten Anteils bei ca. 65 ms (B).

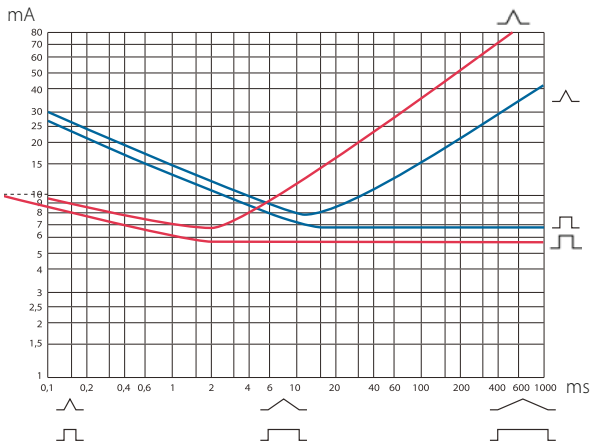


Abb. 6.10. Die IT-Kurve eines spastisch gelähmten Muskels (rot): hoher Alpha-Wert, Chonaxie liegt unter 0,1 ms



ZUSAMMENFASSUNG

Befunderhebung

- Der elektrotherapeutische Basisbefund gliedert sich in Anamnese, Inspektion, Palpation und Dokumentation.
- Der ausführliche Befund enthält zusätzlich noch Funktionsprüfungen.
Man unterscheidet zwischen Patienten mit Sensibilitätsstörungen, Schmerzpatienten und Patienten mit motorischen Störungen.
- Schmerzpunktsuche und Galvanopalpation dienen dem Auffinden hyperalgetischer Bereiche (Muskeltriggerpunkte bzw. Headsche Zonen).
- Die IT-Kurve kann diagnostisch und therapeutisch verwendet werden:
 - Sie gibt Auskunft über den Schädigungsgrad eines Muskels,
 - sie liefert dem Therapeuten die optimale Impulszeit zur Behandlung geschädigter Muskeln mit Strom.



ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Welche Elemente enthält ein elektrotherapeutischer Basisbefund?
- Welche Elemente enthält ein ausführlicher Befund?
- Welche Angaben aus der Anamnese und welche klinischen Symptome deuten auf ein akutes und welche auf ein chronisches Krankheitsgeschehen hin?
- Welche Punkte sind im Hinblick auf die Sicherheit eines Patienten zu befragen und zu testen?
- Welche wichtigsten Elemente enthält die Elektromyographie?
- Welche Aussagen liefert eine Galvanopalpation im Gegensatz zu einer Schmerzpunktsuche?
- Welche Aussagen liefert die IT-Kurve?
- Welchen diagnostischen Wert der IT-Kurve benutzt man zur Therapie?
- Wie sind die diagnostischen Werte einer IT-Kurve bei einem gesunden Muskel?
- Wie kann man in der IT-Kurve einen zentral von einem peripher gelähmten Muskel differenzieren?
- Welche Tests gibt es für die Muskulatur?

Behandlung – Einführung

Werner Wenk

7.1 Ablauf der Behandlung – 98

- 7.1.1 Vorgehensweise vor Beginn der Behandlung – 98
- 7.1.2 Vorgehensweise während der Behandlung – 98
- 7.1.3 Beenden der Behandlung – 98

7.1 Ablauf der Behandlung

7.1.1 Vorgehensweise vor Beginn der Behandlung

- ▶ Begrüßung des Patienten
- ▶ Bei Erstbehandlung: Anamnese und Schmerzbefund aufnehmen, nach Kontraindikationen fragen. Danach Applikationsform, Behandlungszeit und Dosierung festlegen.
- ▶ Aufklärung des Patienten über Wirkung und eventuelle Nebenwirkungen der elektrotherapeutischen Maßnahme
- ▶ Während sich der Patient aus- oder umzieht: Gerät therapiegerecht platzieren und Geräte-Checkliste (s. S. 99) prüfen.
- ▶ Patient bequem lagern. Er sollte ohne Beschwerden 20 min in der Position verweilen können.
- ▶ Stromform wählen
- ▶ Zeitschaltuhr einstellen
- ▶ Elektroden anlegen
- ▶ Kabel anschließen
- ▶ Bevor die Behandlung beginnt bzw. der Strom langsam erhöht wird, sollte unbedingt die **Checkliste** „Vorbereitung auf die Behandlung“ (s. S. 99) **nochmal** durchgegangen werden werden.

7.1.2 Vorgehensweise während der Behandlung

- ▶ Während der Behandlung sollte der Therapeut auf einem Stuhl neben dem Patienten Platz nehmen.
- ▶ Während der Strom eingeschaltet ist, darf der Patient auf keinen Fall verlassen werden. Besteht trotzdem ein zwingender Grund dazu, muss die Intensität auf Null gestellt und ein Elektrodenstecker abgezogen werden.
- ▶ Während einer Behandlung sollten Sie den Patienten wiederholt nach dem Empfinden des Stroms fragen, da Verätzungsgefahr besteht!
- ▶ Darüber hinaus kann die Behandlungszeit für eine Vertiefung bzw. Ergänzung der Befundaufnahme genutzt werden.
- ▶ Bei erneuter Behandlung den Patienten danach fragen, ob bei der vorherigen Behandlung Veränderungen der Symptome eingetreten sind.



VORSICHT

Während der Strom eingeschaltet ist, darf der Patient auf keinen Fall verlassen werden. Besteht trotzdem ein zwingender Grund dazu, muss die Intensität auf Null gestellt und ein Elektrodenstecker abgezogen werden.

7.1.3 Beenden der Behandlung

- ▶ Stromstärke langsam zurückdrehen
- ▶ Zuerst Kabel vom Patienten entfernen, dann Gerät ausschalten
- ▶ Elektroden abnehmen und die Haut betrachten
- ▶ Haut zum Schutz vor Austrocknung eincremen
- ▶ Behandlungsprotokoll anlegen bzw. ausfüllen

Checkliste: Vorbereitung auf die Behandlung

Worauf ist zu achten?	Erläuterung	erledigt
Gerät vorbereiten		✓
Ist das Gerät optimal platziert?	Es soll für den Therapeuten gut sichtbar und bequem erreichbar sein. Damit das Patientenkabel nicht zur „Stolperfalle“ für den Therapeuten wird, sollte das Gerät möglichst nahe am Patienten stehen und das Kabel sicher verlegt sein.	
Netzstecker des Elektrotherapiegeräts auf festen Sitz geprüft?		
Gerät eingeschaltet?		
Polung geprüft?		
Anschluss, festen Sitz und Durchgang des Patientenkabels geprüft?	Stecker des Patientenkabels zusammenstecken, Gleichstrom wählen und einen geringen Strom (2–3 mA) einstellen. Zur Überprüfung, ob das Kabel oder das Gerät möglicherweise defekt sind oder nicht, bewegt der Therapeut bei geringem Stromfluss das Kabel hin und her. Bleibt die Stromanzeige auf Null stehen, liegt ein Fehler im Kabel oder am Gerät vor, der abgeklärt werden muss. Schwankt die Anzeige bei Bewegung der Leitungen, besteht ein Wackelkontakt. In diesem Fall das Kabel reparieren lassen.	
Stromregler auf Null gestellt?		
Elektroden prüfen		✓
Sitzen die Elektroden richtig?		
Überragt eine Elektrode die feuchte Zwischenlage?	Wenn ja, besteht Verätzungsgefahr!	
Ist eine gleichmäßige Druckverteilung der Elektroden gewährleistet?	An Stellen mit geringem Auflagedruck wird der Strom als sehr unangenehm empfunden.	
Bei Anwendung von Plattenelektroden: Fixation optimal?	Zur Fixation sollte ein sehr breites Lochgummiband verwendet werden oder man wickelt ein schmales Lochgummiband mehrmals nebeneinander um den Körperbereich.	
Sind die Elektrodenschwämme gut befeuchtet?	Zur Vermeidung einer Verätzung bei Gleichstrom oder einem niederfrequenten Reizstrom mit hohem Gleichstromanteil (diadynamische Ströme, Ultrareizstrom, Impulsgalvanisation) ist es am sichersten, einen Schwamm mit einer schwachen Natronlauge (ca. pH 8), den anderen mit einer schwachen Säure (ca. pH 6) zu tränken. Dies verhindert durch Neutralisation eine Verätzung bei langfristigen Anwendungen.	
Inspektion des Patienten		✓
Befinden sich Knochenvorsprünge im Behandlungsgebiet?	Hier wird der Strom besonders intensiv empfunden. Deshalb Abdeckung mit genügend dicker trockener Zwischenlage oder mit einem Pflaster.	
Offene Hautstellen (Kratzer, aufgekratzte Pusteln etc.)?	Abdeckung mit Zink- oder Vaselinealbe, optimal: Abdeckung mit kleinem rundem wasserfesten Pflaster.	

Die Anwendungsverfahren

Werner Wenk

- 8.1 Gleichstrom – 102**
- 8.2 Niederfrequente Reizströme – 120**
- 8.3 Mittelfrequente Reizströme – 140**
- 8.4 Hochfrequente Ströme – 149**
- 8.5 Ultraschall – 162**
- 8.6 Laser – 175**

8.1 Gleichstrom

8.1.1 Stabile Galvanisation

Überblick

Bei der stabilen Galvanisation wird bei fester Elektrodenlage mit konstant fließendem Gleichstrom behandelt.

Spezifische Wirkungen

► Schmerzlinderung bei Behandlung lokaler oder ausstrahlender Schmerzen

Die schmerzlindernde Wirkung des Gleichstroms resultiert aus zwei Mechanismen: Zum einen führt eine verbesserte Durchblutung zu einer vermehrten Resorption von Schmerzmediatoren, die bei Gewebsverletzungen freigesetzt oder vom Neuron produziert werden. Zum anderen wird an den vom Strom erreichten Rezeptoren und Axonen unter der Anode die Spannung (Anelektrotonus) durch Hyperpolarisation erhöht, wodurch die Schmerzschwelle angehoben wird.

Nach Untersuchungen von Edel und Lange (1979) rangiert die Schmerzlinderung durch Gleichstromanwendung aber deutlich hinter der durch Ultraschall (**s. Kap. 8.5**), Ultrareizstrom (**s. Kap. 8.2.3**), den diadynamischen Strömen (**s. Kap. 8.2.2**) und den stochastischen Reizströmen (**s. Kap. 8.2.4 und 8.2.5**) erreichbaren.

► Durchblutungssteigerung

Die Durchblutungssteigerung beruht ebenfalls auf zwei Wirkungsmechanismen: Zum einen wird die Aktivität des sympathischen Nervensystems gedämpft, woraus eine Weitung der Gefäße resultiert. Zum anderen werden gefäßaktive Substanzen wie z. B. Histamin freigesetzt. Diese Stoffe wirken gefäßerweiternd, indem sie die präkapillären Sphinktere (Schließmuskeln) öffnen und die glatte Gefäßmuskulatur de-tonisieren. Als Folge dieses Mechanismus sieht man eine lang anhaltende Hyperämisierung (Rötung der Haut).

An der Haut (galvanisches Erythem) beträgt die Durchblutungssteigerung ca. 500 %, im Muskel bis zu 300 % (Hille, 1975; Lissner, 1963). Rusch (1985), und Trnavsky (1977) fanden sowohl unter der Kathode als auch unter der Anode gleiche thermische Wirkungen. Einige, nicht näher zitierte Autoren, schreiben der Kathode eine größere Durchblutungssteigerung zu, was auch den Erfahrungen des Autors entspricht.

Die primäre Durchblutungssteigerung bleibt nach Rusch (1985) und Trnavsky (1977) etwa 40–50 min nach der Behandlung bestehen, sie kann aber bis zu einigen Tagen nach der Behandlung durch mechanische oder thermische Reize (z. B. warmes Duschen) sofort wieder aktiviert werden (Spätwirkung). Das galvanische Erythem kehrt wieder zurück, was der Patient an einem gesteigerten Wärmeempfinden der entsprechenden Stellen wahrnimmt.

► Beschleunigung der Regeneration zur Abheilung von Ulzera, schlecht heilenden Wunden oder verzögerter Kallusbildung nach Frakturen

Die regenerationsfördernde Wirkung wird durch die Erhöhung des Zellstoffwechsels und der Enzymaktivität bewirkt, die zu einer Beschleunigung der Regeneration und einer Verbesserung der Trophik führen.

Deutlich konnte eine beschleunigte Kallusbildung bei Frakturen von Knochen, in die man Elektroden implantierte, beobachtet werden, ebenso eine beschleunigte Heilung bei chronischen Hautulzera (Wolcott et al., 1969; Edel und Freund, 1975). Allerdings wurde hierbei mit niedrigeren Dosierungen und längeren Behandlungszeiten als in der Therapie üblich (mehrere Stunden) gearbeitet.

Reid (1841) beobachtete bei Anwendung einer stabilen Galvanisation im Tierversuch eine schnellere Regeneration von Muskeln nach einer Nerdurchtrennung als ohne eine solche Behandlung.

► Steigerung der zentralen oder peripheren Erregbarkeit bei schlaffen Paresen oder zentraler Hypotonie (aufsteigende Behandlung)

Bei Fröschen in einem hydrogalvanischen Vollbad wurde eine Erregbarkeitssteigerung beobachtet, wenn die Kathode in Kopfnähe positioniert wurde. Die Tiere gerieten auf diese Weise in einen krampfartigen Zustand (Holzer, 1947; Scheminsky, 1930).

Die Eigenreflexe beim Menschen waren deutlich gesteigert, wenn die Kathode bei einer Längsdurchströmung im hydrogalvanischen Vollbad oder Vierzellenbad kopfwärts lag (Edel, 1993).

► Senkung der zentralen oder peripheren Erregbarkeit bei spastischen Bewegungsstörungen (absteigende Behandlung)

Koeppen (1966) konnte zeigen, dass die Eigenreflexe beim Menschen nach einer Längsdurchströmung im hydrogalvanischen Vollbad oder Vierzellenbad eindeutig herabgesetzt waren, wenn die Anode kopfwärts lag. Lag die Anode proximal der Kathode, konnte er eine Erregbarkeitsminderung beobachten. Dies gilt besonders, wenn die Elektroden an der Wirbelsäule angelegt wurden.

Trnavsky (1981) beobachtete bei der Behandlung von Patienten mit Gleichstrom an der Anode eine Herabsetzung der motorischen Nervenleitgeschwindigkeit.

Indikationen

Für die Anwendung von Gleichstrom wird eine Fülle von Indikationen angegeben; in der Praxis wird Gleichstrom jedoch primär zur Schmerzlinderung eingesetzt.

► Häufige Indikationen zur Schmerzlinderung:

- Gelenkschmerzen, z. B. bei chronischer Gonarthrose oder Koxarthrose
- neuralgische Schmerzen bei Kompressionssyndromen: Ischialgie, Zervikobrachialgie, CRPS I (Stadium I und II)
- Muskelschmerzen (Myalgie) nach Überlastung, Muskelverspannungen: Lumbalgie, Zervikalsyndrom, Morbus Bechterew, Morbus Scheuermann
- Tendinitis, Tendovaginitis

► Seltene Indikationen zur Schmerzlinderung:

- Neuritis
- Neuralgien, z. B. Interkostalneuralgie, Trigeminusneuralgie
- chronische Polyarthritiden nach einem akuten Schub

► Indikationen zur Durchblutungssteigerung (selten):

- funktionelle Durchblutungsstörungen
- arterielle Verschlusskrankheit Stadium I bis maximal II
- Akrozyanose
- Morbus Raynaud

► Indikationen zur Trophikverbesserung:

- Zustand nach peripheren Lähmungen
- Ulzera unterschiedlicher Genese
- verzögerte Wund- und Knochenheilung

- Metallimplantate
- Thrombosen, Thrombophlebitis, Varizen
- Ekzeme, Hautverletzungen im betroffenen Gebiet
- ausgeprägte Ultrafiltratödem, Proteinfiltratödem und Lymphödem

Nebenwirkungen

- Stromallergie (selten): Rötung der Haut, Pustelbildung und Juckreiz
- Bei Ödemen im Behandlungsgebiet: manchmal Vergrößerung des Ödems als Folge der Durchblutungssteigerung (vgl. Kap. 9.13)
- Bei Metallimplantaten kommt es zu einer Konzentration der Stromdichte am Metall und zu Säure- und Laugenbildung durch Polarisation des Metalls (Neumann, 1977; Drexel, 1993).
Hinweis: Es kommt nicht, wie sehr oft vermutet, zu einer Erhitzung des Metalls.

Applikationsformen

- Längsdurchströmung oder Nervenstammapplikation bei Neuralgien und neuralgischen Schmerzzuständen
- Vasotrope Applikation bei Durchblutungsstörungen
- Querdurchströmung bei Gelenkbeschwerden
- Beidseitige paravertebrale Längsdurchströmung bei Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule

Polung der differentiellen Elektrode

- als Anode: zur Beruhigung und Schmerzlinderung
- als Kathode: zur Erregungssteigerung und Hyperämisierung

Behandlung

- **Dosierung:**
 - akut: sensibel unterschwellig bis schwellig
 - chronisch: sensibel überschwellig
- **Behandlungszeit:**
 - Beginn: 10 min
 - Steigerung pro Behandlung: um 1–2 min
 - maximal: 20 min
- **Häufigkeit der Behandlung:**
 - akut: täglich, mindestens 3-mal pro Woche
 - chronisch: 2–3-mal pro Woche



VORSICHT

Bei Durchblutungsstörungen der Muskulatur

(Arterielle Verschlusskrankheit, ischämische Kontraktur etc.) kann die starke Durchblutungssteigerung der Haut zu einer Minderversorgung an manchen Stellen in der Muskulatur führen (Hille, 1975). Die Folge ist eine Schädigung einzelner Muskelareale. Erst eine Probebehandlung mit Messung der Gehstrecke vorher oder nachher oder die Frage nach den subjektiven Symptomen stellt sicher, dass die Behandlung keine schädigende Wirkung auf die Muskulatur hat.

Kontraindikationen

► Absolut:

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

► Relativ:

- vollständige Sensibilitätsstörungen (Anästhesien)



PRAXISTIPP

Bei einer **Schmerzbehandlung** sollten Sie nach etwa 10 Behandlungen eine Reizpause von mindestens 2 Wochen einlegen. Alternativ kann zu einer Reizstrombehandlung gewechselt werden, da die Schmerzdämpfung dort auf einem anderen Wirkmechanismus beruht.

Praktische Durchführung

1. Strom langsam aufdrehen (einschleichen). Dabei den Patienten mehrmals nach seinem Empfinden fragen.
2. Während der Behandlung sollte möglichst kein Nachregeln erfolgen.
3. Am Ende der Behandlung Strom ebenso langsam wieder zurückdrehen (ausschleichen).

8

8.1.2 Iontophorese

Überblick

Bei der Iontophorese 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 (s. Kap. 2.2.1).

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 bei der Iontophorese je nach Stromstärke und Stromflusszeit etwa 2–3 cm tief in die Haut ein. Für die Anwendung der Iontophorese sind deswegen primär sehr oberflächlich gelegene Prozesse geeignet.

► Vorteile gegenüber dem Einnehmen oder Spritzen von Medikamenten:

- Wirkstoffe werden unter Umgehung des Verdauungssystems und der Leber eingebracht.
- keine Verletzung der Haut durch Einstechen
- gezielte lokale Wirkung

► Vorteil gegenüber dem Einreiben des Medikaments:

Es dringen erheblich größere Wirkstoffmengen ein.

Pratzel und Rösel (1989) beschrieben einen 3000fach höheren Stofftransport bei konstantem Gleichstrom im Gegensatz zum reinen Einreiben eines Medikaments und einen 800fachen höheren Stofftransport bei zweiminütigem Polwechsel.

Sonderform: Reizstromiontophorese

Die Reizstromiontophorese stellt eine Sonderform der Iontophorese dar. An Stelle des Gleichstroms wird hier ein niederfrequenter Reizstrom mit Gleichstromanteil wie z. B. diodynamischer Strom (s. Kap. 8.2.2) oder Ultrareizstrom (s. Kap. 8.2.3) verwendet.

► Vorteil:

Wegen der besseren sensiblen Verträglichkeit kann der Strom höher dosiert werden. Eine höhere Stromstärke lässt mehr Ionen eindringen, zusätzlich ist der Schmerzverdeckungseffekt der Reizströme vorhanden.

► Nachteil:

Durch die Pausen zwischen den Impulsen ist die effektive Stromflusszeit geringer.

Berechnung der effektiven Stromflusszeit:

$$\text{effektive Stromflusszeit} = \text{Behandlungszeit} \cdot \frac{T}{T + R}$$

T: Pulsdauer in ms, R: Pausendauer in ms

► Medikamentenform:

Die zur Iontophorese verordneten Medikamente gibt es als:

- Salben,
- Gele,
- Emulsionen,
- wässrige Lösungen.

Spezifische Wirkungen

Bei der Iontophorese entfaltet das Medikament seine Wirkung in anderer Weise als bei klassischer Applikation durch Einreiben. Die wichtigsten Wirkungen sind:

► **Lokale Medikamentenwirkung:** Der eingeschleuste Medikamentenwirkstoff entfaltet am Ort der Schädigung sofort seine Wirkung.

► **Depotwirkung des Medikaments:** Nicht sofort benötigte Wirkstoffmengen werden vorerst in der Haut gespeichert und geben nach und nach die Wirkstoffe ab.

► **Fernwirkung über den kutiviszeralen Reflexbogen:** Auf Reflexzonen ausgeführte Iontophorese kann reflektorisch auf zugehörige Organe wirken.

► **Wirkungen des Gleichstroms (vgl. Kap. 8.1.1, stabile Galvanisation)**

Der Vorgang des Ionentransports unter Stromeinfluss ist in zahlreichen Versuchen bewiesen worden, von denen an dieser Stelle zwei genannt seien:

Kaninchenversuch nach Leduc (1907): Zwei Kaninchen werden in Serienschaltung miteinander verbunden. Bei jedem der beiden Kaninchen wird unter einer Elektrode Strychnin aufgetragen und die Elektroden gegensätzlich gepolt. Nach mehreren Minuten Stromfluss stirbt das Kaninchen, bei dem sich Strychnin unter der Anode befand.

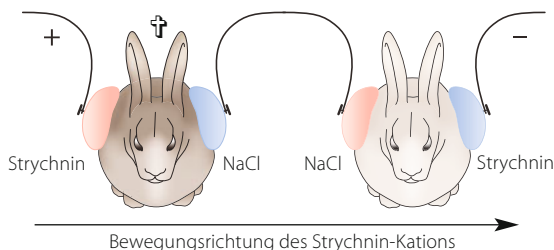


Abb. 8.1. Der Kaninchenversuch nach Leduc: Das linke Kaninchen stirbt, das rechte bleibt am Leben.

Der Kartoffelversuch nach Schatzky: In eine Kartoffel wird eine kleine Aushöhlung geschnitten und diese mit Jodkaliumlösung ausgefüllt. Über zwei Platinelektroden, die man in die Kartoffel einsticht, wird konstanter Gleichstrom 20–30 min lang durch die Kartoffel geleitet. Danach wird die Kartoffel auf Höhe der Aushöhlung durchgeschnitten. An der anodisch gepolten Platinelektrode wird eine dunkelblaue Verfärbung beobachtet. **Deutung:** Das ionisierte Jod wandert in Richtung Anode und wird dort zu freiem Jod umgewandelt. Die Jodmoleküle reagieren mit der Kartoffelstärke unter Blaufärbung.

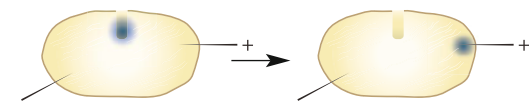


Abb. 8.2. Der Kartoffelversuch nach Schatzky: Nachweis der Ionenwanderung

Indikationen

Alle Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates, die auf degenerative oder traumatische Ursachen zurückzuführen sind.

Kontraindikationen

- ▶ **Absolut:** Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen absoluten Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.
- ▶ **Relativ:**
 - vollständige Sensibilitätsstörungen (Anästhesien)
 - Metallimplantate
 - Thrombosen, Thrombophlebitis, Varizen
 - Ekzeme, Hautverletzungen im betroffenen Gebiet
 - ausgeprägte Ultrafiltratödeme, Proteinfiltratödeme und Lymphödeme

Medikamente für die Iontophorese

Für die Iontophorese geeignete Medikamente werden in drei Klassen unterteilt:

- ▶ **Unipolare Medikamente:** sie enthalten nur einen Wirkstoff mit einer Polarität.
- ▶ **Ambivalente Medikamente:** sie enthalten Wirkstoffe mit zwei verschiedenen Polaritäten (selten verordnet).
- ▶ **Indifferente Medikamente:** sie enthalten apolare Wirkstoffe (selten verordnet).



PRAXISTIPP

Wurde ein Medikament für die Iontophorese verordnet, dessen Polarität nicht angegeben ist, sollten Sie sich bei der Herstellerfirma des Medikaments Auskunft darüber einholen.

Nebenwirkungen

- ▶ Allergische Reaktion auf das Medikament
- ▶ Quaddelbildung
- ▶ Stromallergie
- ▶ Verätzung möglich, bei Metallimplantaten kommt es zu einer Konzentration der Stromdichte am Metall und zu Säure- und Laugenbildung durch Polarisierung des Metalls (Neumann, 1977; Drexel, 1993).

Hinweis: es kommt nicht, wie sehr oft vermutet, zu einer Erhitzung des Metalls.



PRAXISTIPP

Bei stark hyperämisierenden Salben hält die Wirkung einige Tage an. Beim warmen Duschen wird die behandelte Stelle als sehr unangenehm empfunden. Der Patient sollte daher darüber informiert werden.

Die am häufigsten verschriebenen Wirkstoffe für die Iontophorese (nach ihren Wirkungen gelistet)

Wirkstoff	Einbringung unter	Indikationen
Schmerzlindernde Wirkstoffe (Lokalanästhetika)		
Lidocain (1–5 %)	Anode	Achillodynie, Tendovaginitis, akute Bursitis, Epikondylitis, Synovitis
Novocain (1–5 %)	Anode	
Procain (1–5 %)	Anode	
Scandicain (1–5 %)	Anode	
Entzündungshemmende, antirheumatische und schmerzlindernde Wirkstoffe		
Ammoniumbizuminosulfat (z. B. Ichthylol®)	Kathode	akute Bursitis, Tendovaginitis, Synovitis, Arthritis, Neuritis, Epikondylitis, Distorsionen, Kontusionen, Muskelzerrungen
Diclofenac, Diethylaminsalz (z. B. Voltaren Emulgel®)	Kathode	
Etofenamat (z. B. Rheumon Gel®, Traumon Gel®)	Kathode	
Hydrocortison	Anode	
Hydroxyethylsalicylat (z. B. Dolo-Arthrosenex®)	Kathode	
Mucopolysaccharidschwefelsäureester (z. B. Mobilat®)	Kathode	
Naproxen	Kathode	
Prednisolon	Anode	
Durchblutungsfördernde, antirheumatische Wirkstoffe		
Bienengift (z. B. Forapin E®)	Kathode	Arthrosen, Myalgien, Lumbago, Zervikalsyndrom, Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises
Hydroxyethylsalicylat, Benzylnicotinat (z. B. DoloVisano®)	Kathode	
Gerinnungshemmende Wirkstoffe		
Heparin (z. B. Contractubex®)	Kathode	Thrombophlebitis, Sportverletzungen, Hämatome
Hirudin (z. B. Exhirud®)	Kathode	
Gewebeerweichende Mittel		
Hyaluronidase	Anode	Narbengewebe, Verklebungen an Sehnen, Dupuytren'sche Kontraktur
Kaliumiodidlösung 1 %	Kathode	
Thioharnstofflösung	Kathode	

**VORSICHT**

Der Patient sollte nach der Behandlung das behandelte Gebiet nicht berühren, da sich Reste des Medikaments an den Händen anlagern und unangenehmes Brennen an Schleimhäuten (Mund, Augen und Genitalbereich) verursachen, wenn diese mit den Händen berührt werden.

Applikationsformen

- **Schmerzpunktbehandlung:** Die differente Elektrode wird mit dem Medikament auf die schmerzende Stelle platziert; die Bezugselektrode sollte größer gewählt und in unmittelbarer Nähe zur differenten Elektrode angebracht werden.
- **Querdurchströmung:** Zur Behandlung einseitiger Gelenkschmerzen. Das Medikament wird auf der betroffenen Seite eingerieben.
- **Tripolare Schaltung:** Zur Behandlung beidseitiger oder diffuser Gelenkschmerzen. Zwei kleine Elektroden am Gelenk werden parallel geschaltet, eine große Bezugselektrode (größer als eine der beiden anderen) distal (anodisch wirksamer Stoff) oder proximal (kathodisch wirksamer Stoff) vom Gelenk angebracht (**s. Abb. unten**).

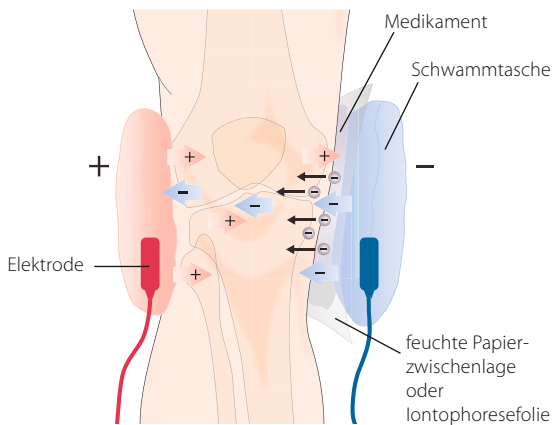


Abb. 8.3. Aufbau einer Iontophorese: Das Eindringen von

Polung der differenten Elektrode

Je nach Medikamentenwirkstoff wird die differente Elektrode als Anode oder als Kathode geschaltet:

- **Negativ** geladene Medikamentenwirkstoffe werden unter der Kathode eingebracht (= kathodisch wirksam).
- **Positiv** geladene Medikamente werden von der Anode aus eingebracht (= anodisch wirksam).
- Bei **indifferenten** Medikamenten muss nicht auf eine Polung geachtet werden.

Behandlung

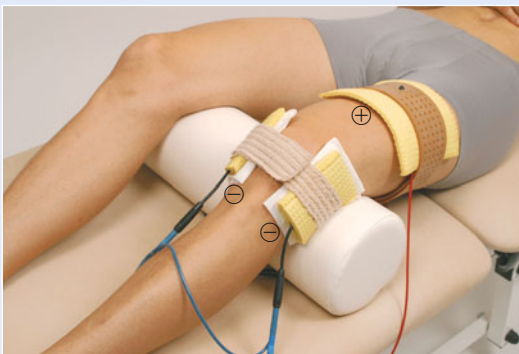
- **Dosierung:** sensibel überschwellig bis maximal kurz unterhalb der Toleranzgrenze (0,1–0,3 mA pro cm² Elektrodenfläche).

MEMO

Die **Menge des eingebrachten Wirkstoffs** ist abhängig von:

- der Größe der Fläche, auf die das Medikament aufgetragen wird.
- der Strommenge: je höher die Stromstärke, desto mehr Wirkstoff kann eindringen.
- der Behandlungszeit: je länger diese ist, desto mehr Wirkstoff kann eindringen.
- Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen: je größer die Ionen bzw. Molekülkomplexe, desto langsamer ist die Wanderungsgeschwindigkeit und umgekehrt.

Applikationsform



Die **tripolare Schaltung** zur Einschleusung eines Medikaments von beiden Seiten: z. B. Mobilat® (negative Polarität) unter den jeweils als Kathode gepolten kleinen Elektroden.

Behandlungszeit:

- Beginn: 10 min
- Steigerung pro Behandlung: um 2 min
- maximal: 40 min, damit möglichst viel eindringen kann

Häufigkeit der Behandlung:

mindestens 3-mal pro Woche

Gesamtbehandlungen:

je nach Verordnung des Arztes

Praktische Durchführung

1. Abschmirgeln

Oberste abgestorbene Plattenepithelschicht mit feinstgekörntem Schmirgelpapier (1000-er bis 1400-er Körnung) leicht abschmirgeln.

2. Reinigen

Zur Befreiung von oberflächlicher mikrobakterieller Besiedlung die Haut mit Alkohol reinigen. Die Bakterien können die Permeabilität behindern oder sogar in die Haut mit eindringen. Zusätzlich wird durch den Alkohol die ober-

flächliche Fettschicht der Haut und das abgeschmirgelte Plattenepithel entfernt. Damit die Haut durch den verdunstenden Alkohol nicht austrocknet, kann das Behandlungsgebiet zusätzlich mit einer warmen Seifenlösung abgewaschen werden. Sie erhöht den Feuchtigkeitsgrad der Haut und damit die Leitfähigkeit und erlaubt damit wiederum ein besseres Eindringen der Wirkstoffe.

3. Auftragen des Medikaments und Zuschneiden einer Papierzwischenlage
 - Medikamente in Salben- oder Gelform: intensiv einreiben, bis Salbe oder Gel etwas eingezogen ist, dann nochmals eine dünne Schicht auftragen, damit eine möglichst große Menge des Medikaments in die Haut eindringen kann. Anschließend Papierzwischenlage zuschneiden.
 - Medikamente in wässriger Lösung oder Emulsion: zuerst Papierzwischenlage zuschneiden, dann mit dem flüssigen Medikament tränken und auf die Haut legen.
4. Papierzwischenlage auflegen.
Als Schutz für den Schwamm feuchtes Papiertuch oder eine spezielle leitfähige angefeuchtete Zellophanfolie auf die eingegebene Salbe bzw. auf das mit dem Medikament getränkte Papiertuch legen.
5. Schwamm darauf legen und Elektrode mit angepasst breitem Band fixieren.
6. Gerät einschalten, Gleichstrom am Gerät einstellen und langsam die Stromstärke hochregeln.
7. Am Behandlungsende Strom langsam herunterregeln. Elektroden ablegen und Schwämme in Seifenlösung oder Sagrotan® auswaschen.



VORSICHT

Weisen Sie den Patienten darauf hin, dass er angeben soll, wenn er an einer Stelle ein starkes Brennen oder Stechen spürt – es besteht die Gefahr der Verätzung.



PRAXISTIPP

- Besonders bei der Iontophorese empfiehlt es sich, aus Hygienegründen für jeden Patienten eigene Schwämme zu verwenden.
- Da nur ein ausreichend feuchter Schwamm leitfähig ist, sollte der Schwamm vor jeder Behandlung mit einer Kochsalzlösung getränkt werden.

Vorbereitung auf die Iontophorese



1. Aufrauen der Haut mit Schmirgelpapier

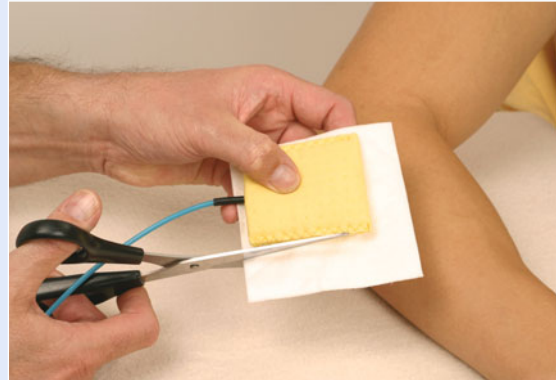


2. Reinigen der Haut

Vorbereitung auf die Iontophorese (Fortsetzung)



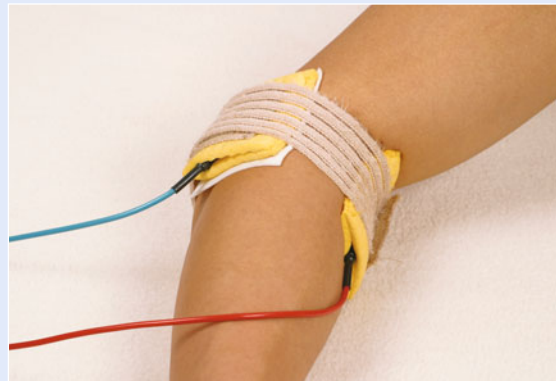
3. Medikament auftragen und...



...Papierzwischenlage zuschneiden



4. Papierzwischenlage auflegen



5. Schwamm auf die Papierlage legen und Elektroden fixieren

8.1.3 Hydrogalvanische Bäder – Einführung

Bei hydrogalvanischen Anwendungen wird als Kontaktmedium **Wasser** genutzt, damit der Strom in den Körper eindringen kann.

Als Stromart wird überwiegend **Gleichstrom** eingesetzt.

Zur Behandlung einzelner Körperteile werden diese in passende Wannen getaucht (Mono-, Zwei- oder Vierzellenbad), die Behandlung des ganzen Körpers erfolgt in einer passenden Badewanne (Stangerbad).

Vorteile: Bei diesen Anwendungen nutzt man die gleichmäßige Stromverteilung im Wasser. Aus diesem Grund treten insbesondere an unebenen und kantigen (z. B.

Knöchel) bzw. schlecht erreichbaren Körperoberflächen (Zehen, Fingerzwischenräume etc.) keine Stromkonzentrationen auf, wie sie sonst bei einer „Trockenbehandlung“, z. B. mit einer Plattenelektrode, unvermeidbar wären.

Zusätzlich zur elektrotherapeutischen Wirkung spielen bei hydrogalvanischen Anwendungen noch weitere Faktoren eine therapeutische Rolle. Dies sind:

- ▶ Hydrostatischer Druck (Auftrieb) beim Stangerbad
- ▶ Wassertemperatur
- ▶ Badezusätze

**VORSICHT**

Salzhaltige Badezusätze erhöhen nur scheinbar die applizierbare Strommenge. Es fließt jedoch lediglich mehr Strom am Körper vorbei.

**MEMO****Applikationsformen:**

- Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)
- Zweizellenbad
- Vierzellenbad
- Hydrogalvanisches Vollbad (Stangerbad)

8.1.4 Hydrogalvanisches Teilbad – Monozellenbad

Überblick

Ein hydrogalvanisches Teilbad ist ein Monozellenbad. Es wird zur elektrotherapeutischen Behandlung einer einzelnen Extremität (z. B. Arm oder Fuß) angewendet. Eine Elektrode befindet sich im Wasser, die andere wird außerhalb des Wassers am Körper fixiert.

Die obere Extremität wird mit der Hand bis maximal zum Ellenbogen in das Wasser eingetaucht. Die untere Extremität wird mit dem Fuß bis maximal zum proximalen Unterschenkel eingetaucht.

Besitzt man eine Wanne mit zwei integrierten Elektroden, kann auch eine Querdurchströmung im Wasser durchgeführt werden.

**PRAXISTIPP**

- Statt Gleichstrom können Sie beim Monozellenbad auch alle Formen des **Reizstroms** verwenden. Dann spricht man besser von einer „**hydroelektrischen Anwendung**“ (z. B. bei CRPS I = Sudeck-Syndrom).
- Wenn Sie kein Monozellenbad besitzen, können Sie sich mit einfachen Mitteln ein solches selbst herstellen: Benötigt wird lediglich eine Arm- oder Beinwanne aus Kunststoff.

Indikationen

- ▶ Zervikobrachialgien
- ▶ Ischialgien
- ▶ Durchblutungsstörungen im Bereich der Extremitäten
- ▶ CRPS I an einem Extremitätenabschnitt

Kontraindikationen

- ▶ Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.
- ▶ **zusätzlich:**
 - Herzinsuffizienz
 - Bluthochdruck
 - Inkontinenz

Spezifische Wirkungen

Wirkungen des Gleichstroms (s. **Kap. 8.1.1, stabile Galvanisation**)

Applikationsform

Längsdurchströmung (absteigende Behandlung)

**PRAXISTIPP**

Alternativ zum Monozellenbad kann auch ein Zweizellenbad der jeweiligen Extremität angewendet werden.

Polung der differentiellen Elektrode

In der Regel wird absteigend behandelt: die differente Elektrode wird als Kathode gepolt und befindet sich im Wasser, die Bezugselektrode wird als Anode geschaltet und außerhalb des Wassers an einer Extremität oder der Wirbelsäule fixiert.

Behandlung

- ▶ **Wassertemperatur:**
15–40 °C, je nach Empfinden des Patienten. Bei akuten Symptomen wie z. B. bei CRPS I Stadium I und II sollte eine niedrige Temperatur gewählt werden. Im Spätstadium ist es günstig, das Wasser angenehm mild bis warm zu temperieren. Ebenfalls warm temperiert wird bei peripheren Paresen (die Haut kühlt leicht aus) und zentralen Paresen (die Wärme unterstützt dabei die Tonussenkung).
- ▶ **Dosierung:** sensibel schwellig bis überschwellig

- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:** 2–3-mal pro Woche
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes

Praktische Durchführung

1. Temperiertes Wasser in die Wannen einfüllen.
2. Hand oder Fuß in eine mit Wasser gefüllte Plastikwanne eintauchen. Das Wasser sollte auf jeden Fall den Fuß oder die Hand ganz bedecken.
3. Besitzt die Wanne keine integrierten Elektroden: Eine Elektrode in einer Schwammtasche von außen in das Wasser hängen und unter die Hand oder unter den Fuß des Patienten legen, um sie so vor dem Herausrutschen zu sichern. Alternativ kann das zuführende Kabel mit einem Klebeband oder einem Pflaster an der Wanne fixiert werden. Dadurch ist die Gefahr gebannt, dass durch Unachtsamkeit die Elektro-

de herausgezogen wird und der Patient durch Unterbrechung des Stromkreises einen Stromschlag bekommt. Diese Tatsache beruht auf der Feststellung von Pflüger, dass beim Öffnen eines Stromkreises eine so genannte Anodenöffnungszuckung entsteht (s. Kap. 4.2.4).

4. Elektroden mit dem ET-Gerät verbinden. Polung beachten!
5. Strom langsam hochregeln, bis der Patient ein angenehmes leichtes bis mittleres Prickeln verspürt. Ein Nachregeln soll während der Behandlungszeit nicht erfolgen.
6. Nach Ende der Behandlungszeit die Stromstärke langsam wieder herunterregeln.
7. Im Anschluss an die Behandlung nimmt der Patient den Arm oder das Bein aus der Wanne und trocknet sich ab.

Applikationsformen



Längsdurchströmung des Arms: Die proximale Elektrode ist am Oberarm im Nervenverlauf befestigt.



Längsdurchströmung des Arms: Die proximale Elektrode ist paravertebral an der Halswirbelsäule befestigt.



Längsdurchströmung des Beins: Die proximale Elektrode ist paravertebral an der LWS befestigt.



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

8.1.5 Zweizellenbad

Überblick

Das Zweizellenbad ist eine Variante des Vierzellenbads. Je nachdem, welcher Körperbereich behandelt werden soll, kann das Zweizellenbad unterschiedlich geschaltet werden:

- ▶ **Untere Extremität:** Beide Beine sind mit Unterschenkel und Fuß in je eine Wasserwanne getaucht. Jede Wanne steht mit einem Pol der Stromquelle in Verbindung.
- ▶ **Obere Extremität:** Beide Arme sind mit Hand und Unterarm in je eine Wasserwanne getaucht. Jede Wanne steht mit einem Pol der Stromquelle in Verbindung.

- ▶ **Untere und obere Extremität einer Körperhälfte:** Je ein Arm und ein Bein einer Körperhälfte sind in eine Wasserwanne getaucht. Jede Wanne steht mit einem Pol der Stromquelle in Verbindung. Wird z. B. bei einer Hemiplegie angewendet.



PRAXISTIPP

Auch ein Zweizellenbad können Sie sich mit einfachen Mitteln selbst herstellen: Sie benötigen lediglich zwei Arm- oder zwei Beinwannen aus Kunststoff.

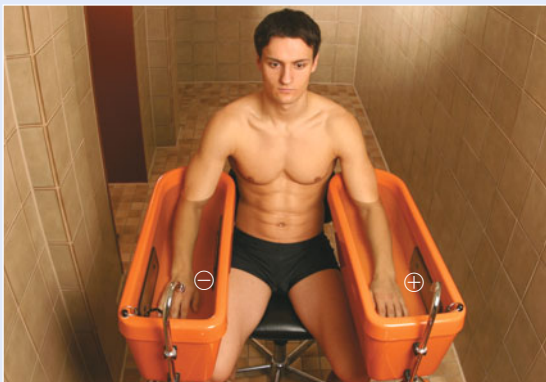
Zweizellenbad - Applikationsformen



Untere Extremität



Untere Extremität (für die freie Praxis)



Obere Extremität



Obere Extremität (für die freie Praxis)

Applikationsformen (Fortsetzung)



Arm und Bein einer Körperhälfte

Indikationen

- ▶ **Zweizellenbad der Arme**
 - Zervikobrachialgien
 - Durchblutungsstörungen im Bereich der Arme
 - Armplexuslähmungen (als aufsteigende Behandlung)
 - CRPS I
- ▶ **Zweizellenbad der Beine**
 - Ischialgien
 - Durchblutungsstörungen im Bereich der Beine
 - CRPS I
 - lumbale Plexuslähmungen (als aufsteigende Behandlung)
 - Paraspastik (als absteigende Behandlung)
- ▶ **Zweizellenbad zwischen Arm und Bein einer Körperhälfte**

Spastische Hemiplegie zur Tonussenkung (als absteigende Behandlung, s. Abb. oben)

Kontraindikationen

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Hinweis: Alle anderen Parameter wie spezifische Wirkungen, Polung der Elektroden, Behandlung und praktische Durchführung entsprechen denen des Vierzellenbads (s. Kap. 8.1.6).

8.1.6 Vierzellenbad

Überblick

Das Vierzellenbad dient der gleichzeitigen Behandlung aller vier Extremitäten. Es befinden sich beide Arme und beide Beine jeweils in einer mit Wasser gefüllten Wanne.

Das Vierzellenbad stellt eine Alternative zum hydrogalvanischen Vollbad (Stangerbad, s. Kap. 8.1.7) dar.

- ▶ Gegenüber dem hydrogalvanischen Vollbad besitzt das Vierzellenbad einige **Vorteile**:
 - konzentriertere und gezieltere Wirkung, da kein Strom an dem Patienten vorbei fließt
 - geringerer Wasser- und Energieverbrauch
 - kein Transportproblem in die Wanne und aus der Wanne heraus bei behinderten Patienten
 - einfache Lagerung des Patienten
 - komplette Entkleidung des Patienten nicht notwendig
 - kann auch bei Inkontinenz angewendet werden
 - Herz-Kreislauf-Insuffizienz stellt **keine** Kontraindikation dar
- ▶ Die **Nachteile** gegenüber dem Stangerbad sind:
 - kein hydrostatischer Druck (Auftrieb)
 - geringere Auswirkungen der Wassertemperatur
 - geringere Wirkung eventueller Badezusätze



PRAXISTIPP

Wenn Sie kein Vierzellenbad besitzen, können Sie sich mit einfachen Mitteln ein solches selbst herstellen: Sie benötigen lediglich zwei Arm- und zwei Beinwannen aus Kunststoff.

Indikationen

- ▶ Arterielle Durchblutungsstörungen in allen Extremitäten
- ▶ Zentrale Paresen mit erhöhtem Tonus (als absteigende Behandlung)
- ▶ Periphere Lähmungen an mehreren Extremitäten (als aufsteigende Behandlung)

Kontraindikationen

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Spezifische Wirkungen

- ▶ **Polung der Arme als Kathode (aufsteigende Behandlung):**
 - Anregung des Nervensystems
 - Steigerung der Erregbarkeit und des Muskeltonus
- ▶ **Polung der Arme als Anode (absteigende Behandlung):**
 - Beruhigung des Nervensystems
 - Senkung des Muskel- und Gefäßtonus
- ▶ **Querdurchströmung:**
 - Schmerzdämpfung
 - Durchblutungsförderung

Applikationsformen

- ▶ **Längsdurchströmung:** Eine Längsdurchströmung wird erreicht, indem die Füße auf der einen und die Hände auf der anderen Seite parallel geschaltet werden.
- ▶ **Querdurchströmung:** Eine Querdurchströmung findet statt, wenn jeweils ein Arm mit einem Bein parallel geschaltet wird.

Polung

Es gelten die Richtlinien zu „Polung der Elektroden“ (s. Kap. 3.3).

Behandlung

- ▶ **Wassertemperatur:**
 - 20–40 °C, je nach Empfinden des Patienten
 - Bei akuten Symptomen wie z. B. bei CRPS I (Stadium I und II)

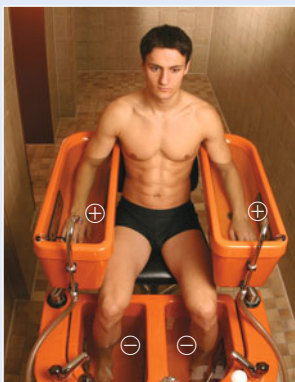
sollte eine niedrige Temperatur gewählt werden; im Stadium III ist es günstig, das Wasser angenehm mild bis warm zu temperieren. Ebenfalls warm temperiert wird bei peripheren Paresen (die Haut kühlt leicht aus) und zentralen Paresen (die Wärme unterstützt dabei die Tonusenkung).

- ▶ **Dosierung:** sensibel schwellig bis überschwellig
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:** 2–3-mal pro Woche
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes

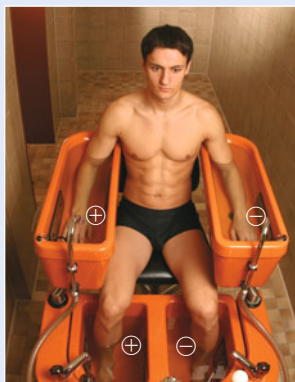
Praktische Durchführung

1. Temperiertes Wasser in die Wannen einfüllen.
2. Hand oder Fuß in die mit Wasser gefüllte Plastikwanne eintauchen. Das Wasser sollte auf jeden Fall den Fuß oder die Hand ganz bedecken.
3. Gilt nur für die Variante in der freien Praxis: Elektroden mit dem ET-Gerät verbinden.
4. Besitzt die Wanne keine integrierten Elektroden: Eine Elektrode in einer Schwammtasche von außen in das Wasser hängen und unter die Hand oder unter den Fuß des Patienten legen, um sie so vor dem Herausrutschen zu sichern. Alternativ kann das zuführende Kabel mit einem Klebeband oder einem Pflaster an der Wanne fixiert werden. Dadurch ist die Gefahr gebannt, dass durch Unachtsamkeit die Elektrode herausgezogen wird und der Patient durch Unterbrechung des Stromkreises einen Stromschlag bekommt. Diese Tatsache beruht auf der Feststellung von Pflüger, dass beim Öffnen eines Stromkreises eine so genannte Anodenöffnungszuckung entsteht (s. Kap. 4.2.4).

Vierzellenbad - Applikationsformen



Längsdurchströmung: Die Beine sind negativ, die Arme positiv gepolt. Soll das Nervensystem angeregt werden, ist die Polung zu wechseln.



Querdurchströmung: Rechter Arm und rechtes Bein sind positiv gepolt, linker Arm und linkes Bein negativ.



Schaltelemente eines Vierzellenbads

8.1 · Gleichstrom

5. An speziellem Schalterpult Polung einstellen.
6. Strom langsam hochregeln, bis der Patient ein angenehmes leichtes bis mittleres Prickeln verspürt. Ein Nachregeln soll während der Behandlungszeit nicht erfolgen.
7. Nach Ende der Behandlungszeit die Stromstärke langsam wieder herunterregeln.
8. Im Anschluss an die Behandlung nimmt der Patient die Extremitäten aus der Wanne heraus und trocknet sich ab.

8.1.7 Hydrogalvanisches Vollbad – Stangerbad

Überblick

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

Nach seinem Entwickler **Stanger** wird es auch **Stangerbad** genannt.

Das Stangerbad



Indikationen

- ▶ Arterielle Durchblutungsstörungen
- ▶ Zentrale Paresen mit erhöhtem Tonus (absteigende Behandlung)
- ▶ Zentrale Hypotonien (aufsteigende Behandlung)
- ▶ Ausgedehnte periphere Lähmungen, z. B. lumbale Plexuslähmungen (aufsteigende Behandlung)
- ▶ Arthrosen der großen Gelenke
- ▶ Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises
- ▶ Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen: Morbus Bechterew, Osteochondrosen
- ▶ Ischialgien
- ▶ Durchblutungsstörungen in Arm oder Bein
- ▶ CRPS I im Bereich der unteren Extremität
- ▶ Spastische Hemiplegie zur Tonussenkung
- ▶ Schlaffe periphere Paresen (aufsteigende Behandlung)

Kontraindikationen (absolute)

- ▶ Tumore
- ▶ Akute bakterielle oder virale Krankheitsprozesse (Gefahr der Streuung)
- ▶ Herzschrittmacher
- ▶ Herzinsuffizienz
- ▶ Kreislaufdysregulation
- ▶ Osteosynthetisches Material im Durchflutungsgebiet (hier ausnahmsweise eine absolute Kontraindikation!)
- ▶ Inkontinenz
- ▶ Ausgedehnte Hautverletzungen, Hautekzeme
- ▶ Intrauterinpressare

Allgemeine Wirkungen

Wirkungen des Stangerbads, die sich auf den gesamten Körper auswirken, sind:

- ▶ **Anregung des Immunsystems**
- ▶ **Stoffwechselsteigerung**

Spezifische Wirkungen

Beim Stangerbad sind die Wirkungen von auf- und absteigender Behandlung besonders effektiv, weshalb sie hier noch einmal einzeln aufgeführt werden:

- ▶ **Längsdurchströmung mit einer Kopfelektrode als Kathode (aufsteigende Behandlung):**
 - Anregung des Nervensystems
 - Steigerung der Erregbarkeit und des Muskeltonus
- ▶ **Längsdurchströmung mit einer Kopfelektrode als Anode (absteigende Behandlung):**
 - Beruhigung des Nervensystems
 - Senkung des Muskel- und Gefäßtonus
- ▶ **Querdurchströmung:**
 - Schmerzdämpfung
 - Durchblutungsförderung

Nebenwirkungen

Durch die Verlagerung von Blut- und Lympflüssigkeit aus dem venösen System in Richtung Herz und Lunge, ausgelöst durch den hydrostatischen Druck, können Kurz-

atmigkeit, Atemnot und erhöhte Kreislaufbelastung (Blässe, blaue Lippen) resultieren. Die Behandlung sollte in diesem Fall abgebrochen und der behandelnde Arzt benachrichtigt werden.

Applikationsformen

An den Seitenwänden der Wanne befinden sich mehrere Elektroden, die je nach Krankheitsbild und Symptomen auf vier verschiedene Weisen geschaltet werden:

- ▶ **Längsdurchströmung:** Die Elektroden am Kopfende werden mit dem einen Pol, die am Fußende des Bads mit dem anderen Pol verbunden.
- ▶ **Querdurchströmung:** Alle Elektroden an der einen Längsseite der Wanne werden mit dem einen Pol, alle gegenüberliegenden mit dem anderen Pol verbunden.
- ▶ **Lokale Querdurchströmung:** Zur Behandlung von einzelnen Gelenken oder einzelnen Wirbelsäulenabschnitten. Eine oder zwei Elektroden an der einen Seitenwand werden mit dem einen Pol verbunden, die jeweils gegenüberliegende(n) mit dem anderen Pol.
- ▶ **Lokale Durchströmung:** Eine einzelne Elektrode wird als Anode geschaltet. Mehrere längs, quer oder diagonal gegenüberliegende Elektroden dienen als Kathode. Es kommt zu einer Stromverdichtung an der Anode und damit zu einer verstärkten lokalen Wirkung. Um den Wirkort noch flexibler wählen zu können, bieten manche Geräte die Möglichkeit, eine zusätzliche **freie Elektrode** ins Wasser zu hängen. Je näher diese Elektrode am Körper platziert wird, desto stärker ist ihre Wirkung.

Die ersten drei Schaltungen werden als „**symmetrische Verschaltungen**“ bezeichnet, die letzte als „**asymmetrische Verschaltung**“.

Polung der differentiellen Elektrode

In der Regel wird die differentielle Elektrode als Anode geschaltet.

Behandlung

- ▶ **Wassertemperatur:** 34–40 °C, je nach Empfinden des Patienten
- ▶ **Dosierung:** sensibel schwellig bis überschwellig. Während der Behandlung wird die Stromstärke nicht nachgeregelt, auch wenn der Patient nach einiger Zeit weniger Strom spürt. Dieser Effekt ist auf die analgetische Wirkung des Gleichstroms zurückzuführen.
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:** 2–3-mal pro Woche
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes

Praktische Durchführung

1. Temperiertes Wasser in die Wanne einfüllen und die Temperatur nochmals kontrollieren, bevor Patient hineinsteigt.
2. Gerät einschalten.
3. Am Schaltpult die Elektrodenverteilung festlegen.
4. Ein verstellbarer Fußschemel soll dem Patienten eine sichere Stütze im Wasser bieten.
5. Strom langsam hochregeln, bis der Patient ein angenehmes leichtes bis mittleres Prickeln verspürt.
6. Ist die Behandlungszeit abgelaufen, Stromstärke langsam wieder zurückdrehen.
7. Nach der Behandlung sollte der Patient in einem Nebenraum Zeit zur Nachruhe finden.



VORSICHT

Sicherheitsmaßnahmen

Das Stangerbad birgt gegenüber den Teilbädern und den Trockenanwendungen einige zusätzliche Risiken. Diese sind auf die allgemeinen Risiken eines Vollbads zurückzuführen sowie auf die beim Stangerbad fließenden höheren elektrischen Ströme.

Der Therapeut sollte daher auf die folgenden Punkte besonders aufmerksam achten:

- Während der Behandlung auf Nebenwirkungen achten und den Patienten regelmäßig nach dem Befinden fragen.
- Bevor Wasser eingelassen wird, festen Sitz des Abflusstopfs kontrollieren, damit während der Behandlung kein Wasser abfließen kann.
- Die höhenverstellbare Kopfstütze soll so eingestellt sein, dass der Kopf sicher über dem Wasser abgelegt werden kann.
- Der Patient soll jederzeit an nichtleitenden Teilen Halt finden.
- Dem Patienten sollte beim Ein- und Aussteigen geholfen werden.
- Es sollte eine rutsch- und standfeste Einstiegstreppe benutzt werden.

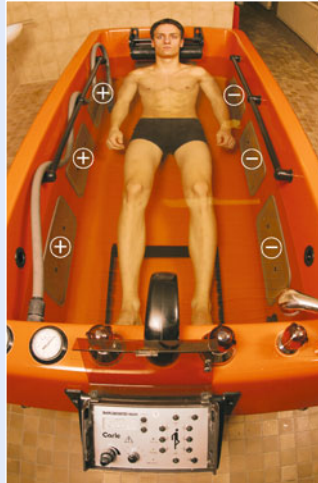
Applikationsformen des Stangerbads

Längsdurchströmung



Beispiel absteigende Behandlung:
Anode am Kopfende, Kathode am
Fußende

Querdurchströmung



Beispiel: Alle Elektroden der einen
Seite sind negativ gepolt, die der an-
deren Seite positiv.



Beispiel: Seitenlage

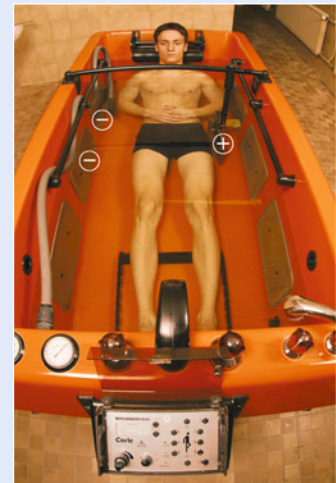
Lokale Querdurchströmung



Beispiel: Gezielte Behandlung von
Beschwerden im Hüftbereich



Beispiel: Gezielte Behandlung von
Beschwerden im Bereich der Beine



Beispiel: Gezielte Behandlung im Be-
reich der Hüfte mit einer freien Elek-
trode, die im Wasser hängt (Pluspol).

Lokale Durchströmung



Beispiel: Verstärkte lokale Wirkung im Schulterbereich



Beispiel: Verstärkte lokale Wirkung im Armbereich



Beispiel: Verstärkte lokale Wirkung im Schulterbereich

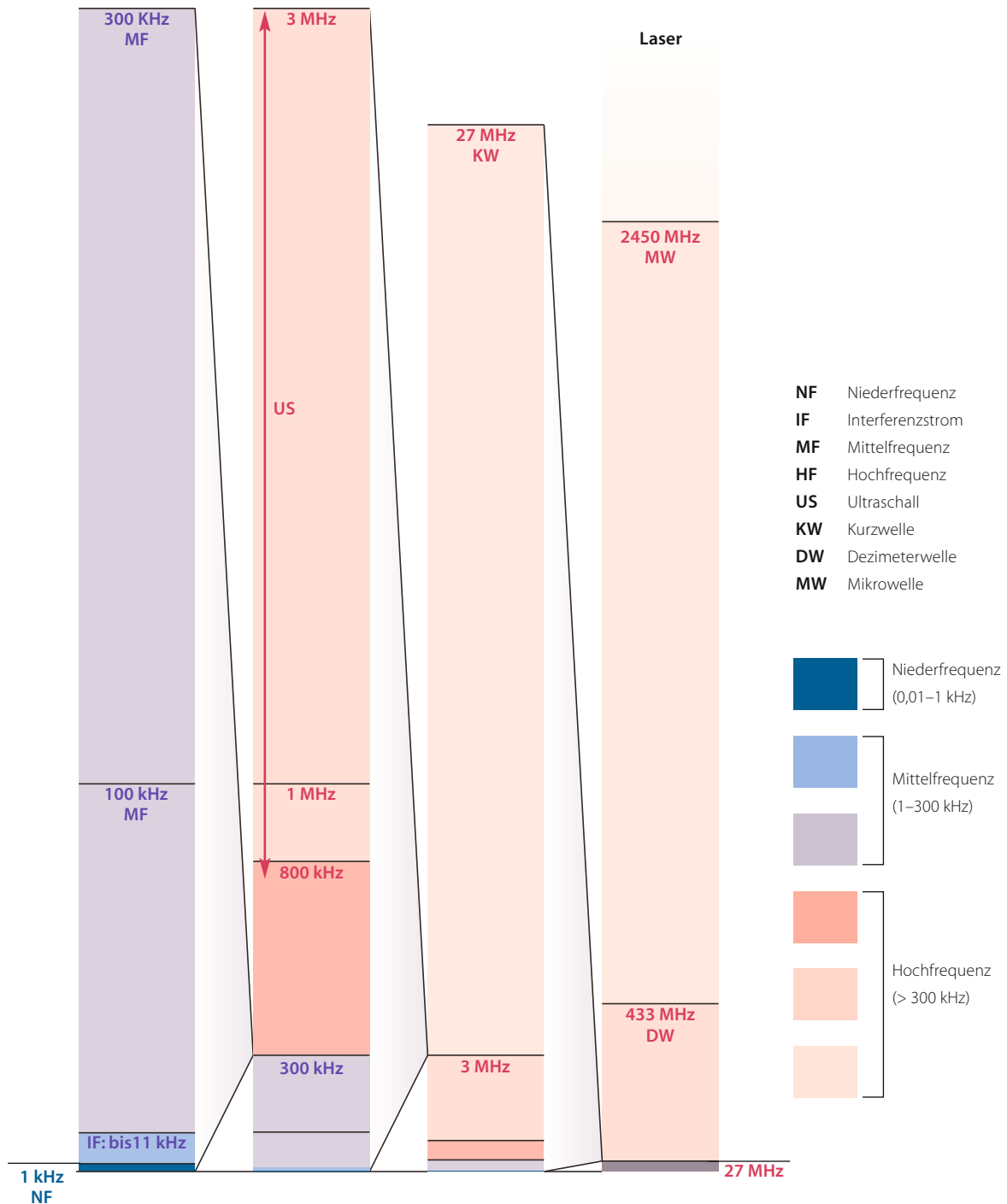


Abb. 8.4. Das Frequenzspektrum der Elektrotherapie

8.2 Niederfrequente Reizströme

8.2.1 Überblick

Reiz- oder Impulsströme dienen dazu, an erregbaren Zellen eine für die Zelle spezifische Antwort zu induzieren:

- ▶ bei Nervenzellen das Aktionspotenzial
- ▶ bei Rezeptorzellen das Generatorpotenzial
- ▶ bei Muskelzellen eine Kontraktion



MEMO

Die Frequenz der niederfrequenten Ströme liegt zwischen 0,01–1000 Hz.

Sie können monophasisch (= Strom fließt in **einer** Richtung) oder biphasisch (= Strom fließt in **beide** Richtungen) vorliegen.

Ein Reiz- oder Impulsstrom ist ein rhythmisch ansteigender und wieder abfallender Strom, der seinen Höchstwert bzw. seine eingestellte Stromstärke entweder sofort (Rechteckstrom) oder mit einer Verzögerung (Dreieckstrom, sinusförmiger Strom) erreicht.

Die Parameter Impulszeit (T), Pausenzeit (R), Impulsform, Anstiegssteilheit und Impulsfrequenz (f) sind charakteristisch für die einzelnen Reizstromarten, weshalb sie auch **Reizparameter** genannt werden (vgl. Kap. 2.3.2).

Aus Impulszeit und Pausenzeit lässt sich die Impulsfrequenz berechnen:

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

Modernes Reizstromgerät



„Endomed 182“

Leider gewöhnen sich die Mechanorezeptoren sehr schnell an die elektrischen Reize. Deswegen gibt es ein paar Tricks um den Gewöhnungseffekt zu reduzieren:

- ▶ Nachregeln der Stromstärke bis zu 3 mal pro Behandlung
- ▶ Konstanten Frequenzwechsel (CP/ LP) Abb. 8.9
- ▶ Frequenzwechsel in einem fest definierten Bereich (z.B. 10 bis 100 Hz und wieder zurück)
- ▶ Impulsbreitenmodulation (TENS) Abb. 8.18
- ▶ Biphasische Ströme statt monophasische Ströme wählen
- ▶ Zufälliger Frequenzwechsel (Stochastische Ströme) Abb. 8.5

Stochastische Reizströme

Stochastische Reizströme sind Reizströme, deren Impulsfrequenz sich innerhalb einer vom Gerätehersteller vorgegebenen Bandbreite in **zufälliger** Folge verändert.

Es handelt sich um Dreieck- oder Rechteckimpulse mit meist sehr kurzer Impulszeit (Nadelimpulse), monophasisch oder biphasisch (Polarität wechselt ständig).



Abb. 8.5. Stochastischer Reizstrom mit Nadelimpulsen

Diese Variante wird bei folgenden Verfahren eingesetzt:

- ▶ **Impulsgalvanisation** (s. Kap. 8.2.4)
- ▶ **TENS-Verfahren** (s. Kap. 8.2.5)

Stochastische Reizströme wirken schmerzlindernd, indem sie die Schmerzschwelle anheben. Besonders wirksam ist der Frequenzbereich zwischen 5 und 30 Hz (Edel und Sterneck, 1979).

Einsatzgebiete der niederfrequenten Reizströme

Die niederfrequenten Reizströme werden je nach Behandlungsziel bzw. zu behandelnder Struktur in drei Gruppen unterteilt (s. Abb. 8.7, S. 121). Prinzipiell kann jedoch jeder Reizstrom, der zur Schmerzlinderung verwendet wird, auch zur Muskelreizung benutzt werden. Bei manchen Strömen, wie dem Ultrareizstrom (s. Kap. 8.2.3) oder den diadynamischen Stromformen DF und MF (s. Kap. 8.2.2), soll die Dosierung unterhalb der motorischen Schwelle bleiben, da es sonst zu einer Dauerkontraktion kommt. Die Folge wäre eine herabgesetzte Durchblutung (Ischämie) im Muskel mit den entsprechenden Folgeproblemen. Bei den diadynamischen Stromformen CP und LP ist die Kontraktion bis zu einer gewissen Stärke zu akzeptieren, da in der 100-Hz-Phase der Muskel einen höheren Strom-

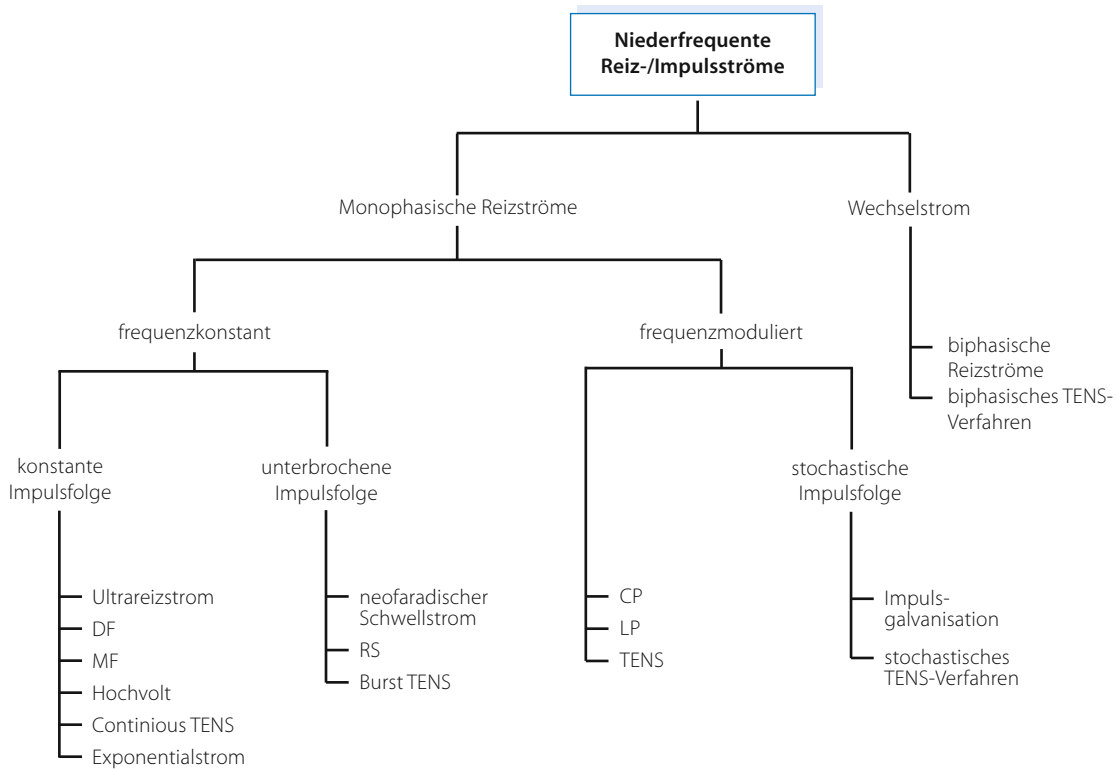


Abb. 8.6. Übersicht über die niederfrequenten Ströme

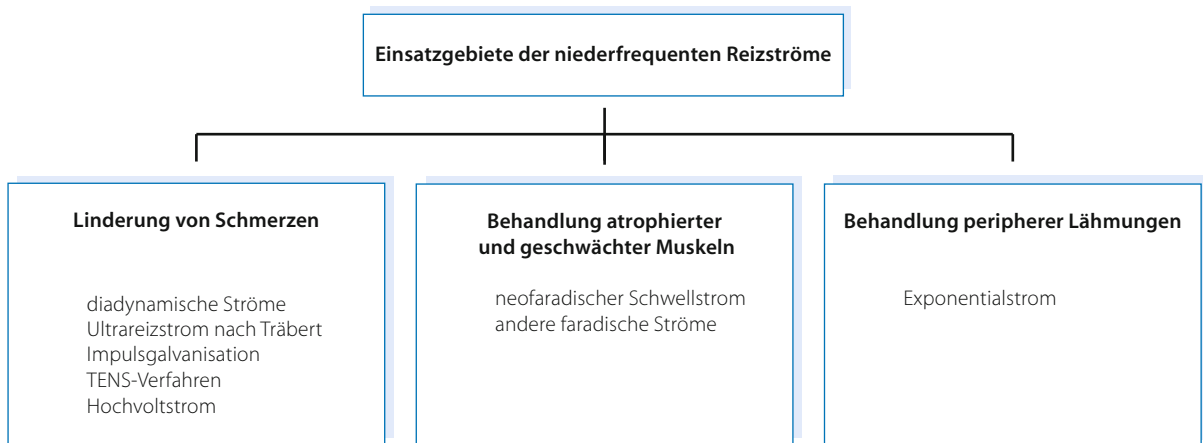


Abb. 8.7. Die niederfrequenten Reizströme und ihre Einsatzgebiete

bedarf hat und somit nicht reagiert. Diese Phase kann für den Muskel eine Erholungsphase bedeuten, was aber bei einer höheren Stromstärke nicht mehr der Fall ist.

Modulation

Wie in Kap. 2.3.2 beschrieben, ist es möglich, während Reizstrom fließt, einige seiner Parameter langsam zu verändern. Dies wird als **Modulation** bezeichnet und geschieht automatisch vom Gerät, falls eine Modulation gewählt ist.

Gebräuchlich sind drei Arten der Modulation:

- ▶ **Stromstärkemodulation**
Die Stromstärkemodulation wird eingesetzt bei faradischer Muskelreizung (s. Kap. 4.2.3).
- ▶ **Impulsfrequenzmodulation**
Die Veränderung der Impulsfrequenz erfolgt in der Regel in zufälliger Folge, um eine Gewöhnung des Körpers an den Reizstrom zu verhindern. Die impulsfrequenzmodulierten Reizströme heißen „stochastische Ströme“.
- ▶ **Impulszeitmodulation**
In einem bestimmten Rhythmus wird die Impulszeit innerhalb eines festgelegten Bereichs verändert. Die Bereiche der Veränderung sind nicht extern vom Therapeuten veränderbar, sondern in festen Programmen im Gerät vorgegeben. Auch die Impulszeitmodulation dient dazu, den Gewöhnungseffekt hinauszuzögern.

Spezifische Wirkungen der einzelnen Frequenzen

Insbesondere die Impulsfrequenz bestimmt wesentlich die Wirkung des Reizstroms auf den Körper. Folgende Bereiche werden unterschieden:

- | | |
|--------------------|--|
| 1–3 Hz: | Reizung gelähmter Muskulatur |
| 0,5–10 Hz: | Aktivierung des Sympathikus |
| 5–30 Hz: | Schüttelfrequenzen zur Schmerzlinderung und Durchblutungsförderung |
| 20–25 Hz: | Aktivierung des Parasympathikus |
| 50 Hz: | optimale faradische Reizung von quergestreifter Muskulatur |
| 100 Hz: | Sympathikusdämpfung, Schmerzlinderung |
| 120–160 Hz: | Asynchrone Muskelreizung (Muskelwogen) |



PRAXISTIPP

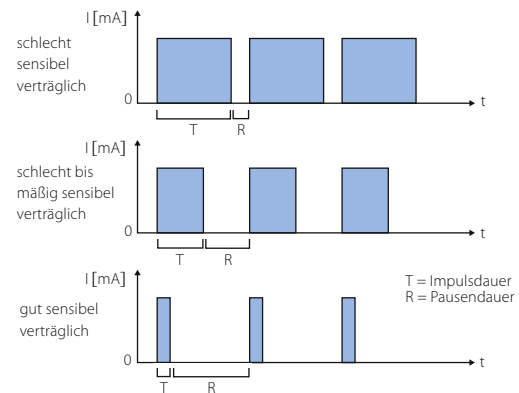
Zur Vermeidung einer Verätzung bei Anwendung von Gleichstrom oder niederfrequentem Reizstrom mit hohem Gleichstromanteil (diadynamische Ströme, Ulrareizstrom, Impulsgalvanisation) sollten Sie einen Schwamm mit einer schwachen Natronlauge (pH 8), den anderen mit einer schwachen Säure (pH 6) tränken. Dadurch verhindern Sie durch Neutralisation Verätzungen bei langzeitigen Gleichstromanwendungen.



PRAXISTIPP

Sensible Verträglichkeit von Reizströmen

Ströme mit **gleicher** Impulsfrequenz und Spannung können sensibel unterschiedlich verträglich sein und motorisch verschieden starke Reaktionen auslösen. Lange Impulszeiten mit geringen Pausenzeiten sind sensibel weniger verträglich als Stromformen mit kurzer Impulszeit und längeren Pausenzeiten. Dies liegt an dem hohen Gleichstromanteil bei langen Impulszeiten, der ein unangenehmes Stechen bzw. Brennen verursachen kann.



Die letzte Stromform ist am besten verträglich. Sie können deswegen hier die Stromstärke auch höher dosieren, wodurch eine größere Tiefenwirkung erzielt wird.

8.2.2 Diadynamische Ströme

Überblick

Diadynamische Ströme bestehen aus einer Folge von positiven Halbwellen eines **sinusförmigen Wechselstroms**.

Die Impulsdauer beträgt bei diadynamischen Strömen immer 10 ms. Zwei Grundformen werden unterschieden (s. Abb. 8.8):

- ▶ **DF (diphase fixe) 100 Hz:** Aus der Länge der Impulse von 10 ms ergibt sich eine Anzahl von 100 Impulsen pro Sekunde, also eine Frequenz von 100 Hz.
- ▶ **MF (monophasé fixe) 50 Hz:** Die negativen Halbwellen werden unterdrückt – es entsteht an dieser Stelle eine Pause von 10 ms. Impuls und Pause benötigen zusammen eine Zeit von 20 ms. Es passen daher 50 Impulse mit den dazugehörigen Pausen in eine Sekunde, die Frequenz

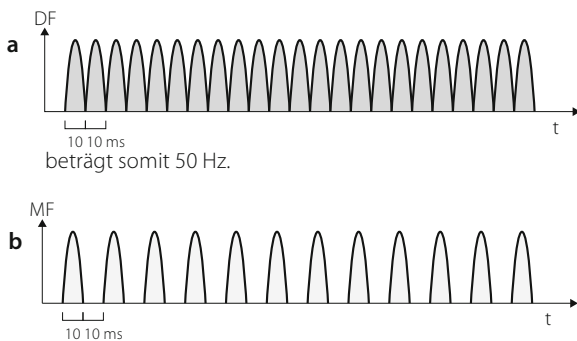


Abb. 8.8. Die zwei Grundformen des diadynamischen Stroms
a DF; b MF

Außer diesen beiden Grundformen werden noch drei **modulierte Formen** verwendet (s. Abb. 8.9):

- ▶ **CP (modulé en courtes périodes):** Zwischen DF und MF wird im Sekundenrhythmus abrupt **ohne Strompause umgeschaltet**.
- ▶ **LP (modulé en longues périodes):** schleichender Wechsel zwischen DF und MF: Nach 5–6 s MF wird innerhalb von 10 s langsam DF hinzugeschwellt und wieder abgeschwellt.
- ▶ **RS (Rythme syncope):** Im Sekundenrhythmus wird MF ohne Schwellung ein- und ausgeschaltet. Auf Grund der Strompausen und den darauf abrupt einsetzenden Strom ist bei der Dosierung **Vorsicht** geboten: der Strom darf nur sehr langsam erhöht werden.

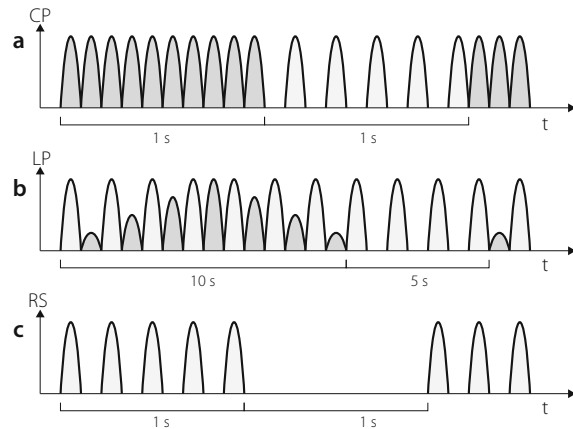


Abb. 8.9. Die drei modulierten Formen des diadynamischen Stroms
a CP; b LP; c RS

Spezifische Wirkungen

▶ DF: Sympathikusdämpfung

Außer dem Nachweis der sympathikusdämpfenden Eigenschaft von DF am Ganglion stellatum (z.B. Schoeler, 1972) liegen bis heute keine kontrollierten Studien über die spezifische Wirksamkeit vor.

- ▶ **MF: Schmerzlinderung** durch starke Reizung der Vibrationsrezeptoren, allerdings muskelkontrahierend.
- ▶ **CP:** Durch den Wechsel von 50 Hz und 100 Hz Minderung des Gewöhnungseffekts und deshalb länger anhaltende **Schmerzlinderung** als bei DF.

Zusätzlich wirkt CP noch resorptionsfördernd (nach Bernard, 1962). Die Muskelkontraktionen in der 50-Hz-Phase können zum einen eine Pumpwirkung auf die Gefäße ausüben, zum anderen einen Detonisationseffekt nach dem Prinzip der postisometrischen Relaxation auslösen.



PRAXISTIPP

Besonders wirksam ist die Kombination von CP und Ultraschall (nach Edel und Lange, 1979).

- ▶ **LP:** gleiche Wirkung wie CP. Allerdings ist der Wechsel der 50- und 100-Hz-Phasen für den Patienten angenehmer als bei CP.
- ▶ **RS:** Stimulation geschwächter Muskulatur

Indikationen

- ▶ Diadynamische Ströme werden überwiegend für **akute und subakute** Krankheitszustände eingesetzt.
 - Distorsionen
 - Kontusionen

- Luxationen
- Muskelzerrungen
- akute Radikulopathien (Prolaps, degenerative Veränderungen am Foramen intervertebrale, Stenosen)
- akute Myalgien bei Lumbago, Morbus Bechterew, Osteoporose
- CRPS I
- Epikondylitis
- Tendovaginitis
- akute Periarthropathia humeroscapularis
- **Seltene Indikationen:**
 - Morbus Raynaud (DF)
 - Endangitis obliterans
 - Neuralgien wie Interkostalneuralgie, Trigeminusneuralgie, Okzipitusneuralgie

Kontraindikationen

Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Applikationsformen

- Querdurchströmung von Gelenken
- Längsdurchströmung
- Schmerzpunktbehandlung
- Nervenstammapplikation der Valeixschen Druckpunkte
- Schmerzpunktsuche
- gangliotrope Applikation zur Sympathikusdämpfung
- vasotrope Applikation
- paravertebrale monosegmentale Querdurchströmung, absteigend im Bereich der Wirbelsäule



PRAXISTIPP

Applikationsformen

- Bei der paravertebralen Behandlung an der Wirbelsäule sollte der Patient bei richtiger Applikation ein „Schraubstockgefühl“ haben.
- Der Patient sollte ein kräftiges Vibrieren empfinden, auf keinen Fall aber ein Brennen oder ein Gefühl „wie tausend Nadelstiche“ spüren. Ist dies der Fall, muss auf Ultraschallstrom (**s. Kap. 8.2.3**) oder eine andere Stromform mit möglichst wenig Gleichstromanteil gewechselt werden.

Polung der differentiellen Elektrode

Die Wirkelektrode wird als Kathode gepolt.

Behandlung

Da es sich um akute Erkrankungen handelt, sollte die Behandlung so früh wie möglich begonnen werden.

- **Dosierung:** sensibel überschwellig bis kurz unter der Toleranzgrenze, bei DF und MF zusätzlich motorisch unterschwellig.



PRAXISTIPP

Wegen der muskelkontrahierenden Wirkung können Sie bei DF und MF motorisch unterschwellig dosieren.

Bei CP und LP ist die Dosierung nach der 50-Hz-Phase zu richten. Hierbei darf es zu Muskelkontraktionen kommen, die in der 100-Hz-Phase aber wieder verschwinden sollten.

► Behandlungszeit:

- Bei diadynamischen Strömen wird in der Praxis normalerweise eine Kombinationsbehandlung aus verschiedenen Arten diadynamischer Ströme angewendet. Dabei beträgt die Gesamtbehandlungszeit maximal 12 min.
- Die Behandlung wird immer mit der Stromform DF für ca. 2–3 min begonnen. Danach folgen CP oder LP, je ca. 3–5 min oder beide Stromformen in Kombination. Die dritte Stromform sollte dabei über einen kürzeren Zeitraum eingesetzt werden als die zweite.
Beispiel: **DF** ca. 2 min, **CP** ca. 3–5 min und **LP** ca. 2–3 min.
- Legen Sie zuerst fest, wie lange Sie pro Tag behandeln möchten: Besonders bei akuten Fällen sollte nicht gleich zu Beginn volle 12 min behandelt werden. Bewährt hat sich das **Reizsteigerungsprinzip**. Je nach Akuteitszustand wird in der ersten Behandlung etwa 6 min behandelt. Anschließend kann pro Tag eine Minute verlängert werden.
- Im zweiten Schritt wählen Sie die Stromarten aus und legen deren Dauer fest.
- Die Vorbehandlung mit DF findet immer 2–3 min lang statt.
- Die anschließende Behandlung nimmt den Rest der Behandlungszeit ein. Dabei sollte die Stromform, deren Wirkung im Vordergrund steht, als erste nach DF folgen und länger dauern.
- Haben Sie bei der Schmerzpunktsuche Stellen mit erhöhter Schmerzhaftigkeit gefunden, die innerhalb oder

8.2 · Niederfrequente Reizströme

außerhalb des betroffenen Gebiets liegen, kann jeder Schmerzpunkt zusätzlich mit 1–2 min CP behandelt werden.

- Zur verstärkten Wirkung des Katelektrotonus oder Anelektrotonus kann nach Bernard (1962) zu den diadynamischen Strömen Gleichstrom von 1–3 mA addiert werden. In diesem Fall wird bei der Behandlung zuerst mit einem separaten Regler der Basisstrom von Null an erhöht und anschließend der diadynamische Strom.

► Häufigkeit der Behandlung:

- akut: 1–2-mal täglich



PRAXISTIPP

- Machen Sie sich zu Beginn der Behandlung eine Tabelle über Ihre Verteilungsstrategie und legen Sie diese anhand der oben genannten Hinweise fest.
- Beispiel: Die erste Behandlung einer akuten Distorsion mit starker Schwellung könnte demnach folgendermaßen aussehen: DF 2 min, CP 3 min, LP 1 min.

- subakut: mindestens 3-mal pro Woche

- **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes, i. d. R. 6–10 Behandlungen
- **Reizpause:** Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf ein anderes elektrotherapeutisches Verfahren (z. B. Ultraschall, Hochfrequenz, Laser etc.) gewechselt werden.

Praktische Durchführung

► Bei akuten Krankheitszuständen:

1. Intensität **vorsichtig** hochregeln (einschleichen).
2. Ggf. Nachregeln.
3. Intensität **vorsichtig** herunterregeln (ausschleichen).

► Bei chronischen Krankheitszuständen:

1. Intensität **zügig** hochregeln.
2. Ein paar Minuten warten, bis das Stromgefühl etwas nachgelassen hat, dann nachregeln. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden.
3. Intensität **zügig** herunterregeln.



VORSICHT

Bei der ersten Behandlung eines akuten Zustandes ist Vorsicht geboten. Die Reaktion des Patienten wird das Vorgehen in der nächsten Behandlung bestimmen. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden, wenn das Stromgefühl nachlassen sollte.

Hinweis: Die Interferenzströme, Ultraschall und Laser sind zu echten „Konkurrenten“ der diadynamischen Ströme geworden, da sie enorme Vorteile und eine größere Leistungsfähigkeit besitzen.

8.2.3 Ultrareizstrom nach Träbert

Überblick

Mitte der fünfziger Jahre fand **Träbert** empirisch eine Reizstromform mit einer charakteristischen Impulszeit- und Pausenzeitkombination, mit der er Schmerzen und gespannte Muskulatur erfolgreich behandelte. 1957 veröffentlichter er seine Arbeiten darüber (Träbert, 1957).

Der Ultrareizstrom nach Träbert verfügt über eine gute analgesierende und detonisierende Wirkung. Er ist indiziert bei **muskulären Verspannungszuständen** wie auch zur Behandlung **schmerzhafter Gelenke**. Die Schmerzhemmung tritt sofort ein und hält einige Stunden an. Infolgedessen eignet sich diese Stromform zur Vorbehandlung bei krankengymnastischen Übungen und lässt sich mehrmals täglich wiederholen.

Stromform: Rechteckstrom von 2 ms Impulszeit und 5 ms Pausenzeit.

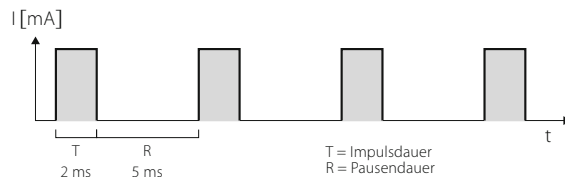


Abb. 8.10. Ultrareizstrom nach Träbert



MEMO

Spannungsverlauf: Rechteck, unteres Potenzial: 0 V

Stromparameter: Rechteckstrom, $T = 2 \text{ ms}$,

$R = 5 \text{ ms} \rightarrow f = 143 \text{ Hz}$

Spezifische Wirkungen

▶ Starke Analgesierung bei geringer sensibler Hautbelastigung

Die erste relativ schnell eintretende Schmerzlinderung hält einige Stunden an, bei vegetativer Dystonie bis zu 10 Stunden. Der Mechanismus basiert auf dem Prinzip der lateralen Schmerzhemmung (s. Kap. 1.3).

▶ Detonisierung der Muskulatur

Wird Ultrareizstrom auf die Muskulatur appliziert, empfindet der Patient ein angenehmes Gefühl wie nach einer starken Massage.

Bisher gibt es nur empirische Angaben, die die beschriebenen Wirkungen größtenteils bestätigen (Edel, 1993; Lampert, 1966; Artner, 1960).

Indikationen

Alle Erkrankungen an Wirbelsäule und peripheren Gelenken, die auf degenerative oder traumatische Ursachen zurückzuführen sind.

Kontraindikationen

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Nebenwirkung

Nach 6–10 Behandlungen kann ein Gewöhnungseffekt – wie bei allen anderen Reizströmen mit konstanter Frequenz – auftreten, der sich in einem erhöhten Strombedarf für die gleiche Wirkung wie beim Ersteffekt ausdrückt.

Applikationsformen

- ▶ Querdurchströmung bei Gelenkerkrankungen
- ▶ Paravertebrale Längsdurchströmung (3 cm Mindestabstand der Elektroden von der Wirbelsäule)
- ▶ Längsdurchströmung eines verspannten Muskels

Polung der differentiellen Elektrode

Die Wirkelektrode wird als Kathode gepolt.

Behandlung

▶ Dosierung:

- akut: sensibel schwellig bis leicht überschwellig. Das Stromempfinden soll auf jeden Fall angenehm für den Patienten sein.
- chronisch: intensiv, bis kurz vor Toleranzgrenze

▶ Behandlungszeit:

- akut: 5 min, Steigerung pro Behandlung um 1–2 min, maximale Behandlungsdauer 15 min
- chronisch: 10–15 min
- Wird Ultrareizstrom in Kombination mit Ultraschall eingesetzt (**Simultanverfahren**, s. Kap. 8.5), beträgt die Behandlungszeit nur 5–10 min.

▶ Häufigkeit der Behandlung:

- akut: täglich
- chronisch: 3-mal pro Woche

▶ Gesamtbehandlungen:

je nach Verordnung des Arztes, i. d. R. 6–10 Behandlungen

▶ Reizpause:

Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf eine andere elektrotherapeutische Applikationsform (z. B. Ultraschall, Hochfrequenz, Laser etc.) gewechselt werden.

Praktische Durchführung

▶ Bei akuten Krankheitszuständen:

1. Intensität **vorsichtig** hochregeln (einschleichen).
2. Ggf. Nachregeln.
3. Intensität **vorsichtig** herunterregeln (ausschleichen).

▶ Bei chronischen Krankheitszuständen:

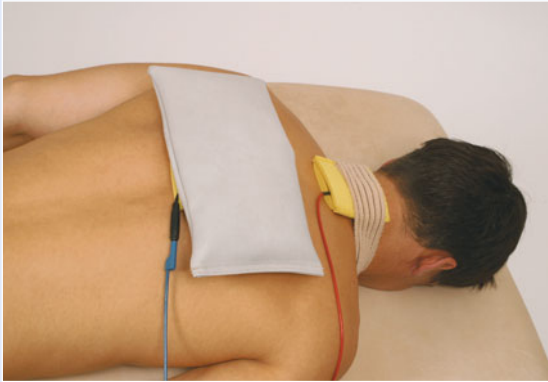
1. Intensität **zügig** hochregeln.
2. Ein paar Minuten warten, bis das Stromgefühl etwas nachgelassen hat, dann nachregeln. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden.
3. Intensität **zügig** herunterregeln.



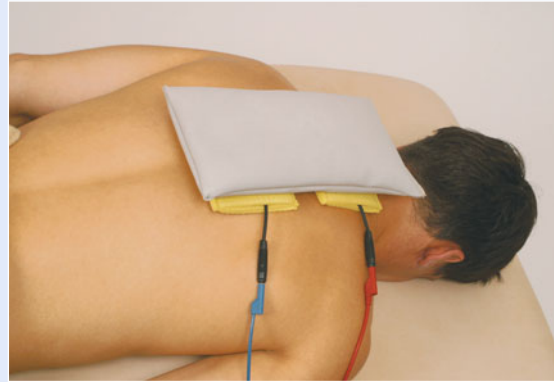
PRAXISTIPP

Manche Geräte bieten den „Modifizierten Ultrareizstrom“ mit den Parametern $T=0,5 \text{ ms}$ und $R=5 \text{ ms}$ an. Dieser ist sensibel noch verträglicher als der Reizstrom nach Träbert.

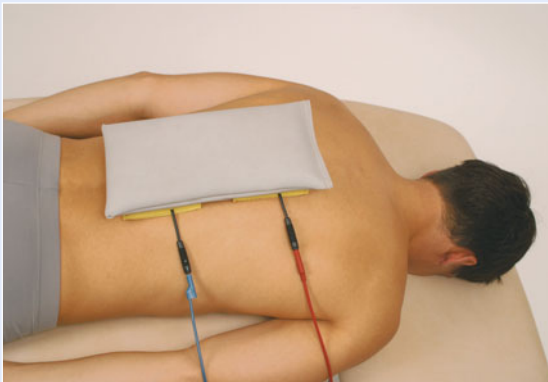
Applikationsformen an der Wirbelsäule



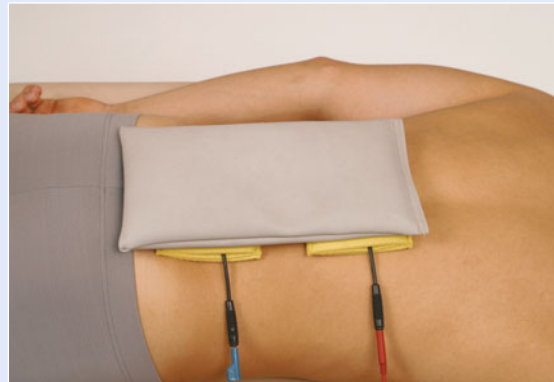
Die Behandlung der HWS und BWS nach Träbert



Die Behandlung an der oberen BWS nach Träbert



Die Behandlung an der unteren BWS nach Träbert



Die Behandlung an der LWS nach Träbert

8.2.4 Impulsgalvanisation

Überblick

Impulsgalvanisation ist ein Sammelbegriff für drei Stromformen in einem Frequenzbereich von 4–24 Hz, welche auf die Muskulatur einwirkend schnelle Einzelkontraktionen erzeugen (nach Jantsch, 1974). Wegen dieses Effekts auf die Muskulatur nennt man die Frequenzen in diesem Bereich „Schüttelfrequenzen“:

IG 30 (Impulsgalvanisation, 30 ms)

Mit der Impulszeit von 30 ms besitzt sie noch einen relativ hohen Gleichstromanteil, grenzt sich aber durch ihre Pause vom Gleichstrom deutlich ab.

Infolge der relativ langen Pausenzeit von 50 ms liegt die Frequenz von IG 30 mit 12,5 Hz **unter** der tetanisieren-

den Frequenz der faradischen Ströme (s. Abb. 8.11 a, S. 128). Auf der anderen Seite ist die Frequenz jedoch zu hoch, um die Wirkung eindeutig der galvanischen Reizung zuzuordnen.

Der Begriff „Schüttelfrequenz“ bietet eine gute Beschreibung für diesen Übergangsbereich von der galvanischen zur faradischen Reizung.

Schüttelfrequenzen erzeugen in der Muskulatur einen unvollständigen Tetanus.



MEMO

Stromparameter: Dreieckstrom,
 $T = 30 \text{ ms}, R = 50 \text{ ms} \rightarrow f = 12,5 \text{ Hz}$

IG 50 (Impulsgalvanisation, 50 ms)

Eine Folge von Impulsen mit relativ kurzer Dauer und einer Frequenz von ca. 196 Hz wird in ihrer Spannung mit einer Frequenz von 8,3 Hz moduliert. Wegen der sehr kurzen Impulszeiten nennt man diese Stromimpulse auch Nadelimpulse. Die Modulation erfolgt so, dass bei an- und ab-schwellendem Strom, die Impulse für eine Dauer von 50 ms eingeschaltet und für 70 ms abgeschaltet sind (s. Abb. 8.11 b).

**MEMO**

Stromparameter: an- und ab-schwellende Folge sehr kurzer Impulse („Nadelimpulse“),
Nadelimpulse: $T = 0,1 \text{ ms}$, $R = 5 \text{ ms} \rightarrow f = 196 \text{ Hz}$
Modulation: $T = 50 \text{ ms}$, $R = 70 \text{ ms} \rightarrow f = 8,3 \text{ Hz}$

FM (Frequenzmodulation)

Einzelne Impulse der Dauer 1 ms folgen aufeinander. Die dazwischenliegenden Pausen haben eine zufällige Länge zwischen 40 und 250 ms (s. Abb. 8.11 c). Daraus ergibt sich eine Frequenz von 4–24 Hz.

**MEMO**

Stromparameter: stochastische Impulsfolge,
 $T = 1 \text{ ms}$, $R = 40\text{--}250 \text{ ms} \rightarrow f = 4\text{--}24 \text{ Hz}$

Diese Stromform hat den Vorteil, dass bei ihrer Anwendung zur Schmerzlinderung der Gewöhnungseffekt viel später eintritt.

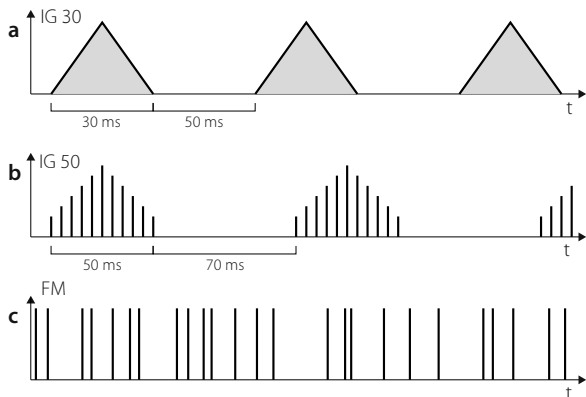


Abb. 8.11. Die drei Stromformen der Impulsgalvanisation
a IG 30; b IG 50; c FM

Spezifische Wirkungen

- ▶ **Analgesierung** (vgl. Gate-control-Theorie, Kap. 4.1.3) bei relativ geringer sensiblen Hautbelästigung
- ▶ **Detonisierung** der Muskulatur durch Anspannung und Entspannung
- ▶ **Durchblutungsförderung**
- ▶ **Resorptionssteigerung** durch die rhythmischen Kontraktionen

Indikationen

- ▶ Alle Erkrankungen an der Wirbelsäule und den peripheren Gelenken, die auf degenerative oder traumatische Ursachen zurückzuführen sind.
- ▶ Verspannte Muskulatur
- ▶ Durchblutungsstörungen

Kontraindikationen

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Applikationsformen

- ▶ Querdurchströmung von Gelenken
- ▶ Längsdurchströmung
- ▶ Schmerzpunktbehandlung
- ▶ Nervenstammapplikation der Valeixschen Druckpunkte
- ▶ Schmerzpunktsuche
- ▶ Vasotrope Applikation
- ▶ Querdurchströmung: paravertebral monosegmental im Bereich der Wirbelsäule (absteigende Behandlung)

Polung der differentiellen Elektrode

Die differente Elektrode wird als Kathode gepolt.

Behandlung

- ▶ **Dosierung:** Intensität bis kurz unterhalb der Toleranzgrenze hochregeln
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:**
 - akut: täglich
 - chronisch: bis 2–3-mal pro Woche
 - Wird Ulrareizstrom in Kombination mit Ultraschall eingesetzt (**Simultanverfahren**, s. Kap. 8.5), beträgt die Behandlungszeit ebenfalls 5–10 min.
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes
- ▶ **Reizpause:** Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf ein anderes elektrotherapeutisches Verfahren gewechselt werden.

Praktische Durchführung

- ▶ **Bei akuten Krankheitszuständen:**
 1. Intensität **vorsichtig** hochregeln (einschleichen).
 2. Ggf. Nachregeln.
 3. Intensität **vorsichtig** herunterregeln (ausschleichen).
- ▶ **Bei chronischen Krankheitszuständen:**
 1. Intensität **zügig** hochregeln.
 2. Ein paar Minuten warten, bis das Stromgefühl etwas nachgelassen hat, dann nachregeln. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden.
 3. Intensität **zügig** herunterregeln.

8.2.5 TENS-Verfahren

Überblick

TENS ist die Abkürzung für **transkutane elektrische Nervenstimulation**. Es handelt sich um ein Analgesieverfahren zur Heimbehandlung chronischer Schmerzpatienten.

Die Methode wurde 1972 in den USA durch **Shealy** und Mitarbeiter entwickelt und kam kurze Zeit später als Selbstbehandlung in Anwendung.

Beim TENS-Verfahren werden Rechteckimpulsströme mit Impulszeiten im Bereich von 30–400 μs (= 0,030–0,400 ms) verwendet. Die Pausen zwischen den Impulsen betragen je nach Gerätehersteller 5–100 ms. Daraus ergibt sich eine Frequenz von 10–200 Hz.



MEMO

Stromparameter: Rechteckstrom,
 $T = 0,03\text{--}0,4\text{ ms}$, $R = 5\text{--}100\text{ ms} \rightarrow f = 10\text{--}200\text{ Hz}$
 (Pausendauer ist vom Gerätehersteller festgelegt)

Zur konventionellen Reizstrombehandlung bestehen folgende Unterschiede:

- ▶ Die TENS-Geräte sind zur Ligenbehandlung konzipiert und werden mit Batterie betrieben und sind am Körper tragbar.
- ▶ Heutzutage gibt es aber auch in den meisten Therapiegeräten bereits feste TENS-Programme, so dass auch in der physiotherapeutischen Praxis TENS angewendet werden können.
- ▶ Die Impulse sind wesentlich kürzer als bei konventionellen Reizströmen.
- ▶ Ein hautfreundliches Gel oder Klebemittel dient als Kontaktmedium.
- ▶ Impuls- und Pausendauer können innerhalb eines vom Gerätehersteller festgelegten Spektrums vom Therapeuten eingestellt und im Laufe der Behandlung bei Bedarf verändert werden.

TENS-Gerät



Stromformen

Leider gibt es sehr viele Variationen. Im angelsächsischen Sprachgebiet hat sich die Einteilung nach Mannheimer und Lampe (1987) etabliert:

- ▶ **Typ 1: „High rate conventional-TENS“ (= Hochfrequentes TENS):** Pulsfolge mit einer Frequenz zwischen 75 und 150 Hz, Impulszeit > 0,2 ms.
 Optimale Frequenzen sind 50 bis 100 Hz. Bei dieser Reizung werden keine dünnen, sondern großkalibrige Nervenfasern erregt. Frequenzen über 100 Hz bringen keine Verbesserung der therapeutischen Effektivität, sondern begünstigen sogar eher die rasche Ermüdung der Fasererregbarkeit (Hiedl et al.) Nach Han et al. (1994); Chen und Han (1992) werden nach Reizung mit 100 Hz im zerebralen Liquor Dynorphin A und B vermehrt nachgewiesen.
 Hochfrequentes TENS aktiviert nur das spinale System im Rückenmark und das Serotoninsystem im Hirnstamm. Hypothalamus und Hypophyse werden dadurch nicht beeinflusst.
- ▶ **Typ 2: „Low rate acupuncture-like TENS“ (= Niedrigfrequentes akupunkturähnliches TENS):** Pulsfolge mit einer Frequenz unter 10 Hz, Impulszeit < 0,1 ms.
 Diese Form wurde von schwedischen Ärzten entwickelt, denen einige Zeit die nadelförmige Akupunktur verboten war. Die breiten Stromimpulse und die hohe Stromintensität erregen nozizeptive A delta und C – Fasern. Das Stromempfinden sollte ein deutliches, leichtes schmerzhaftes Stechen oder Brennen sein. Eine vermehrte Endorphinausschüttung auf Höhe des entsprechenden Segments konnte nachgewiesen werden (Sjölund 1977).
 Hierbei werden endogene Opiate freigesetzt, die man durch Naloxon wieder blockieren konnte. Damit wollten Sjölund und Eriksson den Beweis für die Richtigkeit ihrer These beweisen. Mayer et al. teilten ähnliche Resultate bei der Reizung

mit 2 Hz mit. Leider wurden von anderen Autoren z.B. Chapman (1983) diese Resultate nicht bestätigt. Niedrigfrequentes TENS soll nach Pomeranz (1988) alle drei Modulationsstationen Rückenmark, Hirnstamm (zentrales Höhlengrau und Raphekerne) und Hypothalamus/Hypophyse aktivieren. Im Rückenmark aktiviert ein intensiver niedrigfrequenter Stimulus die Freisetzung von Enkephalinen und Dynorphinen. Im zentralen Höhlengrau und in den Raphekerne aktiviert Enkephalin das absteigende Raphesystem, das selbst über Monoamine, Serotonin sowie Noradrenalin die aufsteigenden Schmerzafferenzen blockiert.



Abb. 8.12. High rate conventional-TENS (Typ 1)

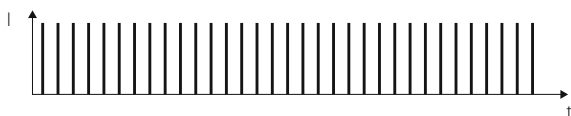
Abb. 8.13. Low rate acupuncture-like TENS (Typ 2)
Impulszeit > 0,2 ms

Abb. 8.14. Burst-TENS (Typ 3)

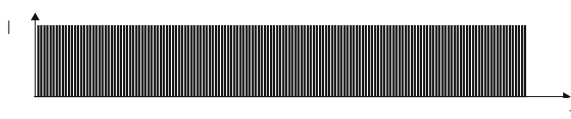


Abb. 8.15. Brief intense-TENS (Typ 4)



VORSICHT

In den Angaben der TENS-Literatur wird häufig von hochfrequenter und niederfrequenter TENS gesprochen. Der Ausdruck „High“ (abgekürzt HI) für hochfrequente TENS meint nicht die Hochfrequenztherapie, sondern bezeichnet den Frequenzbereich von etwa 80–200 Hz. „Low“ steht für niederfrequente TENS (= Low frequency TENS) und bezeichnet Reizfrequenzen unter 10 Hz.

► **Typ 3: „Single pulse versus pulse burst/chain“** oder **„Burst-TENS“**: 2–4 Impulsblöcke pro Sekunde, bestehend aus je 10–100 Impulsen

► **Typ 4: „Brief intense-TENS“**: Pulsfolge mit einer Frequenz von 150–200 Hz

Neben diesen klassischen Formen sind darüber hinaus noch folgende Varianten gebräuchlich:

► **Biphasisches TENS-Verfahren**: Eine gewöhnliche monotone Stimulierung mit hochfrequentem monophasischen TENS führt leicht zu einem Gewöhnungseffekt = Habituation. Deswegen gebraucht man hier Impulse, die ständig rhythmisch ihre Polarität wechseln (biphasische Impulse). Außerdem wird dadurch die Behandlung von Regionen mit Metallimplantaten möglich.

Pöntinen und Mantilla 1988 wie auch King und Sluka (2001) weisen bei dieser Form von TENS sowohl bei 2–4 Hz als auch bei 100 Hz eine Erhöhung der Schmerzschwelle nach.

► **TENS-Verfahren mit variablen Parametern (modulierte Ströme)**: Moduliert werden Impulszeit, Impulsfrequenz und Stromstärke. Ziel dieser Stromformen ist es, den Gewöhnungseffekt herabzusetzen und damit die Wirkungsdauer zu verlängern. Die Modulation der Frequenz wird als stochastisch bezeichnet.

■ **Stochastisches TENS („MO“ = Modulation frequency)**: Hierbei wechselt die Frequenz der Impulse ständig in einem vorgegebenen zufälligen Rhythmus. Diese Form besitzt den geringsten Gewöhnungseffekt.

■ **TENS mit modulierter Impulsbreite**: Die Impulszeiten verkürzen und verlängern sich in einem festen Rhythmus, beispielsweise in einem 6-s-Rhythmus.



Abb. 8.16. Biphasisches TENS-Verfahren



Abb. 8.17. Stochastisches TENS-Verfahren

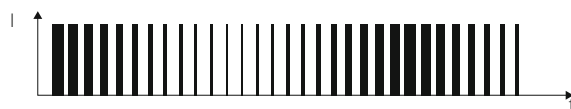


Abb. 8.18. TENS mit Impulsbreitenmodulation

Weitere Sonderformen von TENS

▶ Elektrische Nervenblockade nach Jenkner:

Monophasische Impulse (0,2 bis 0,4 ms)

Frequenz: 30 bis 40 Hz

Kleine Anode über dem Nerv, große Kathode in der unmittelbaren Nähe.

Durch die Benutzung der Anode wird zusätzlich eine Hyperpolarisation der Nervenmembran erzeugt.

Jenkner (1988) publizierte gute Erfolge an einem großen Patientenkollektiv.

▶ PuTENS (Punktförmige transkutane elektrisch Nervenstimulation)

Hierbei handelt es sich um Stimulation der Akupunkturpunkte mit einer Punktelektrode.

Zur Anwendung kommen niedrigfrequente Hochvoltimpulse (ca. 500 V) von niedriger Frequenz (ca. 2 – 10 Hz) mithilfe einer Punktelektrode. Diese kann an einem Akupunkturpunkt, auf einen Triggerpunkt bei myofascialen Beschwerden, an einem proximalen Nerv bei neuralgischen Schmerzen oder einfach paravertebral angebracht werden.

▶ ESA (Elektrostimulations-Akupunktur)

Die ESA ist eine Methode, die historisch gesehen in den 50er Jahren Ausgangspunkt der Forschungen zur Entwicklung von TENS war. Hierbei wird über Akupunkturnadeln Strom in den Körper gebracht, wenn die Nadelung alleine nicht ausreicht. Es gibt zwei Reizungstypen:

Niederfrequente Reizung mit 2 – 15 Hz führt im wesentlichen zu Ausschüttung von endorphinergen Substanzen und eignet sich vor allem für chronische Erkrankungen.

Die hochfrequente Reizung mit 80 – 150 Hz führt zu einer Ausschüttung von Serotonin und wirkt aktivierend auf die deszendierenden Schmerzsysteme. (TEMS)

▶ Transkutane elektrische Muskelstimulation (TEMS)

Anwendung findet diese Form von TENS bei allen durch Nervenläsion geschädigten Muskeln.

Es kommt hierbei zum einen zu einer weitgehenden Vermeidung von Atrophie sowie zu einer Hypertrophie von sich bereits regenerierender Muskulatur (Kuthert et al. 1980).

- ▶ Intensität
- ▶ Dauer der Behandlung
- ▶ Frequenz der Impulse
- ▶ Reizort

Die Reizung erfolgt hauptsächlich über die dicker myelinisierten A beta Fasern. Werden die Reize als leicht schmerzhaft empfunden, können auch die A delta Fasern und die C ansprechen und die Schmerzweiterleitung wird nach dem Gegenirritationsprinzip blockiert bzw. moduliert.

Leider gewöhnt sich unser Nervensystem schnell an die Stromreize (Habituation, Gewöhnungseffekt). Deshalb können folgende Strategien benutzt werden, um diese Effekte abzuschwächen (Spielholz und Nolan, 1995):

- ▶ Wechsel der Frequenz
- ▶ Benutzung eines stochastischen Programmes
- ▶ Modulation der Impulsbreite (Abb. 8.18)
- ▶ Änderung der Elektrodenplatzierung
- ▶ Wechsel zu biphasischem TENS

Die Nachweise über die Wirksamkeit zur Schmerzdämpfung sind sehr zahlreich. So berichtete Partovaara und Hamalamen (1982) von einer Untersuchung bezüglich der Anhebung der Schmerzschwelle bei thermischer Schmerzreizstimulierung. Infolge der Reizung mit dem TENS-Typ 1 wurde die Schmerzgrenze deutlich erhöht.

Handwerker et al. (1975), Hillmann und Wall (1969) und Foreman et al. (1976) wiesen eindeutig eine Unterdrückung von thermischen Schmerzreizen mit niedrig dosierten Reizströmen nach. Handwerker zeigte, dass die Schmerzunterdrückung bei Erhöhung der Reizfrequenz von 5 auf 50 Hz etwa um das Doppelte zunimmt.

Jette (1986) führte eine vergleichende Untersuchung über die Effekte von Typ 1, 2 und 3 durch. Er fand keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Typen. Während der Untersuchung stellte sich aber heraus, dass bei Typ 2 die Stromintensität eine Rolle spielte: Eine Reizung mit hoher, gerade noch verträglicher Stromstärke hatte einen eindeutig besseren Effekt auf die Schmerzunterdrückung als die Reizung mit schwacher Intensität.

Indikationen

- ▶ Chronische, kausal nicht mehr zu behandelnde Schmerzzustände, z. B. Phantomschmerzen nach Amputationen, Plexusläsionen, Plexusausrissen
- ▶ Neuralgien
- ▶ Postoperatives Nukleotomiesyndrom

Spezifische Wirkung

Hauptanwendung der TENS - Geräte ist die Schmerzlinderung besonders bei chronischen Patienten. Daneben wirken sie selbstverständlich auch durchblutungsfördernd und muskelaktivierend.

Die Schmerzhemmung durch TENS basiert auf der Aktivierung der endogenen schmerzhemmenden Systeme (vgl. Kap. 4.1.3 „Schmerzhemmung,,).

Der Erfolg der Stimulation ist von folgenden Faktoren abhängig:

Evidenzbasierte Wirkungsnachweise

► Diffuse Wirbelsäulenbeschwerden

Nach Hankemeier, Finke und Krizanits-Weine (2003) werden die Elektroden entweder nur auf der betroffenen Seite, oder beidseits paravertebral angelegt. Im letzteren Fall wird auf der einen Seite die Anode proximal, auf der anderen die Kathode proximal angelegt.

Reizfrequenz: 30 – 150 Hz.

Die Autoren sprechen von einer „Überflutungsanästhesie“, d.h. die Impulse müssen so stark sein, dass sie durch ein starkes Kribbelgefühl die Schmerzen überdecken, also „überfluten“.

► Segmentale Schmerzen

im Versorgungsgebiet eines peripheren Nerven

Nach Hankemeier und Finke (2003) gibt es zwei Varianten: Elektroden im Verlauf des Nerven, Kathode paravertebral, Anode peripher, Reizfrequenz 30 – 150 Hz. Stimulation so hoch, dass „Überflutungsanästhesie“ erreicht wird.

Niederfrequente Stimulation (0,5 – 5 Hz) im Burst Modus. Hier liegt die Anode paravertebral, die Kathode distal im Versorgungsgebiet. Warum hier eine umgekehrte Polarität vorgenommen wird, kann nicht beantwortet werden. Muskelkontraktionen sind hierbei erwünscht, helfen sie doch bei der Schmerzbekämpfung (Finke 2003).

► Pseudoradikuläre Schmerzen

Diese können Ursachen im Mukel (aktive Triggerpunkte) oder im Gelenkbereich liegen.

Charakteristisch hierbei sind Schmerzen, die sich nicht an ein Dermatomschema halten.

Ist die auslösende Struktur gefunden, wird über dieser oder im zugehörigen Segment hochfrequent behandelt (Hankemeier und Finke 2003).

► Myofasciales Schmerzsyndrom

der Wirbelsäulenmuskulatur

Auch hier können aktive Triggerpunkte mitverantwortlich für die Schmerzen sein.

Es wird nach Hankemeier und Finke (2003) beidseits der Wirbelsäule behandelt, ob Kathode oder Anode proximal muss individuell ausgetestet werden.

► Gelenksschmerzen

Wie in unterschiedlichen Studien gezeigt werden konnte, lässt sich durch Stimulation sowohl die Gelenkfunktion als auch der Ruheschmerz positiv beeinflussen (Mannheimer et al 1978; Kepplinger 1984; Mannheimer 1978; Ottoson und Lundberg 1980).

Hierbei werden zwei unterschiedliche Therapiekonzepte unterschieden:

Nach Mannheimer (1978) werden kleine und mittlere Gelenke direkt mit 30 – 150 Hz therapiert. Nach Flöter (1986) muss täglich behandelt werden. Nach Mannheimer et al.

(1978) kann kein positiver Effekt erzielt werden, wenn die Applikation paravertebral in den entsprechenden Segmenten erfolgt.

- Bei multilokaler Gelenkbeeinträchtigung erfolgt die Reizung im Burst Modus. Dabei darf es durch die entstehenden Muskelkontraktionen zu keiner Schmerzverstärkung kommen (Klinger und Kepplinger 1984; Ottoson und Lundberg 1988). Zur Anwendung kommen hier sowohl Quer- als auch Längsdurchströmung der Gelenke.

► Neuralgien und Deafferentierungsschmerzen

Parry (1981) berichtet, dass 65 % der Patienten mit posttraumatischen peripheren Deafferentierungsschmerzen eine deutliche Schmerzlinderung durch hochfrequenten TENS erfahren. Beste Ergebnisse wurden erzielt, wenn die Elektroden in der Nähe der Verketzung angebracht wurden.

Eriksson und Sjölund (1979) haben bei 34 % von Patienten, die an Neuralgien leiden, nach einer hochfrequenten Reizung mit TENS eine Schmerzfremheit bewirkt, die länger als 24 Stunden anhält.

Bei Neuralgien nach Herpes Zoster-Befall sind die Ergebnisse eher bescheiden (Bates und Nathan 1980).

► Stumpf – und Phantomschmerzen

Diese Schmerzsyndrome gehören zu denjenigen, die auf TENS am besten ansprechen.

Ergebnisse von etwa 200 Schmerzpatienten zeigten, dass der Schmerzlinderungseffekt am Anfang der Behandlung etwa bei 70 % liegt, nach einem Monat noch bei 50 %, nach einem Jahr bei 32 % und nach 5 Jahren bei 28 %.

Die beiden Schmerztypen sind folgendermaßen zu differenzieren:

Beim **Stumpfschmerz** liegen die Schmerzen im Bereich des Stumpfes, bei einem **Phantomschmerz** schmerzt ein nicht mehr vorhandenes Areal, z.B. Zehen, Fuß

Praktisches Vorgehen: Man ermittelt zuerst mit einer mobilen Elektrode die Schmerztriggerpunkte. Danach reizt man dort mit einer Frequenz zwischen 30 und 100 Hz.

Die optimale Frequenz muss empirisch herausgefunden werden. In Untersuchungen stellte sich nach Gessler et al (1984) die Trapezimpulsform als wirkungsvollste heraus.

Nach Gessler (1984) konnte auch bei kontralateraler Reizung ein Erfolg verbucht werden, allerdings erreichte dies Reizung nicht die Effektivität der ipsilateralen Reizung.

Ähnliche Therapieansätze wurden auch von Groß (1981) bei kontralateraler Lokalanästhesie nach Verlust einer ganzen Extremität und entsprechenden Phantomschmerzen dokumentiert. Daraus folgt, dass TENS hierbei hauptsächlich auf spinaler und segmentaler Ebene wirken.

► Periphere Durchblutungsstörungen (z.B.M.Raynaud)

Nach Kaada et al (2003) wirkt TENS auch durchblutungsfördernd: Ein zentrales serotoninerges System blockiert den peripheren Sympathicus, was zu einer Weitstellung der Gefäße führt, des weiteren wird VIP (= Vasoaktives intestinales Polypeptid), Substanz P freigesetzt, die als vasodilatierend gelten. In Tierexperimenten wurden neben diesen Substanzen noch weitere vasoaktive Stoffe gefunden (Kaada).

Peters et al.(2001) fand nach hochfrequenter Stimulation eine erhöhte Durchblutung bei Diabetikern.

Folgende vier Techniken sind am besten für eine effektive Behandlung von peripheren Durchblutungsstörungen geeignet:

- Eine segmentale Behandlung paravertebral in den BWS Segmenten Th2 bis Th 6 beidseits für den Arm, in der LWS für das Bein mit hohen oder niedrigen Frequenzen
- Eine lokale Behandlung mit niedrigen Frequenzen im betroffenen Gebiet
- Eine Behandlung aktiver Triggerpunkte
- Für die obere Extremität kann auch direkt eine Stellatumblockade vorgenommen werden.

► Ulcera Techniken

- Lokale Behandlung mit hohen Frequenzen 80 – 100 Hz, Elektroden beidseits des Ulcus
- Segmentale Behandlung mit hohen (80 – 100 Hz) oder tiefen Frequenzen beidseits der Wirbelsäule
- Nicht segmentale Behandlung mit niedrigen Frequenzen

Kontraindikationen

Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

In diesem Zusammenhang ist besonders zu achten auf:

- Herzschrittmacher
- schwere Herzerkrankungen

Nebenwirkungen

- Bei häufiger und langer Anwendung können Hautreizungen auftreten.
- Nach längerer Applikation kann ein Gewöhnungseffekt eintreten, der am erhöhten Strombedarf und an einem kürzer werdenden, schmerzfreien Intervall erkennbar ist.

Applikationsformen

Bezüglich der der Elektrodenplatzierung gibt es folgende Therapiehierarchie:

- Direkt über dem Nervenstamm, der das Areal versorgt
- Direkt auf dem Schmerzareal
- betroffene AreaL wird von zwei Seiten eingeschlossen
- Paravertebral
- Kontralateral

Nach Eriksson (1983); Flöter (1986) und Kizanits (1985) wird der Erfolg einer Behandlung durch mehrere Faktoren bestimmt:

- Compliance des Patienten
- Regelmäßige Behandlung im häuslichen Bereich
- Qualifizierte Anleitung

Polung der differentiellen Elektrode

Nur bei monophasischen Impulsen: Hier wird die Wirkelektrode als Kathode gepolt.

Behandlung

► Dosierung:

- Die Stromstärke wird bis kurz unter der Toleranzgrenze hochgeregelt. Je stärker das Stromgefühl, desto besser ist die zentrale Schmerzdämpfung.
- Zur spinalen Hemmung nach dem Prinzip des Verdeckungseffekts reicht eine sensibel überschwellige angenehme Dosierung.

► Behandlungszeit: bis Schmerzdämpfung eintritt (Richtwert: 20–60 min)

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

► Gesamtbehandlungen: je nach Verordnung des Arztes, keine Begrenzung

► Reizpause: Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf eine andere elektrotherapeutische Applikationsform (z.B. Ultraschall, Hochfrequenz, Laser etc.) gewechselt werden.



PRAXISTIPP

Da es auf dem Markt eine breite Palette von TENS-Geräten gibt, ist es unmöglich, alle Stromformen, Elektrodenanlagen und Zeitangaben im Einzelnen wiederzugeben. Bitte beachten Sie deswegen die detaillierten Angaben des Herstellers im Begleitheft.

Praktische Durchführung

- Vor der Stromanwendung am Ort der Elektrodenplatzierung Körperbehaarung entfernen und die Region mit milder Seife reinigen.

► **Bei akuten Krankheitszuständen:**

1. Intensität **vorsichtig** hochregeln (einschleichen).
2. Ggf. Nachregeln.
3. Intensität **vorsichtig** herunterregeln (ausschleichen).

► **Bei chronischen Krankheitszuständen:**

1. Intensität **zügig** hochregeln.
 2. Ein paar Minuten warten, bis das Stromgefühl etwas nachgelassen hat, dann nachregeln. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden.
 3. Intensität **zügig** herunterregeln.
- Nach der Behandlung die Haut zur Vermeidung von Austrocknung mit einer Vitamin-E-haltigen Lotion eincremen.



PRAXISTIPP

Die optimale Elektrodenlage muss vom Therapeuten ausprobiert werden. Die Reizorte werden mit wasserfesten Stiften markiert, damit der Patient zu Hause ebenfalls die richtige Platzierung findet.



VORSICHT

Bitte differenzieren Sie die Brust-Frequenz (niedrige Frequenz) von der eigentlichen Frequenz des Tens-Stroms (höhere Frequenz).



MEMO

Stromparameter:

Spannung der Impulse: 550 V

$T = 20\text{--}75 \mu\text{s}$, $f = 10\text{--}150 \text{ Hz}$

Spezifische Wirkungen

- Schmerzlinderung
- Durchblutungsförderung
- Muskelstimulation

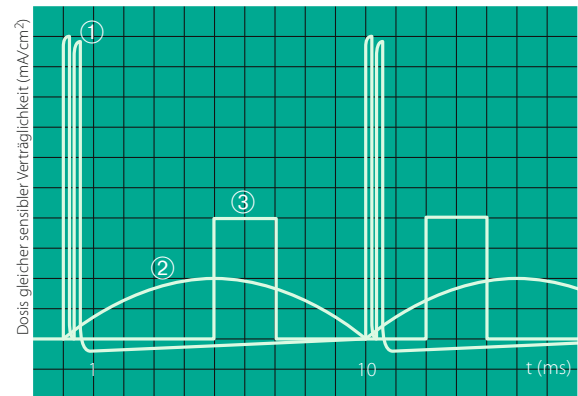


Abb. 8.19. Die hohe Stromverträglichkeit des Hochvoltstroms ① im Vergleich zu diadynamischem Strom ② und Ulrareizstrom nach Träbert ③. Gemessen wurde der Strombedarf für die Toleranzgrenze.

Indikationen

- Alle Erkrankungen an Wirbelsäule und peripheren Gelenken, die auf degenerative oder traumatische Ursachen zurückzuführen sind
- Verspannte Muskulatur
- Durchblutungsstörungen
- Alle **akuten Zustände** nach Traumata wie:
 - Distorsionen
 - Kontusionen
 - Luxationen
 - Muskelzerrungen
 - akute Radikulopathien (Prolaps, degenerative Veränderungen am Foramen intervertebrale, Stenosen)
 - akute Myalgien bei Lumbago, Morbus Bechterew, Osteoporose
 - CRPS I
 - Epikondylitis
 - Tendovaginitis
 - akute Periarthropathia humeroscapularis

8.2.6 Hochvoltstrom

Überblick

Hochvoltstrom besteht aus einer Folge extrem kurzer Nadelimpulse. Auf Grund der kurzen Dauer der Einzelimpulse kann die Spannung erheblich höher gewählt werden als bei den vorangehenden Stromformen.

Dieses Verfahren ist nicht so verbreitet und weniger bekannt als die vorherigen, weshalb Hochvoltstrom seltener zur Anwendung kommt.

Vorteile:

- Durch die extrem kurze Impulszeit kann keine Hautreizung durch Säure oder Lauge entstehen.
- Es können auch Gebiete mit Metallimplantaten behandelt werden.

► **Seltene Indikationen:**

- Morbus Raynaud (DF)
- Endangitis obliterans
- Neuralgien wie Interkostalneuralgie, Trigemimusneuralgie, Okzipitusneuralgie

Kontraindikationen

Es gelten die in Kap. 5 angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.



VORSICHT

Hochvoltstrom auf keinen Fall anwenden bei:

- Herzschrittmachern
- Herzrhythmusstörungen

Applikationsformen

- Querdurchströmung von Gelenken
- Längsdurchströmung
- Schmerzpunktbehandlung
- Nervenstammapplikation der Valeixschen Druckpunkte
- Schmerzpunktsuche
- Gangliotrope Applikation zur Sympathikusdämpfung
- Vasotrope Applikation
- Paravertebrale monosegmentale Querdurchströmung, absteigend im Bereich der Wirbelsäule

Polung der differentiellen Elektrode

Die Wirkelektrode wird als Kathode gepolt.

Behandlung

- **Dosierung:** sensibel überschwellig bis kurz unterhalb der Toleranzgrenze
- **Behandlungszeit:** 5–15 min
- **Häufigkeit der Behandlung:**
 - akut: täglich
 - subakut und chronisch: 2–3-mal pro Woche
- **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes
- **Reizpause:** Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf eine andere elektrotherapeutische Applikationsform (z. B. Ultraschall, Hochfrequenz, Laser etc.) gewechselt werden.

Praktische Durchführung

► **Bei akuten Krankheitszuständen:**

1. Intensität **vorsichtig** hochregeln (einschleichen).
2. Ggf. Nachregeln.
3. Intensität **vorsichtig** herunterregeln (ausschleichen).

► **Bei chronischen Krankheitszuständen:**

1. Intensität **zügig** hochregeln.
2. Ein paar Minuten warten, bis das Stromgefühl etwas nachgelassen hat, dann nachregeln. Innerhalb der ersten Minuten kann 2–3-mal nachgeregelt werden.
3. Intensität **zügig** herunterregeln.

8.2.7 Der Neofaradische Schwellstrom

Generell gibt es zwei Möglichkeiten, einen Muskel zur Kontraktion zu bringen:

- Faradisch. Hierbei wird der Muskel mit schnellen Serienimpulsen gereizt.
- Galvanisch. Hierbei wird der Muskel mit Einzelimpulsen (vgl. Kap. 8.2.9) gereizt.

Jede dieser Reizungen kann wiederum mit Rechteck oder Dreieckimpulsen durchgeführt werden.

Der klassische neofaradische Schwellstrom ist bei älteren Geräten mit einer Taste direkt abrufbar und hat folgende Stromparameter:

Dreieckstrom,

$T = 1 \text{ ms}, R = 20 \text{ ms} \neq f = \text{ca. } 48 \text{ Hz}$

$f_{\text{schwell}} = 21/\text{min}$

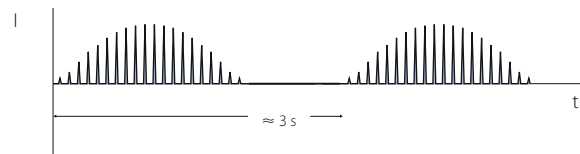


Abb. 8.22. Neofaradischer Schwellstrom (regelmäßige Impuls- und Pausendauer mit geringerem Anstieg als Thyatronstrom)

Dem Muskel werden regelmäßig Erholungspausen ermöglicht, indem das Elektrotherapiegerät automatisch 21-mal in der Minute den Strom auf die eingestellte Stromstärke hoch- und wieder herunterregelt (**Schwellung**). Die Häufigkeit der Schwellungen wird dann in Muskelreizungen pro Minute angegeben.

Die Schwellungsfrequenz (f_{schw}) ergibt sich aus Schwelldauer und Schwellpause nach der Formel:

$$f_{\text{schw}} = \frac{60}{\text{Schwelldauer [s]} + \text{Schwellpause [s]}} \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$$

Die **Schwellungsfrequenz** beträgt in der Regel **21 Schwellungen pro Minute**. Diese Frequenz ist streng zu trennen von der Frequenz des zu Grunde liegenden Reizstroms nämlich 48 Hz. Die Dauer des Stromflusses (**Schwellzeit**) und der Strompause (**Schwellpause**) ist hierbei gleich groß.



VORSICHT

Die Schwellungsfrequenz wird in Schwellungen pro Minute angegeben, die Reizstromfrequenz in Impulsen pro Sekunde (Hz).

Für **Intentionsübungen** kann der Patient auch mittels eines Schalters Beginn und Ende der Schwellungen selbst bestimmen.

Werden die Parameter Schwellzeit und Schwellpause sowie Impuls- und Pausenzeit verändert, handelt es sich nicht mehr um den klassischen neofaradischen Schwellstrom, sondern um eine individuelle Abwandlung desselben (s. Kap. 8.2.8).

Spezifische Wirkungen

- ▶ Auslösung einer tetanischen Kontraktion (zur Muskelkräftigung, z.B. nach Gipsimmobilisation)
- ▶ Lösung von muskulären Spasmen und Verspannungen
- ▶ Intensivierung der lokalen Blut- und Lymphzirkulation
- ▶ Aktivierung der Muskelpumpe zur Vermeidung von Venenthrombosen

Indikationen

- ▶ Muskelschwächen und Atrophien auf Grund postoperativer Immobilisierung
- ▶ Koordinationsstörungen: propriozeptives Training auf Grund langer Inaktivierung der Muskulatur



PRAXISTIPP

Der zugehörige Nerv muss noch intakt sein. Selbst bei leichter Kompression der austretenden Spinalnerven durch eine Protrusio oder einen Prolaps lässt sich die Muskulatur oft nur noch schwer faradisch reizen, obwohl noch Willkürinnervation vorhanden ist.



VORSICHT

Eine Muskelschwäche auf Grund einer peripheren Nervenschädigung lässt sich **nicht** mit faradischen Strömen reizen. Dies erfordert ein anderes Vorgehen. Es wird in **Kap. 8.2.9** näher beschrieben.

Kontraindikationen

- ▶ **Absolut:** Herzrhythmusstörungen
- ▶ **Relativ:** Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.

Nebenwirkung

Bei zu intensiver Reizung kann Muskelkater mit seinen Symptomen auftreten.

Applikationsformen

- ▶ Bipolare Reizung: zwei Elektroden auf dem Muskelbauch
- ▶ Monopolar direkte Reizung: eine Punkt- oder kleine Bügelelektrode – meist die Kathode – auf einem Muskelreizpunkt, die andere proximal davon im Nervenverlauf
- ▶ Monopolare indirekte Reizung: Punktelektrode auf einem Nervenreizpunkt, Plattenelektrode als Bezugselektrode proximal davon im Nervenverlauf

Polung der differentiellen Elektrode

- ▶ Bei bipolarer direkter Reizung: Kathode distal der Anode
- ▶ Bei monopolarer direkter Reizung: Kathode auf den Muskelreizpunkt, Anode proximal
- ▶ Bei monopolarer indirekter Reizung: Kathode auf den Nervenreizpunkt, Anode proximal

Behandlung

- ▶ **Dosierung:** motorisch überschwellig bis kurz unterhalb der Toleranzgrenze
- ▶ **Behandlungszeit:** etwa 5–10 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:** täglich
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** so lange, bis der Muskel im Seitenvergleich kein Defizit mehr aufweist
- ▶ **Reizpause:** Eine Reizpause sollte bei Ermüdung des Muskels eingelegt werden.



PRAXISTIPP

Gesamtbehandlungen

Die Kombination aus aktiven Widerstandsübungen und faradischer Reizung liefert die besten Resultate.



PRAXISTIPP

Reizpause

Wenn die Kontraktion des Muskels auf Grund von Ermüdung vor der beabsichtigten Behandlungszeit schwächer wird, Strom abschalten.

Praktische Durchführung

1. Vor der Behandlung: Test der Polarität durchführen (s. Kap. 6.3.3, S. 88).
2. Den Muskel in mittlerer Annäherung lagern



PRAXISTIPP

Während der Kontraktionen können zur **besseren Kräftigung** die Bewegungen durch einen manuellen isometrischen Widerstand am betreffenden Körperteil verhindert werden. Dies erzeugt eine Spannungserhöhung im Muskel und reduziert die Atrophie noch effektiver.

8.2.8 Weitere Stromformen zur Muskelreizung

Die modernen Geräte bieten eine Vielzahl von weiteren geeigneten Stromformen zur faradischen Reizung von Muskeln. Hierbei variieren

- ▶ Impuls- und Pausenzeit,
- ▶ Impulsform(Rechteck oder Sinusform) sowie
- ▶ Schwellfrequenz.

Diese Stromformen lassen sich in zwei Varianten einteilen:

- ▶ nulllinienasymmetrisch (monophasisch)
- ▶ nullliniensymmetrisch (biphasisch)

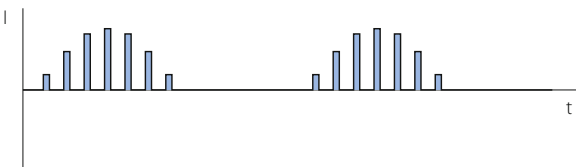


Abb. 8.23. Monophasisches Impulsmuster (nulllinienasymmetrisch)

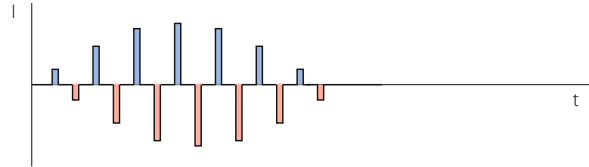


Abb. 8.24. Biphasisches Impulsmuster (nullliniensymmetrisch)

Folgende Ströme lassen sich außer dem Neofaradischen Schwellstrom zur Muskelreizung benutzen:

- ▶ TENS – ströme (Rechteckform) auch TEMS genannt: Transkutane Elektrische Muskelstimulation
- ▶ Hochvoltstrom (Rechteckform) vgl. Kap. 8.2.6
- ▶ Diodynamischer Strom RS (Sinusform) vgl. Kap. 8.2.2
- ▶ Interferenzstrom: Russische Stimulation (Sinuswechselstrom) vgl. Kap. 8.3

Merke:

- ▶ Bei einer faradischen Reizung müssen Schwellungen eingestellt werden, sei es direkt über die Zahl der Schwellungen oder indirekt über Anstiegszeit, Haltezeit, Abklingzeit und Pausenzeit.
- ▶ Die Pausenzeit zwischen den Impulsen muss so klein sein, dass sich daraus eine Reizfrequenz von etwa 50 Hz ergibt, sie darf aber nicht kleiner sein als die Impulszeit.

Die Schwellfrequenz errechnet sich somit aus folgender erweiterter Formel (vgl. S:

$$\frac{f \text{ Schw.} = 60 \text{ sec.}}{\text{Schwelldauer (=Anstiegszeit + Haltezeit + Abklingzeit)} + \text{Schwellpause}}$$

Regel: Je schwächer ein Muskel, desto größer die Schwellpause

Beispiel: Um eine Schwellfrequenz von 10 Schwellungen pro Minute zu erhalten, müssen Schwellzeit + Schwellpause 6 Sekunden (60 Sekunden geteilt durch 10) betragen. So kann bei einem schwachen Muskel die Schwellzeit 2 Sekunden und die Schwellpause 4 Sekunden betragen (2+4=6), bei einem stärkeren Muskel die Schwellzeit und Schwellpause jeweils 3 Sekunden, (3+3=6) oder sogar Schwellzeit 2 Sekunden und Schwellpause 4 Sekunden (2+4=6). Lässt sich im Gerät die Frequenz des eigentlichen Stromes direkt einstellen, stellen Sie sie bitte auf 50 Hz ein (= optimale Reizfrequenz). Ist die Frequenz nicht direkt einstellbar, müssen Sie Impulszeit und Pausenzeit nach der in Kap. 8.2.1 S. 120 beschriebenen Formel einstellen.



MEMO

Stromparameter (Beispiel):

$T = 200 \mu\text{s}$, $R = 20 \text{ ms} \rightarrow f \approx 50 \text{ Hz}$,
Schwellzeit = 2 s, Schwellpause = 2,2 s
 $f_{\text{schwell}} \approx 14,3 \text{ Hz}$

Speziell für den klinischen Betrieb seien hier noch der Vollständigkeit halber die BMR – Geräte erwähnt. Sie bieten eine Mehrkanalreizung mit bis zu acht Kanälen. Diese können synchron oder asynchron im Gegentakt arbeiten. So können z.B. Beuger und Strecker abwechselnd oder gleichzeitig gereizt werden.



PRAXISTIPP

Die Stromparameter können vielfältig variiert werden.

Hinweis: Spezifische Wirkungen und alle anderen Angaben wie beim neofaradischen Schwellstrom (s. Kap. 8.2.7).

Gerät zur Muskelreizung mit zwei Kanälen

Zweikanalreizung mit 4 Elektroden

8.2.9 Exponentialstrom

Überblick

Die Impulse des Exponentialstroms besitzen eine annähernd dreieckige Form. Anstiegs- und Abstiegsflanke sind im Allgemeinen nicht gleich lang und steil. Der genaue Verlauf der Flanken entspricht einer inversen Exponentialkurve (s. Abb. 8.25).

Es existieren weitere Stromformen mit ähnlichem angenähert dreieckförmigem Verlauf der Einzelpulse (progressiver Anstieg, linearer Anstieg), diese haben aber in der Praxis wenig Bedeutung.

Stromparameter: Impuls- und Pausendauer richten sich nach der IT-Kurve (vgl. Kap. 6.3.3, S. 89 ff.).

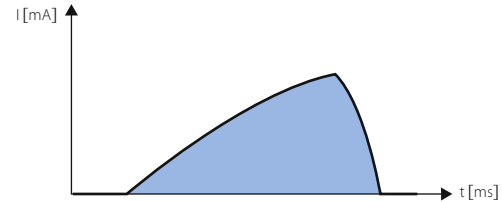


Abb. 8.25. Zeitlicher Verlauf eines Exponentialstromimpulses

Spezifische Wirkungen► **Selektive Aktivierung peripher gelähmter Muskulatur**

Im Jahre 1841 wurde die erste experimentelle Untersuchung zur Elektrostimulation denervierter Muskulatur publiziert. Nach den erfolgversprechenden Untersuchungen am Froschmuskel durch Reid (1841) blühte die Anwendung von elektrischen Reizströmen bei Lähmungen. Die Elektrophysiotherapie mit Einzelimpulsen zur Behandlung denervierter Muskulatur ist heute allerdings mehr denn je umstritten. Der Grund hierfür sind widersprüchliche Ergebnisse, die sowohl aus dem Tierexperiment als auch von klinischen Untersuchungen am Patienten stammen:

- Die Versuche wurden häufig an kleinen Tiermuskeln und manchmal sogar mit implantierten Elektroden durchgeführt.
- Die Reizdauer lag Stunden bis Tage über der in der Praxis möglichen Reizdauer.
- Es wurde mit unterschiedlichen Stromformen und Impulszeiten gereizt, so dass die Untersuchungsergebnisse nicht miteinander vergleichbar sind.
- Mit einer oberflächlichen Reizung bei gerade noch sensibel verträglichen Stromstärken können nie alle Muskelfasern erreicht werden.

► **Vermeidung oder Verzögerung der Atrophie nach einer peripheren Nervenläsion bei gleichzeitiger Deaktivierung der gesunden Muskulatur in der Umgebung**

Zusätzlich zur Muskelreizung mit Reizströmen kann der Muskel mit Interferenzstrom behandelt werden. Positive Auswirkungen konnten Nikolova (1964, 1966, 1971); Rachmilevic und Jurasova, (1967); Nikolova und Davidov (1978) nachweisen: Untersuchungen mit Interferenzströmen am Tier sowie am Patienten zeigten, dass die Trophik der durchströmten Muskulatur, die Kapillarisation und die Regenerationsgeschwindigkeit des Axons bei gleichzeitiger Durchströmung des Muskels und des zugehörigen Nerven proximal der Läsion wesentlich verbessert werden. Die Kontraktion an sich scheint hier offensichtlich nicht die einzige Voraussetzung zur Verzögerung der Atrophie zu sein.

Indikation

Zustand nach peripheren Nervenläsionen

Kontraindikationen

- ▶ Herzschrittmacher
- ▶ Herzrhythmusstörungen



PRAXISTIPP

Lähmungen der Muskulatur sollten **nie** ausschließlich mit Exponentialstrom behandelt werden. Ein **mehr - schichtiges modernes Therapiekonzept**, das sich an den therapeutischen Sichtweisen und Behandlungsmöglichkeiten orientiert, sollte bei der Planung der Behandlung berücksichtigt werden:

- Verbesserung der Infrastruktur des gelähmten Muskels und seines versorgenden Nervs durch die Anwendung von Interferenzstrom im betroffenen Gebiet. Nachweislich wird die Kapillarisation und die Zellstoffwechselaktivität gesteigert, was ein wichtiger Faktor zur Verzögerung einer Atrophie darstellt (**vgl. Kap. 8.3.3**).
- Galvanische Reizung als propriozeptive Schulung (damit das Gehirn die Bewegung des Muskels nicht „vergisst“). Gleichzeitig soll der Patient unterstützend in Gedanken die Bewegung mitmachen (mentales Training mit positivem Feedback).
- Für die Motivation des Patienten ist außerdem von Vorteil, wenn er sieht, dass der betroffene Muskel noch zu einer Kontraktion fähig ist.
- Moderate Dehnreize werden auf die betroffene Muskulatur gesetzt, da diese nachweislich die Atrophie deutlich verzögern können.
- Dehnung der gesunden Antagonisten mit unterstützenden Detonierungsmaßnahmen, um Kontrakturen zu vermeiden und dem reinnervierten Muskel möglichst wenig Widerstand bei seiner Bewegung entgegenzusetzen.

Polung der differentiellen Elektrode

Vor der Behandlung sollte die Polarität geprüft werden (**s. Kap. 6.3.3, S. 88**).

Vom Ergebnis des Tests hängt die Polung der differentiellen Elektrode ab.

Behandlung

- ▶ **Dosierung:** motorisch überschwellig bis kurz unterhalb der Toleranzgrenze

- ▶ **Behandlungszeit:** ca. 5–10 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:** einmal bis mehrmals täglich
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** so lange, bis der Muskel wieder willkürlich mit einem Muskelstatus von 2 reizbar ist
- ▶ **Reizpause:** Bei Ermüdung des Muskels sollte eine mehrstündige Reizpause eingelegt werden.

Praktische Durchführung

1. Patienten entspannt lagern und den zu reizenden Muskel in mittlere Annäherung bringen.
2. Alle Maßnahmen treffen, die zu einer Senkung des Hautwiderstands führen: Haut mit Seifenlösung reinigen, oberste Hautschicht ganz leicht mit feinstgekorntem Schmirgelpapier abschmirgeln.
3. Gerät auf Dreieckstrom einstellen.
4. Gerät auf die Impulszeit des GI-Punkts einstellen; Pausenzeit etwa 4–5-mal so groß wie den GI-Punkt wählen.
5. Elektroden anlegen und anschließen.
6. Polung, wie über den Test der Polarität (**s. Kap. 6.3.3**) ermittelt, vornehmen.



PRAXISTIPP

Zur Senkung des Hautwiderstands empfiehlt es sich, vor der eigentlichen Reizung bei gleicher Elektrodenlage, eine Durchströmung mit Gleichstrom für etwa 5 min vorzunehmen.

7. Stromstärke langsam aufdrehen, bis die erste Zuckung des Muskels sichtbar ist. Es empfiehlt sich, nach der ersten Kontraktion sicherheitshalber noch einmal umzupolen, um eine Veränderung der Muskelkontraktion durch die Polung zu erkennen.



PRAXISTIPP

Ist nicht sicher, ob der gewünschte Muskel getroffen wurde, sollte der Muskel in leichte Vordehnung gebracht werden. Wurde er getroffen, so ist in dieser Stellung eine deutliche Kontraktion erkennbar. Eventuell muss zusätzlich noch die Elektrodenlage verändert werden.

8. Ist die Elektrodenlage und Polung optimal, Stromstärke so weit erhöhen, bis die maximale Kontraktionsstärke erreicht ist. Ziel ist eine möglichst starke Kontraktion bei möglichst geringer sensibler Belästigung. Hierbei kann es zu einem

„Durchschlagen des Antagonisten“ kommen. Ist dies der Fall, mit der Intensität wieder etwas zurückgehen, bis nur der betroffene Muskel reagiert oder die Impulszeit des Dreieckstroms etwas verlängern. Dann hat man zwar nicht die optimale Impulszeit, aber der gesunde Muskel schaltet sich durch seine Akkommodation selbst aus.

9. Beginnt der Muskel zu ermüden, erkennbar an einer immer geringer werdenden Kontraktionsstärke, ist die Behandlung sofort abzubrechen. Wenn möglich, sollte auf jeden Fall am gleichen Tag mindestens noch einmal gereizt werden.



PRAXISTIPP

Es ist therapeutisch sehr vorteilhaft, an einem Tag mehrmals zu reizen.

8.3 Mittelfrequente Reizströme

8.3.1 Überblick

Therapeutisch genutzt wird mittelfrequenter Wechselstrom, der in seiner reinen Form oder moduliert verwendet wird (vgl. auch Kap. 2.3.3, S. 32):

- **Reiner mittelfrequenter Strom (MF)** ist ein mittelfrequenter Wechselstrom mit einer Frequenz zwischen 1 und 100 kHz (Gildemeister: 300 kHz) und konstanter Intensität. Er ist unmoduliert und besitzt keine Schwebungen.

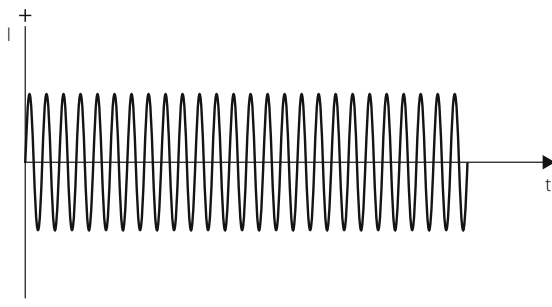


Abb. 8.26. Reiner Mittelfrequenzstrom

- **Amplitudenmodulierter Strom** ist ein mittelfrequenter Wechselstrom, dessen Stromstärke zwischen zwei Werten schwankt; die gebräuchlichste in der Praxis verwendete Form ist der **Interferenzstrom**. Er entsteht erst im Gewebe durch Mischung zweier mittelfrequenter Ströme.

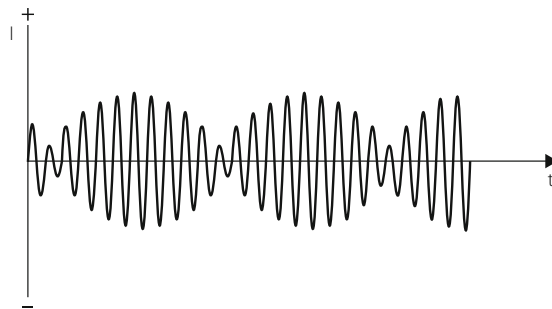


Abb. 8.27. Amplitudenmodulierter Strom

An einem sensiblen Nerven applizierte unmodulierte Mittelfrequenzströme sind in der Lage, die Weiterleitung von Schmerzimpulsen zu verhindern. Dieser Effekt beruht auf der **Wedensky-Hemmung** (s. Kap. 4.3.2, S. 69), dass heißt, die Plateaubildung bzw. der Plateaueffekt kann zur Schmerzunterdrückung genutzt werden.

Wegen der vielen **Vorteile** sind die mittelfrequenten Reizströme den niederfrequenten bei weitem überlegen:

- Die Verätzungsgefahr ist gebannt, da durch einen ständigen Polwechsel keine Säure oder Lauge entstehen kann. Metalle im Behandlungsgebiet stellen deswegen keine Kontraindikationen mehr dar.
Metallimplantate stellen nach Seichert (1989), Jantsch (1968) und Nikolova-Troeva (1970) keine Kontraindikation für Interferenzanwendung dar.
- Bei einer Stromkreisunterbrechung durch versehentliches Herausziehen eines Kabels oder Abfallen einer Saugelektrode kommt es **nicht** zu der unangenehmen Erscheinung eines „Stromschlags“ durch eine Öffnungszuckung.
- Bei den niederfrequenten Strömen liegt die Reizwirkung **unter** den Elektroden, beim Interferenzstrom liegt sie **im Kreuzungsgebiet** der Ströme, also in tieferen Gewebsschichten.
- Die Frequenz von 4–5 kHz, die unter den Elektroden wirkt, ist im Gegensatz zu den niederfrequenten Reizströmen weit aus besser sensibel verträglich. Daher können höhere Stromstärken mit entsprechend höherer therapeutischer Wirkung verwendet werden.
- Bei Wechselstrom ist der Widerstand der Haut etwa um das Zehn- bis Hundertfache kleiner als bei Gleichstrom:
Stellt der Körper für niederfrequenten Strom von 50 KHz noch einen Widerstand von 3–4 k Ω dar, beträgt dieser bei einem Wechselstrom von 4 kHz nur noch ca. 40 Ω und bei 10 kHz nur noch ca. 17 Ω (de Bisshop, 1958). Dadurch wird eine größere Tiefenwirkung erzielt.

Nachteil: Eine Stimulierung gelähmter Muskeln, wie dies mit niederfrequentem Exponentialstrom möglich ist, kann nicht erzielt werden.

Das Interferenzstromgerät und seine Bedienungselemente

Geräte, die für die Interferenzstromtherapie geeignet sind, besitzen zusätzlich zu den Elementen eines Elektrotherapiegeräts (s. Kap. 3.1) noch einige weitere Bedienungselemente:

- ▶ Zwei **separate Regler** pro Stromkreis an Stelle eines Intensitätsreglers
- ▶ **Frequenzwahltaste:** Mit ihr können eine konstante Modulationsfrequenz oder eine kontinuierlich wechselnde Modulationsfrequenz ausgewählt werden („Pulsation“)
- ▶ **Balanceregler:** Dieser Regler ermöglicht es, bei asymmetrischer Anordnung der Elektroden die relative Stromstärke der Kreise zueinander zu verändern und damit die Kreise abzugleichen.
- ▶ **Distanzausgleich:** Bei asymmetrischer Anlage der Elektroden kommt es bei den benachbarten Elektroden verschiedener Kreise zu Kopplungs- oder Kriechströmen und damit zu einer Verschiebung der Interferenzwirkung zu den Elektroden hin. Er korrigiert die durch die Asymmetrie der Elektrodenanlage entstehenden ungleichmäßig fließenden Ströme.
- ▶ **Vektorverschiebung:** Dieser Regler verschiebt den Ort der 100 %igen Modulation durch Stromstärkeänderungen der einzelnen Kreise rhythmisch jeweils zu einer Elektrode hin.

Interferenzstromgerät



Stromkreis I: rote Kabel
Stromkreis II: weiße Kabel

Technische Verfahren

Es gibt vier **technische Verfahren**, mit denen Interferenzstrom erzeugt werden kann:

- ▶ **Interferenz-Verfahren nach Nemec**
- ▶ **Stereodynamisches Verfahren nach Szehi und David**
- ▶ **Amplipuls-Verfahren**
- ▶ **Wymoton-Verfahren**

Die drei letztgenannten Verfahren sind nur wenig verbreitet und daher von untergeordneter Bedeutung für die tägliche Praxis.

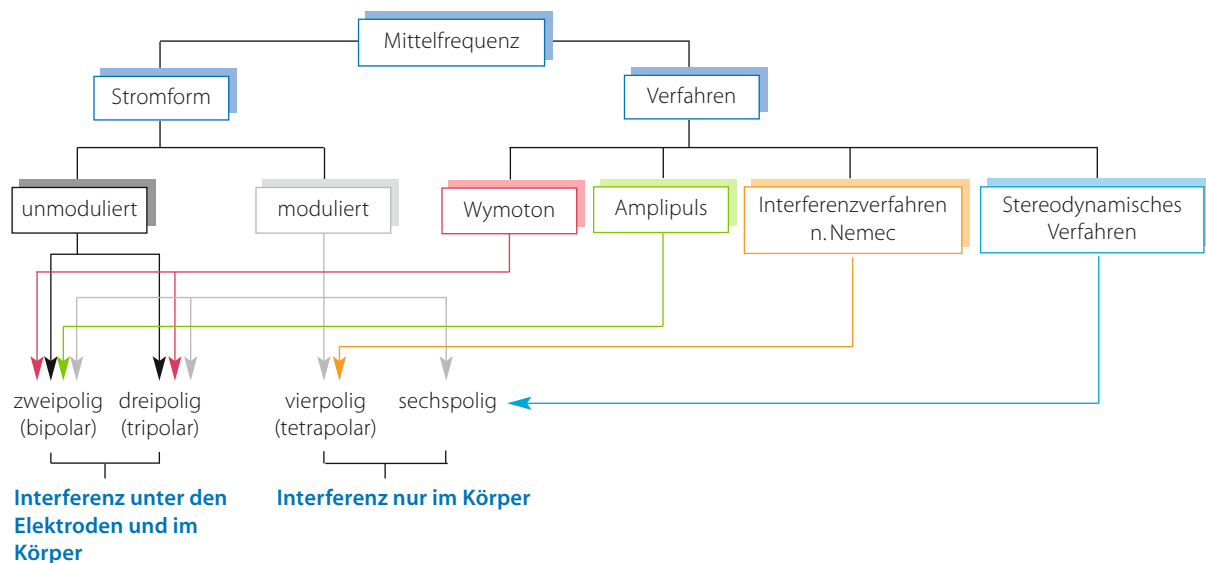


Abb. 8.28. Übersicht über die mittelfrequenten Stromformen und Verfahren

8.3.2 Elektrodenanlagen und -techniken

Vierpoliger (tetrapolarer) Interferenzstrom, F

Es werden zwei Stromkreise unterschiedlicher Frequenz (z. B. 4 kHz und 4,1 kHz) mittels vier Saugelektroden angelegt.

Das Behandlungsgebiet ist dabei von den Elektroden eingeschlossen, die Elektroden jeweils eines Stromkreises liegen sich diagonal gegenüber. Direkt unter den vier Elektroden und auf der direkten Verbindungslinie zweier Elektroden eines Stromkreises wirkt unmodulierter Mittelfrequenzstrom, beispielsweise 4 kHz unter den Elektroden des einen und 4,1 kHz unter den Elektroden des anderen Stromkreises.

Im Gebiet zwischen zwei benachbarten Elektroden kommt es zur Interferenzbildung. Die Reizwirkung auf das Gewebe geht von der Modulationsfrequenz aus, die innerhalb der einzelnen Quadranten des vierpoligen Feldes liegt – und nicht von dem unmodulierten Strom, der direkt unter den Elektroden oder im Kreuzungsmittelpunkt der Elektroden fließt.

Deshalb ist für das Verständnis der Wirkung des vierpoligen Interferenzstroms die Verteilung der Modulation im Gewebe wichtig (s. Abb. 8.29 und Abb. unten rechts):

- ▶ Auf der Winkelhalbierenden der direkten Verbindungslinie zweier diagonal gegenüberliegender Elektroden beträgt die Modulationstiefe 100 %.
- ▶ Links und rechts dieser Winkelhalbierenden nimmt jedoch die Modulationstiefe zu den direkten Verbindungslinien konstant ab, bis sie den Wert Null erreicht.
- ▶ Die beste Reizwirkung wird bei vollständig modulierten (100 %) Impulsen erzielt, die aber nur auf der Winkelhalbierenden eines Quadranten in der Nähe des Kreuzungsmittelpunkts entstehen.
- ▶ Die volle Reizwirkung (= 100 %ige Modulationstiefe) wird nie auf dem gesamten Behandlungsgebiet gleichzeitig erreicht.
- ▶ Aus diesem Grund hat die Fa. Nemec ein patentiertes Verfahren unter dem Namen „Endodyn“ entwickelt, bei dem die Interferenzwirkung nicht statisch auf der Stelle bleibt, sondern in rhythmischen Abständen die volle Modulationstiefe über das gesamte Gebiet verteilt wird. Dieses Verfahren nennt man auch **Endodynamik oder dynamische Interferenz**.

Für die oben beschriebenen Verhältnisse müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- ▶ Die Anordnung der Elektroden muss quadratisch sein.
- ▶ Die Stromstärken beider Stromkreise müssen gleich hoch sein.

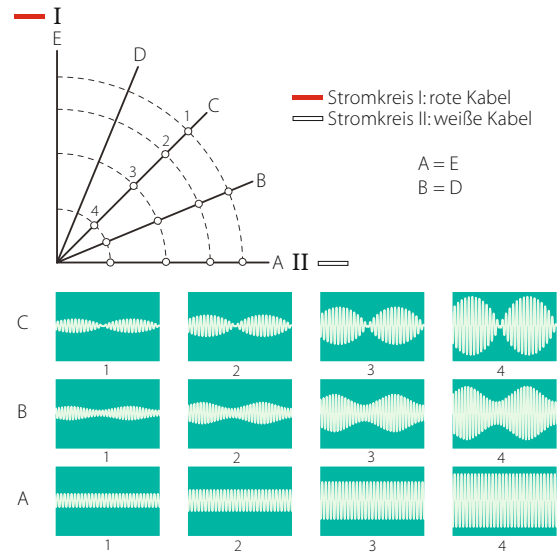


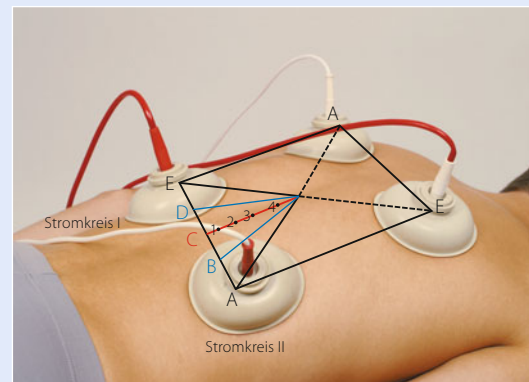
Abb. 8.29. Die Interferenzverteilung im Behandlungsgebiet

- A unmoduliert
- B 50 % Modulationstiefe
- C 100 % Modulationstiefe

Vorteile der Anwendung von vierpoligem Interferenzstrom sind:

- ▶ Die Behandlung sehr großer Körperpartien ist möglich.
- ▶ Unter den Elektroden selbst fließt reiner Mittelfrequenzstrom, der von den Patienten als sehr angenehm empfunden wird.

Vierpolige Elektrodenanlage



Beispiel: Behandlung der Brustwirbelsäule mit vier Saugelektroden. Eingezeichnet sind die Winkelhalbierenden eines Quadranten.

Elektrodenarten:

Bei kleinen Anwendungsgebieten werden Mehrfeld-Elektroden verwendet:

- ▶ Vierfeld-Saugelektroden (Tetravac)
- ▶ Vierpunktelektroden

Bei größeren Anwendungsgebieten eignen sich:

- ▶ Zwei Zweifeld-Kissenelektroden oder
- ▶ Als mobile Applikation zwei Handschuhelektroden in Kombination mit zwei Platten- oder Saugelektroden.

Vierfeld-Saugelektrode (Tetravac)

In einer Saugelektrode befinden sich vier kleine Elektroden.

Vorteile: Kleine Behandlungsgebiete können gut behandelt werden. Sie müssen nicht – wie bei der Vierfeldelektrode – mit einem Band fixiert werden.

Vierpunktelektrode

Auf einer zylinderförmigen Elektrode sind an einem Ende vier punktförmige Elektroden angebracht.

Vorteil: Mit der Vierpunktelektrode können spezielle Schmerzpunkte oder Muskeltriggerpunkte und das Ganglion stellatum zur Grenzstrangblockade behandelt werden.

Handschuhelektroden

Zwei der vier Elektroden sind die mobilen Elektroden an den Händen des Therapeuten. Die beiden anderen werden am Körper des Patienten fixiert: als Saugelektroden mit Vakuum oder als Plattenlektroden mit einem Befestigungsband.

Vorteile: Behandlung großer Behandlungsgebiete möglich; zusätzlicher Massageeffekt beim Bewegen der Handschuhelektroden.

Zwei Zweifeld-Kissenelektroden

An jeder Kissenelektrode befinden sich zwei integrierte Elektroden.

Vorteil: Die Elektroden lassen sich schnell fixieren.

Nachteil: Der Abstand zwischen den beiden integrierten Elektroden kann nicht verändert werden. Bei sehr großen Behandlungsgebieten kann daher die Stromverteilung wegen der Quer- bzw. Kriechströme ungleichmäßig sein.

Dreipoliger (tripolarer) Interferenzstrom

Bei der Dreifeld-Kissenelektrode ist je eine Elektrode eines Stromkreises zusammengeschaltet, die beiden anderen bleiben getrennt. Die Interferenz wirkt unter der zusammengeschalteten Elektrode und im Gebiet zwischen den Elektroden.

Indikation: speziell zur Behandlung des zervikothorakalen Übergangs

Elektrode: Dreifeld-Kissenelektrode

Dreifeld-Kissenelektrode



8

Achtpoliger Interferenzstrom

Zwei Vierfeld-Kissenelektroden mit jeweils vier integrierten Elektroden werden nebeneinander oder gegenüber angelegt. In der T-Schaltung (s. Abb. 8.30) bildet sich die Interferenz zwischen den Elektroden aus, bei der O-Schaltung (s. Abb. 8.31) unter jeder einzelnen Kissenelektrode.

Indikationen:

- ▶ Behandlung von Gelenken (T-Schaltung)
- ▶ Oberflächenbehandlung (O-Schaltung)

Elektroden: zwei Vierfeld-Kissenelektroden

Zwei Vierfeld-Kissenelektroden

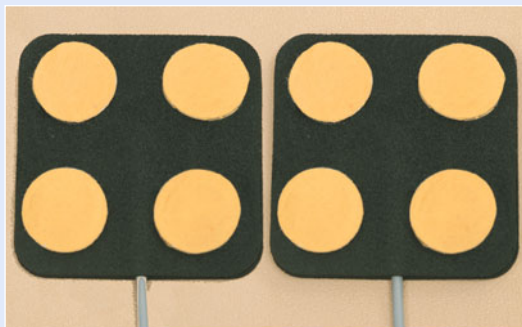


Abb. 8.30. Vierfeld-Kissenelektroden in der T-Schaltung

Vierfeld-Kissenelektroden in der T-Schaltung

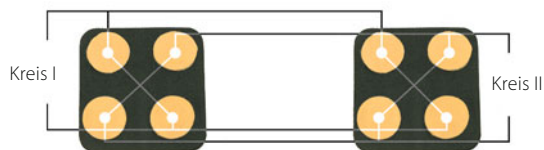


Abb. 8.31. Vierfeld-Kissenelektroden in der O-Schaltung

Vierfeld-Kissenelektroden in der O-Schaltung



Zweipoliger (bipolarer) Interferenzstrom, AMF

Die zwei Stromkreise werden bereits im Gerät zusammengeschaltet. Dadurch beginnt die spezifische Interferenzwirkung sowohl direkt unter den Elektroden als auch zwischen den Elektroden (s. Abb. 8.32).

Vorteil: Es können sehr kleine Regionen behandelt werden. Es kann mit Ultraschall kombiniert werden (Simultanverfahren)

Es kann – wie bei der Anwendung von Niederfrequenz – mit zwei Saugelektroden oder mit zwei Plattenelektroden behandelt werden.

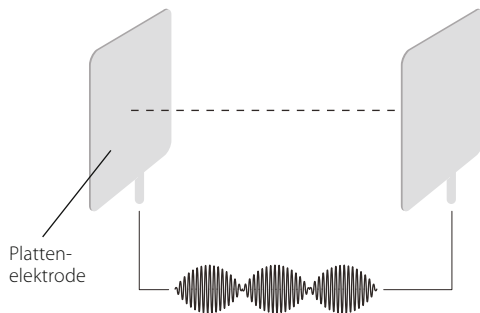


Abb. 8.32. Bei Anwendung der zweipoligen Technik beträgt die Modulationstiefe im gesamten Gebiet 100 %.

Gleichgerichteter bipolarer Interferenzstrom

Hierbei werden die negativen Halbwellen unterdrückt. Es resultiert ein amplitudenmodulierter Gleichstrom. So kann beispielsweise die Stromform DF nachgeahmt werden (s. Abb. 8.33).

Allerdings muss man die Nachteile monophasischer Interferenz in Kauf nehmen:

- ▶ Säure- und Laugenbildung unter den Elektroden
- ▶ Noch schlechtere sensible Verträglichkeit
- ▶ Fehlende Tiefenwirkung

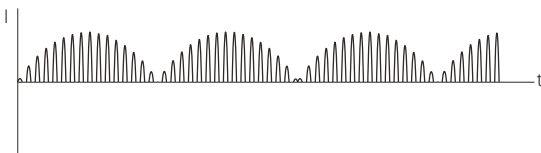


Abb. 8.33. Zeitlicher Verlauf des gleichgerichteten bipolaren Interferenzstroms

8.3.3 Interferenz-Verfahren nach Nemec (vierpoliger Interferenzstrom)

Überblick

Über zwei Stromkreise werden im Körper zwei mittelfrequente Ströme von 4–5 kHz überkreuzt, wodurch sich im Überlagerungsgebiet die Interferenz als modulierter Mittelfrequenzstrom ausbildet. Unter den Elektroden wirkt nur der reine, unmodulierte Mittelfrequenzstrom.

Spezifische Wirkungen

- ▶ **Verbesserung der Durchblutung** durch Sympathikusdämpfung. Hierdurch sinkt der Tonus der Gefäßmuskulatur. Die entstehenden Muskelkontraktionen bewirken eine metabolisch bedingte Hyperämie. Bei anaerober Muskelarbeit entstehende H^+ -Ionen der Milchsäure bewirken an den Arteriolen eine Erschlaffung der präkapillären Sphinkter.

Die therapeutische Wirkung des Interferenzstroms wurde von einer Reihe von Autoren festgestellt: Hauswidth (1958) bewies, dass durch Interferenzstrom eine Veränderung des pH-Werts in den alkalischen Bereich verursacht wird. Die Vasodilatationswirkung selbst wurde experimentell von mehreren Autoren bewiesen (Burghart, 1952; Fiedler, 1960; Kaindl, 1953; Nikolova, 1964).

Die Beeinflussung der Durchblutung eines Patienten mit Morbus Raynaud über die Dämpfung des Sympathikus hat Shoeler (1972) zeigen können.

- ▶ **Schmerzlinderung** durch präsynaptische Hemmung (s. Kap. 4.1.3) und Wedensky-Hemmung (vgl. Kap. 4.3.2).
- ▶ **Beschleunigung des Stoffwechsels** und Erhöhung der erforderlichen Enzymaktivitäten: Für die Zelle bedeutet eine Depolarisation einen Zustand, den sie wieder rückgängig machen will. Zur Repolarisation benötigt die Zelle Energie. Dies macht sich in vermehrtem Stoffwechsel bemerkbar.
- ▶ **Beschleunigung der Regeneration** durch anregende Wirkung auf enzymatische Prozesse. Dies zeigt sich in einer Zunahme der Zellteilung in den Geweben mit Regenerationsfunktion.



VORSICHT

Osteosynthesen sind kontraindiziert!

Die Beschleunigung der Knochenheilung durch Interferenzstrom konnte durch Güttler und Kleditzsch (1979) an Tierversuchen nachgewiesen werden.

- ▶ Die durch den Strom verursachten Muskelkontraktionen führen zu einem **detonisierenden Effekt**, wie er von der postisometrischen Relaxation her bekannt ist.
- ▶ **Stimulation der Regeneration peripher geschädigter Nerven.**

Auf klinischem und experimentellem Wege konnte festgestellt werden, dass der Interferenzstrom die Regeneration geschädigter peripherer Nerven stimuliert. So haben Fiedler (1960) und Pärtran et al. (1953) durch Bestimmung von Rheobase, Chronaxie und des Akkommodationsquotienten eine Verbesserung bzw. Normalisierung der Werte festgestellt.

Indikationen

Die wichtigsten Indikationen, bei denen gesicherte Untersuchungsergebnisse vorliegen, sind:

- ▶ Distorsionen
- ▶ Kontusionen
- ▶ Luxationen
- ▶ Schlecht heilende Ulzera
- ▶ Verzögerte Knochenheilung
- ▶ Durchblutungsstörungen
- ▶ CRPS I

Kontraindikationen

Es gelten die in **Kap. 5** angegebenen absoluten und relativen Kontraindikationen bei Anwendung niederfrequenter Ströme.



VORSICHT

Besonders zu achten ist auf Endoprothesen, da die Gefahr einer Prothesenlockerung besteht.



PRAXISTIPP

Herzerkrankungen und Herzschrittmacher stellen keine absoluten Kontraindikationen dar. In jedem Fall ist aber vor der Behandlung der zuständige Arzt zu konsultieren.

Wirkungen

Interferenzfrequenz: 100 Hz

- ▶ Sympathikusdämpfung und damit Weitung der Gefäße
- ▶ Schmerzlinderung im akuten Krankheitszustand



PRAXISTIPP

Falls das Gerät eine Frequenz von **200 Hz** liefert, sollte diese wegen der besseren sensiblen Verträglichkeit vorgezogen werden.

Interferenzfrequenz: 1–100 Hz*

Stimulierung des vegetativen Nervensystems

Interferenzfrequenz: 1–50 Hz*

Muskelaktivierung zur Prophylaxe von Inaktivitätsatrophien

Interferenzfrequenz: 1–10 Hz*

Förderung des venösen Rückstroms und der Ödemresorption

* Kontinuierlich wechselnder Frequenzbereich

Applikationsformen

Längs- und Querdurchströmungen

Polung der differentiellen Elektrode

Bei klassischem Interferenzstrom gibt es keine differente Elektrode, da hier Wechselstrom angewendet wird.

Bei der Anwendung von gleichgerichtetem Interferenzstrom ist die Kathode die differente Elektrode.

Behandlung

▶ Dosierung:

- akut: täglich mit 100 Hz oder 200 Hz
- subakut: jeden 2. Tag 80–100 Hz, alternativ 100–200 Hz
- chronisch: jeden 2.–3. Tag 1–100 Hz, Behandlungszeit kann auf 20 min ausgedehnt werden

▶ Behandlungszeit:

- 10–15 min
- Wird Ulrareizstrom in Kombination mit Ultraschall eingesetzt (**Simultanverfahren, s. Kap. 8.5**), beträgt die Behandlungszeit nur 5–10 min.

► **Häufigkeit der Behandlung:**

- akut: täglich
- chronisch: 2–3-mal wöchentlich

► **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes

► **Reizpause:** Behandlungsperiode: maximal 15 Behandlungen. Ist keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder auf eine andere elektrotherapeutische Behandlungsform gewechselt werden.



PRAXISTIPP

- Bei posttraumatischen Zuständen (Distorsionen, Kontusionen, Frakturen) empfiehlt Nikolova-Troeva (1970) bereits von Anfang an 1–100 Hz im Wechsel mit 1–10 Hz zu applizieren.
- Wichtig ist am Anfang der Behandlungsserie eine möglichst tägliche Behandlung. Es dürfen auf keinen Fall längere Pausen von mehr als drei Tagen zwischen den Behandlungen liegen. Patienten, die eine größere Stromstärke vertragen können, haben grundsätzlich die Aussicht auf eine schnellere Heilung.

Praktische Durchführung

Hier gelten die allgemeinen Regeln zur Behandlung mit Elektroden (s. Kap. 3.3). Die Elektroden mit der gleichen Kabelfarbe gehören zu einem gemeinsamen Stromkreis.



PRAXISTIPP

Sehr gute Behandlungserfolge können Sie mit einer Kombination von Interferenzstrom und Mikrowelle erzielen.

8.3.4 Stereodynamisches Verfahren nach Szehi und David (sechspoliger Interferenzstrom)

Beim stereodynamischen Verfahren nach Szehi und David wirken drei mittelfrequente Ströme von 5 kHz auf den Körper ein. Diese Ströme überlagern sich wie beim zweipoligen Verfahren im Körper nach dem Prinzip der destruktiven und konstruktiven Interferenz. Die Interferenz wird aber hierbei durch Phasenverschiebung der einzelnen Stromkreise erzeugt.

Vorteilhaft ist, dass durch die Anwendung von drei Stromkreisen (s. Abb. 8.34) gleichzeitig mehr Gewebstrukturen von der Interferenz erfasst werden als bei zweikreisigen Interferenzströmen.

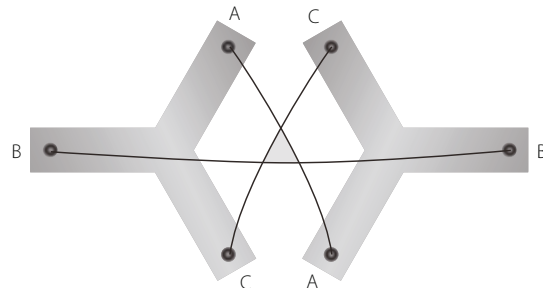


Abb. 8.34. Sternelektroden für die Behandlung mit stereodynamischen Interferenzströmen mit jeweils drei Stromkreisen

Beim stereodynamischen Verfahren werden Spezialelektroden, so genannte **Sternelektroden**, eingesetzt. Bei diesen befindet sich auf einer Elektrode drei Einzelelektroden.

Da dieses Verfahren in der Praxis nur selten Verwendung findet, wird in diesem Buch nicht weiter darauf eingegangen.

Sternelektroden



Auf einer Sternelektrode sind drei Einzelelektroden integriert.

8.3.5 Amplipuls-Verfahren (zweipoliger Interferenzstrom)

Beim Amplipuls-Verfahren geschieht die Modulation des mittelfrequenten Stroms nicht infolge des Interferenzeffekts im Innern des Körpers, sondern schon im Elektrotherapiegerät. Es gibt daher nur einen Stromkreis, der einen modulierten mittelfrequenten Strom von 5 kHz führt.

Bei der Methode nach Jasnogorodskij (1974) ist die Vorrichtung zur Modulation des Behandlungsstroms bereits im Gerät integriert, bei der Methode nach Edel und Fückler (1979) muss zusätzlich ein externes Niederfrequenz-Gerät angeschlossen werden, welches den mittelfrequenten Strom moduliert.

Die Modulation erfolgt in einem vorgegebenen Frequenzbereich von 1 bis 150 Hz. Die Amplitudenmodulationstiefe kann von 0–100 % eingestellt werden.

Dieses Verfahren ist nur wenig verbreitet und daher von untergeordneter Bedeutung für die tägliche Praxis.

8

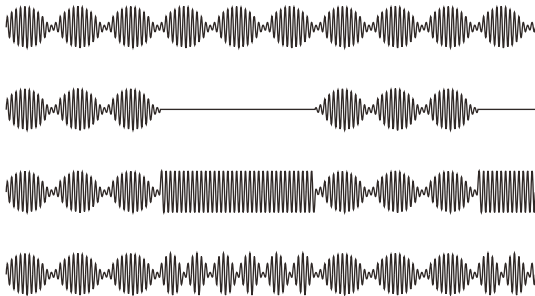


Abb. 8.35. Stromformen des Amplipuls-Verfahrens

8.3.6 Wymoton-Verfahren (zwei- und dreipoliger Interferenzstrom)

Beim Wymoton-Verfahren wird über drei große längliche Elektroden ein mittelfrequenter dreiphasiger Wechselstrom mit einer Frequenz von 11 kHz auf den Körper übertragen. Ein solcher dreiphasiger Wechselstrom wird auch als **Drehstrom** bezeichnet.

Dieser kann unmoduliert zur Muskelreizung benutzt oder über einen separaten Regler mit einem niederfrequenten Strom mit einer Frequenz von 250 Hz zur Schmerzlinderung moduliert werden.

Auch dieses Verfahren ist nur wenig verbreitet und daher von untergeordneter Bedeutung für die tägliche Praxis.

Wymoton-Verfahren



Die Elektrodenanlage beim Wymoton-Verfahren zur Reizung des M. quadriceps femoris

8.3.7 Hochtontherapie

Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine Form des Interferenzstroms. Die Trägerfrequenzen liegen meistens noch über den konventionellen Frequenzen von 2–11 kHz.

Der Name ist leider sehr irreführend, da es sich hier nicht um akustische Signale handelt, mit denen therapiert wird.

8.4 Hochfrequente Ströme

8.4.1 Überblick

Mit Hochfrequenz wird in der Elektrotherapie die therapeutische Anwendung elektrischer und magnetischer Wechselfelder oder elektromagnetischer Wellen mit einer Frequenz ab 100 kHz (Edel: 300 kHz, 1993) bezeichnet (s. auch Kap. 2.3.4 und 4.3.3).

Vorteil: Die hochfrequenten Ströme führen zu einer Wärmeerzeugung in der Tiefe des Körpers. Die Hochfrequenztherapie bietet damit die Möglichkeit einer sehr gezielten Wärmebehandlung körpereinnerer Regionen.

Ein **Nachteil** der Hochfrequenz ist, dass eine reflektorische Beeinflussung über den kutiviszeralen Reflexbogen nicht so effektiv ist wie bei Nieder- und Mittelfrequenz.

Charakteristische Merkmale der Hochfrequenz sind:

- ▶ Tiefenwirkung
- ▶ Wärmewirkung



MEMO

Entsprechend der Wellenlänge wird die Hochfrequenz in drei Bereiche unterteilt. Da elektromagnetische Wellen jedoch in vielfältiger Form v. a. für Radio und Fernsehen genutzt werden, sind für die elektrotherapeutische Anwendung nur bestimmte Frequenzen freigegeben, die in den Geräten fest eingestellt sind:

- **Kurzwelle:** 27,12 MHz, entsprechend einer Wellenlänge von 11,06 m.
- **Dezimeterwelle:** 433,92 MHz, entsprechend einer Wellenlänge von 69 cm
- **Mikrowelle:** 2450 MHz, entsprechend einer Wellenlänge von 12,5 cm

Hochfrequente Ströme haben auf die verschiedenen Gewebsschichten des Körpers eine jeweils andere Wärmewirkung. Abhängig von der Tiefe des Erkrankungsherds muss der Therapeut die entsprechende Methode wählen.

Moderne Geräte zur Hochfrequenztherapie



8.4.2 Spezifische Wirkungen

► Steigerung der lokalen Durchblutung

Wolf (1956) untersuchte die Beeinflussung von peripheren Durchblutungsstörungen durch Hochfrequenzverfahren.

Die Wirkung auf die verschiedenen Gewebeschichten des Körpers im Hinblick auf Durchblutung sind sehr gut nachgewiesen (Lehmann, 1971 und 1975; Rusch, 1990; Hentschel und Rusch, 1962; Pätzold, 1953)

► Tiefenerwärmung

► Beschleunigung der Phagozytose

Träbert (1952) untersuchte die Leukozytenreaktion auf Kurzwellenreize.

► Steigerung des Zellstoffwechsels

► Anregung des Immunsystems

Jorns (1955) berichtete über die Anhebung der Abwehrkräfte bei Hochfrequenzanwendung.

► Aktivierung der endokrinen Drüsentätigkeit

Eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit gestörter endokriner Drüsen bei Hochfrequenzanwendung beobachteten Erbslöh und Lorentzen (1958), Mahlo (1952) und Samuels (1947).

Gorlitzer und von Mundy (1962) berichteten über günstige Beeinflussung des Hormonsystems.

8.4.3 Indikationen

► Es gelten die Indikationen der nieder- und mittelfrequenten Ströme:

- Distorsionen
- Kontusionen
- Luxationen
- Muskelzerrungen
- akute Radikulopathien (Prolaps, degenerative Veränderungen am Foramen intervertebrale, Stenosen)
- akute Myalgien bei Lumbago, Morbus Bechterew, Osteoporose
- CRPS I
- Epikondylitis
- Tendovaginitis

► Sowie die des Ultraschalls (vgl. Kap. 8.5.3):

- verzögerte Knochenbildung (zur Stimulation der Kallusbildung)
- Narbengewebe, besonders bei der Dupuytren'scher Kontraktur
- Fibrosen bei Lymphödemen

► Darüber hinaus gelten folgende Indikationen, die mit Reizströmen und Ultraschall nicht zu beeinflussen sind:

- Sinusitis frontalis
- Otitis media
- Obstipation
- Pharyngitis, Laryngitis
- Adnexitis
- Amenorrhoe, Dysmenorrhoe
- Angina pectoris
- Furunkel, Karbunkel
- chronische Bronchitis
- Bronchialasthma
- Pneumonie

Da diese Indikationen aber in der ärztlichen Verordnung nur sehr selten vorkommen, wird auf sie nicht näher eingegangen.

8.4.4 Kontraindikationen (absolute)

- Herzschrittmacher
- Schwere Thrombosen
- Thrombophlebitis
- Arteriosklerose im Stadium III und IV
- Alle akuten unspezifischen oder bakteriellen bzw. viralen Krankheitsprozesse, die mit starker lokaler Erwärmung oder mit Fieber einhergehen
- Frische Traumen mit Hämatom-, Erguss- oder Ödembildung
- Osteomyelitis
- Knochentuberkulose
- Patienten, die unter einer Therapie mit Antikoagulanzen stehen (z. B. Marcumar®)
- Hämophilie
- CRPS I im Stadium I und II
- Tumoren und Metastasen (maligne und benigne)
- Große Flüssigkeitsansammlungen im Körper, z. B. Aszites, Pleuraerguss
- Posttraumatische, hydrostatische Lymphödeme

8.4.5 Dosierung

Die Dosierungsstufen richten sich bei Hochfrequenz nicht mehr nach dem Stromgefühl des Patienten, sondern nach dessen Wärmegefühl.

Nach **Schliephake (1957)** sind folgende **Dosisstufen** definiert:

- ▶ **Dosisstufe I:** kein Wärmegefühl
- ▶ **Dosisstufe II:** gerade spürbares Wärmegefühl
- ▶ **Dosisstufe III:** mittleres Wärmegefühl
- ▶ **Dosisstufe IV:** sehr starkes Wärmegefühl

Die Dosierungsrichtlinien der nieder- und mittelfrequenten Ströme (s. Kap. 8.2 und 8.3) lassen sich auf hochfrequente Ströme übertragen, wie in folgender Tabelle angegeben:

Krankheitsbild	Dosisstufe
akut	I
subakut	I–II
chronisch	III–IV



VORSICHT

Dosisstufe IV sollte bei Mikro- und Dezimeterwelle **nicht** angewendet werden, da bei diesen Anwendungen die Eindringtiefe größer als bei Kurzwelle ist. Die Wärme, die in der Tiefe entsteht, kann vom Patienten nicht wahrgenommen werden, da es dort keine Thermorezeptoren gibt.



PRAXISTIPP

Während der Behandlung sollte die Dosis nicht mehr höher nachgeregelt werden, auch wenn der Patient weniger Wärme empfinden sollte.

8.4.6 Sicherheitsmaßnahmen bei der Verwendung von Hochfrequenz



VORSICHT

Bei Verwendung von Hochfrequenz besteht immer Ver-
brennungsgefahr.

- ▶ Metallgegenstände (Schmuck jeglicher Art, Brillen, Nadeln, Spangen, Schlüssel, Uhren, Geld in Taschen) sind vor der Behandlung abzulegen.
- ▶ Bei Behandlungen im Kopf- und Nackenbereich sind Kontaktlinsen abzunehmen. In der Feuchtigkeitsschicht unter den Linsen kann es zu Hornhautverbrennungen kommen. Ebenfalls sind Hörgeräte zu entfernen.
- ▶ Metallteile an Behandlungsbänken oder an Stühlen, mit denen der Patient in Berührung kommen kann, sind mit Laken oder Woldecken abzudecken.
- ▶ Im Umkreis von 6 m dürfen keine Niederfrequenzgeräte betrieben werden. Die hochfrequenten Wechselfelder könnten in den Kabeln eine Spannung induzieren und dadurch zusätzlichen Strom erzeugen.
- ▶ Kleidungsstücke sollten prinzipiell vom Behandlungsgebiet entfernt werden, da sich durch die Körpererwärmung Schweiß bilden und dieser sich erhitzen kann.
- ▶ Körperfalten, an denen sich leicht Schweiß bilden kann, wie z. B. Achselhöhle, Kniekehle bei gebeugtem Bein, Leisten-
gegend, Zehenzwischenräume und Glutealfalte, sind vor der Bestrahlung abzutrocknen und, wenn möglich, mit einer trockenen und saugfähigen Zwischenlage zu versehen.
- ▶ Bei Schwangerschaft sollten Hochfrequenzverfahren sicherheitshalber nicht angewendet werden, da der Fötus in der Reifung negativ beeinflusst werden könnte.
- ▶ Bei älteren männlichen Patienten sollte die Frage nach Gratsplitttern gestellt werden. In diesem Falle sollten Hochfrequenzverfahren im näheren Umfeld nicht angewendet werden.
- ▶ Bei Kurzwellenanwendung sind die Sicherheitsregeln zur Elektrodenanlage (s. Abb. 8.35–8.38, S. 153 f.) zu beachten.
- ▶ Bei Mikrowellen- und Dezimeterwellenanwendung im Kopfbereich muss der Patient eine spezielle Schutzbrille tragen.
- ▶ Feuchte Verbände im Behandlungsgebiet sind zu entfernen.
- ▶ Der Patient soll entspannt gelagert werden und die Sicherheits-Abschaltleine bequem während der ganzen Behandlung halten können.
- ▶ Das Gerät sollte so stehen, dass der Abschaltmechanismus sofort wirkt, wenn der Patient an der Leine zieht.
- ▶ Patienten nach Einnahme von schmerzstillenden Medikamenten, nach Verabreichung von gespritzten Schmerzmitteln sowie Temperaturempfindungsstörungen (neurologische Patienten) fragen.

8.4.7 Kurzwelle

Überblick

Als Kurzwelle wird in der Elektrotherapie der Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz bezeichnet. Diese Frequenzen werden jedoch auch für Radio und andere Funkdienste verwendet.

Damit es nicht zu Störungen des Funkverkehrs durch Elektrotherapiegeräte kommt, wurde für die Elektrotherapie eine eigene feste Frequenz festgelegt. Diese beträgt **27,12 MHz**, daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 11,06 m.

Kurzwellengerät



PRAXISTIPP

Bieten Sie dem Patienten Nachruhe an.

Applikationsformen

Kurzwelle kann auf zwei Arten appliziert werden:

► Kondensatorfeld: elektrisches Wechselfeld

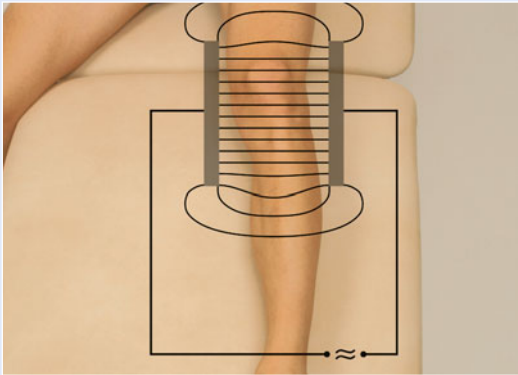
- Der zu behandelnde Körperteil befindet sich zwischen den zwei Platten eines Kondensators, der mit einer Wechselspannungsquelle verbunden ist. Dadurch herrscht zwischen den Platten ein elektrisches Wechselfeld.
- Alle geladenen Teilchen zwischen den Platten werden durch die elektrostatischen Anziehungskräfte in eine Wechselbewegung versetzt: Ionen bewegen sich im Rhythmus der Hochfrequenz auf der Stelle hin und her, Dipolmoleküle drehen sich um ihre Achse. Infolge dieser Bewegung entsteht im Innern des Gewebes Wärme. Das Verfahren wird daher auch als **Diathermie** bezeichnet.
- Für die Kondensatorfeldtherapie werden **Schalenelektroden (= Kondensatorplatten)** oder **Weichgummi-Plattenelektroden** verwendet. Die Schalenelektroden sind an älteren Geräten z.T. noch aus Glas („Schliephaksche Glasschalenelektroden“).
- Die Kondensatorplatten werden über Haltearme ohne Körperkontakt über der Hautoberfläche platziert.
- Die Weichgummi-Plattenelektroden werden mit Fixierbändern am Körper befestigt. Der Abstand zwischen Haut und Elektrode wird mit Filzlochscheiben reguliert. Eine Filz-scheibe ist 1 cm dick.
- Zur Therapie gehören immer zwei Elektroden. Sie werden über separate Kabel mit dem Gerät verbunden.

Spezifische Wirkungen

- Tiefererwärmung
- Lokale Durchblutungssteigerung
- Beschleunigung der Phagozytose
- Steigerung des Zellstoffwechsels
- Anregung des Immunsystems
- Aktivierung der endokrinen Drüsentätigkeit

Nebenwirkung

Eventuell kann ein Müdigkeitsgefühl bei starker Intensität und langer Behandlungsdauer auftreten.

Applikationsform

Der Körper im Kondensatorfeld

Kondensatorplatte**Plattenelektrode**

Weichgummi-Plattenelektrode (ohne Elektroden-schwamm)

Filzlochscheibe**Behandlung der BWS mit Kondensatorplatten**

Die Kondensatorplatten werden über Haltearme ohne Körperkontakt über dem zu behandelnden Bereich platziert.

► **Spulenfeld: magnetisches Wechselfeld**

- Der zu behandelnde Körperteil befindet sich in einem magnetischen Wechselfeld. Dieses induziert nach den Gesetzen der magnetischen Induktion im Körper zirkulär verlaufende Wirbelströme (**s. Kap. 2.2.2, S. 28**). Je flüssigkeitsreicher eine Gewebsstruktur (z. B. Muskelgewebe) ist, desto größer ist deren Erwärmung.
- Bei der Spulenfeldtherapie werden folgende Spulen verwendet:
 - **Minode** zur Behandlung kleiner Bereiche (ohne Foto)
 - **Monode** zur Behandlung mittelgroßer Bereiche wie Schulter-, Ellenbogen-, Hüft- und Kniegelenk

- **Diplode** zur Behandlung von Hüfte, BWS, LWS, Schulter-Nacken-Region, Bauchraum zur Behandlung gynäkologischer Beschwerden
- **Induktionskabel** zur Behandlung einzelner Extremitäten oder der ganzen Wirbelsäule

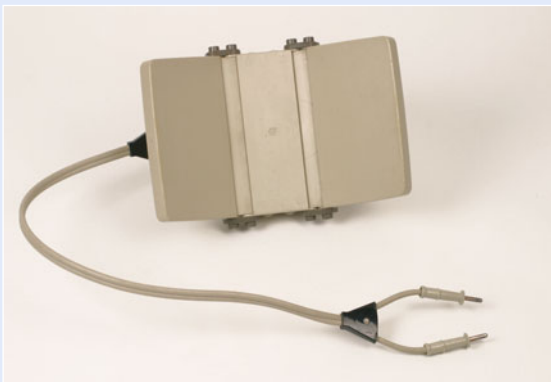
Spulen für die Spulenfeldtherapie



Monode



Monode, Innenansicht

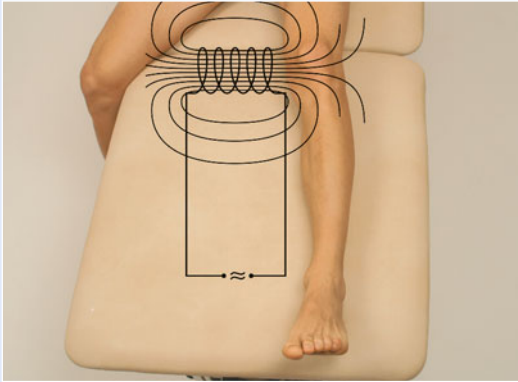


Diplode



Induktionskabel in der Anwendung

Spulenfeldtherapie



Der Körper im magnetischen Wechselfeld

Bestimmung des Hautabstands und der Elektrodenposition

Bei oberflächlichen Krankheitsherden beträgt der Elektroden-Haut-Abstand (EHA) 1–2 cm, für tiefer gelegene 3–5 cm.

Für sehr große Tiefenwirkung wird ein Abstand von mehr als 5 cm gewählt. Die bei diesen großen Abständen auftretenden hohen Energieverluste müssen allerdings durch eine Erhöhung der Intensität ausgeglichen werden.



PRAXISTIPP

Generell gilt: Je größer der Elektroden-Haut-Abstand (EHA), desto tiefer ist die Wirkung der Hochfrequenz und entsprechend geringer die Wärmeentwicklung im Unterhautfettgewebe.

Elektrodenlage und Feldliniendichte: Sicherheitsregeln

- Die Elektroden sollen parallel zur Körperoberfläche liegen. Werden sie **verkantet** angelegt, bilden sich Feldverdichtungen an der Stelle, an der sie näher an der Oberfläche liegen. Es besteht die Gefahr von Überhitzungen oder sogar Verbrennungen.

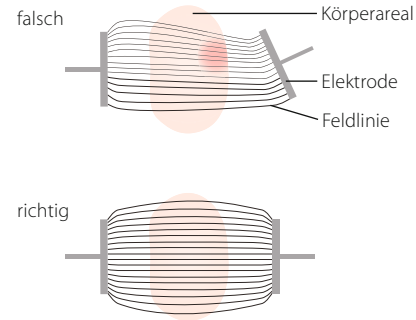


Abb. 8.35. Anlagefehler: Verkantung der Elektroden. Die Dichte der Feldlinien zeigt die Bezirke der stärksten Überhitzung an.

- Bei sehr unebenen Körperoberflächen sollte der EHA mindestens 4 cm betragen, damit an der Stelle der höchsten Erhebung keine zu große Energiekonzentration durch Feldlinienverdichtung entsteht („**Spitzeneffekt**“).

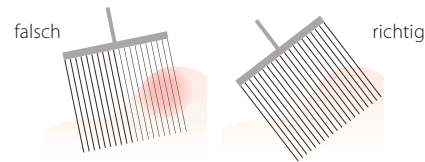


Abb. 8.36. Der Spitzeneffekt an unebenen Körperarealen

- Der Abstand der Elektroden zueinander sollte mindestens 2 cm betragen. Liegen zwei Elektroden in zu geringem Abstand nebeneinander, tritt der „**Kanteneffekt**“ auf: Es kommt ebenfalls zu Feldverdichtungen mit der Gefahr von Überhitzungen und Verbrennungen.

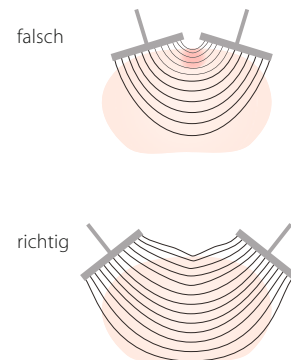


Abb. 8.37. Feldverdichtungen durch den Kanteneffekt

- ▶ Bei der Behandlung von Körperregionen mit direktem Hautkontakt (Achselhöhle, am Körper anliegender Arm oder große Hautfalten bei adipösen Patienten) bilden sich an der Berührungsstelle starke Feldverdichtungen, die Hautverbrennungen zur Folge haben können. Deswegen muss eine Filzlochscheibe zwischen die Körperteile gelegt werden.

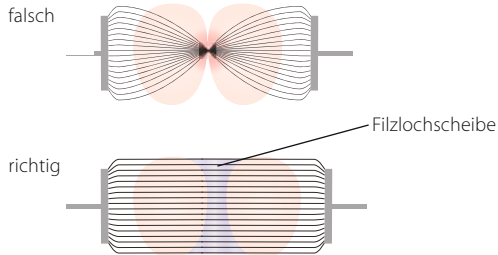


Abb. 8.38. Energieverdichtungen an sich berührenden Körperteilen

Behandlung

- ▶ **Dosierung:**
 - akut: Dosisstufe I–II
 - subakut: Dosisstufe II
 - chronisch: Dosisstufe III–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–8 min
 - subakut: 5–10 min
 - chronisch: 10 bis maximal 20 min
- ▶ **Häufigkeit der Behandlung:**
 - akut: täglich
 - subakut bis chronisch: 2–3-mal wöchentlich
- ▶ **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes



PRAXISTIPP

Um die Wirkung auf ein Behandlungsgebiet zu fokussieren, sollte die Kondensatorplatte über dem betroffenen Gebiet kleiner gewählt oder der Abstand zur Haut verringert werden.

Praktische Durchführung

1. Aufstellen des Geräts so, dass der Patient die Sicherheitsleine gut erreichen und ggf. den Strom zuverlässig unterbrechen kann.
2. Entspannte Lagerung des Patienten

3. Anbringen der Elektroden am betroffenen Gebiet und Anschluss an das Gerät.



VORSICHT

Die zuführenden Elektrodenkabel dürfen weder den Patienten noch sich gegenseitig berühren (z. B. durch Überkreuzen). Durch die entstehende Wärme kann die Kunststoffummantelung schmelzen.

4. Vor dem Einschalten des Geräts dem Patienten Sicherheitsleine in die Hand geben und prüfen, ob Intensitätsregler auf Null steht.
5. Gerät einschalten, warten bis Abstimmungsanzeige blinkt und anschließend die Intensität auf die gewünschte Dosis hochregeln. Den Patienten dabei nach dem Wärmeempfinden fragen, denn dies ist der Indikator für die richtige Dosierung.
6. Ist die Zeitschaltuhr abgelaufen, schaltet sich das Gerät automatisch ab.



PRAXISTIPP

Funktionskontrolle des Geräts

Durch ein mit einem Gas gefülltes Glühröhrchen kann das elektrische Feld an den Elektroden und zwischen den zuführenden Kabeln angezeigt werden. Doch **Vorsicht:** Die beiden Enden des Glühröhrchens sind aus Metall und werden sehr heiß.

8.4.8 Dezimeterwelle

Überblick

Für die Therapie mit Dezimeterwellen wird, um Störungen mit dem Fernsehempfang zu vermeiden, Wechselstrom der Frequenz **433,92 MHz** verwendet, daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 69 cm.

Spezifische Wirkungen

- ▶ Tiefenerwärmung
- ▶ Lokale Durchblutungssteigerung
- ▶ Beschleunigung der Phagozytose
- ▶ Steigerung des Zellstoffwechsels
- ▶ Anregung des Immunsystems
- ▶ Aktivierung der endokrinen Drüsentätigkeit

Dezimeterwellengerät



Rundfeldstrahler



Rundfeldstrahler, klein



Applikationsform

Monopolare Technik in Form von Strahlern, die auf Haltearmen montiert werden.

Strahlerarten:

- ▶ **Pyrodor-Strahler:** Der Vorteil dieses Strahlers ist die Bestrahlungsmöglichkeit von drei Seiten und damit eine höhere Effizienz der Therapie (ohne Foto). Er wird eingesetzt zur Behandlung von LWS, BWS und Schultergürtel sowie dem Bauchraum bei gynäkologischen Erkrankungen. Er entspricht von seiner Funktion in etwa der Dipode bei der Spulenfeldanwendung oder dem Hohlfeldstrahler der Mikrowellenanwendung.
- ▶ **Rundfeldstrahler:** Dieser dient zur Behandlung mittelgroßer Bereiche, wie Schulter-, Ellenbogen-, Hüft- und Kniegelenk. Er entspricht der Monode bei der Spulenfeldmethode.
- ▶ **Langfeldstrahler:** Mit diesem Strahler kann ein Bein oder ein Arm in seiner ganzen Länge oder die Wirbelsäule als Ganzes behandelt werden.

Langfeldstrahler



Dezimeterwellentherapie



Beispiel: Behandlung der WS mit einem Langfeldstrahler

Behandlung

► Dosierung:

Da sich bei Dezimeterwellen nur ein kleiner Teil der Wärme im Unterhautfettgewebe entwickelt und vom Patienten wahrgenommen wird, sind die Dosisstufen nach Schliephake (**s. Kap. 8.4.5**) in veränderter Form anzuwenden (Rusch und Hentschel, 1961):

- **Dosisstufe I (akut bis subakut):** kein Wärmeempfinden
- **Dosisstufe II (subakut):** etwas unter der Empfindungsschwelle für Wärme
- **Dosisstufe III (chronisch):** eben fühlbare Wärme
- **Dosisstufe IV (chronisch):** angenehmes Wärmeempfinden



PRAXISTIPP

- Die Dosisstufe II können Sie einstellen, indem Sie von der Dosisstufe III ausgehend den Strom leicht herunterregeln.

Sie können sich auch nach den Dosisstufen von Schliephake richten. Es gelten dann folgende allgemeine Richtlinien: Alles wird um eine Dosisstufe reduziert, es gibt keine Dosisstufe IV. In diesem Sinne dosiert man akut Stufe I, subakut Stufe I–II, chronisch Stufe III.

► Behandlungszeit:

- akut: 3–4 min
- subakut: 5–7 min
- chronisch: 8 bis maximal 15 min



VORSICHT

Auch bei der Dezimeterwelle besteht die Gefahr innerer Verbrennungen, ohne dass der Patient sie wahrnimmt.



PRAXISTIPP

Achten Sie auf die Angaben des Geräteherstellers!

► Häufigkeit der Behandlung:

- akut: täglich
- subakut: jeden 2. Tag
- chronisch: 2–3-mal wöchentlich

► Gesamtbehandlungen: je nach Verordnung des Arztes

Praktische Durchführung

1. Aufstellen des Geräts so, dass der Patient die Sicherheitsleine gut erreichen und ggf. den Strom zuverlässig unterbrechen kann.
2. Patienten entspannt lagern.
3. Elektroden am betroffenen Gebiet anbringen und diese an das Gerät anschließen.
4. Vor dem Einschalten des Geräts dem Patienten die Sicherheitsleine in die Hand geben und prüfen, ob der Intensitätsregler auf Null steht.
5. Gerät einschalten und die Intensität auf die gewünschte Dosis hochregeln. Patienten dabei nach dem Wärmeempfinden fragen und die Dosierungsangaben für Dezimeterwelle beachten (geminderte Intensitätswahrnehmung).
6. Ist die Zeitschaltuhr abgelaufen, schaltet sich das Gerät automatisch ab.



PRAXISTIPP

Bei den meisten Geräten ist der Einschaltknopf mit einer Zeitschaltuhr kombiniert.

8.4.9 Mikrowelle

Überblick

Elektrotherapeutisch eingesetzte Mikrowellen besitzen eine Frequenz von **2450 MHz**, daraus ergibt sich eine Wellenlänge von 12,5 cm.

Spezifische Wirkungen

- ▶ Tiefenerwärmung
- ▶ Lokale Durchblutungssteigerung
- ▶ Beschleunigung der Phagozytose
- ▶ Steigerung des Zellstoffwechsels
- ▶ Anregung des Immunsystems
- ▶ Aktivierung der endokrinen Drüsentätigkeit

Applikationsform

Monopolare Technik in Form von Strahlern, die auf Haltearmen montiert werden.

Strahlerarten:

- ▶ **Hohlfeldstrahler:** Der Vorteil dieses Strahlers ist die Bestrahlungsmöglichkeit von drei Seiten und damit eine höhere Effizienz der Therapie.
Er wird eingesetzt zur Behandlung von LWS, BWS und Schultergürtel sowie dem Bauchraum bei gynäkologischen Erkrankungen. Er entspricht von seiner Funktion in etwa der Diplole bei der Spulenfeldanwendung oder dem Hohlfeldstrahler der Mikrowellenanwendung.
- ▶ **Rundfeldstrahler:** Dieser dient zur Behandlung mittelgroßer Bereiche, wie Schulter-, Ellenbogen-, Hüft- und Kniegelenk. Er entspricht der Monode bei der Spulenfeldmethode.
- ▶ **Langfeldstrahler:** Mit diesem Strahler kann ein Bein oder ein Arm in seiner ganzen Länge oder die Wirbelsäule als Ganzes behandelt werden.
- ▶ **Fokusstrahler:** Einsatz zur Behandlung von kleinen Erkrankungsherden wie z. B. der laterale Epikondylus bei Epikondylitis, die Nasennebenhöhlen oder Abszess am Kiefer.

Mikrowellengerät



Hohlfeldstrahler



Rundfeldstrahler, groß



Langfeldstrahler



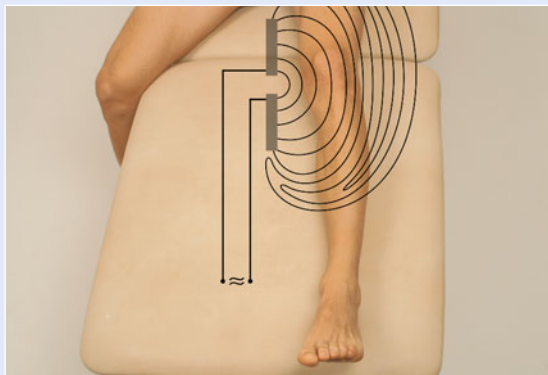
Minifokusstrahler



Mikrowellentherapie



Beispiel: Behandlung des Sprunggelenks mit einem Minifokusstrahler



Der Patient im Nahfeld eines elektromagnetischen Strahlenfelds

Behandlung

► Dosierung:

Da sich auch bei Mikrowellen nur ein kleiner Teil der Wärme im Unterhautfettgewebe entwickelt und vom Patienten wahrgenommen wird, sind die Dosisstufen nach Schliephake (**s. Kap. 8.4.5**) in veränderter Form anzuwenden (Rusch und Hentschel, 1961):

- **Dosisstufe I (akut bis subakut):** kein Wärmeempfinden
- **Dosisstufe II (subakut):** etwas unter der Empfindungsschwelle für Wärme
- **Dosisstufe III (chronisch):** eben fühlbare Wärme
- **Dosisstufe IV (chronisch):** angenehmes Wärmeempfinden

Sie können sich auch nach den Dosisstufen von Schliephake richten. Es gelten dann folgende allgemeine Richtlinien: Alles wird um eine Dosisstufe reduziert, es gibt keine Dosisstufe IV. In diesem Sinne dosiert man akut Stufe I, subakut Stufe I–II, chronisch Stufe III.



PRAXISTIPP

- Die Dosisstufe II können Sie einstellen, indem Sie von der Dosisstufe III ausgehend den Strom leicht herunterregeln.



VORSICHT

Auch bei den Mikrowellen besteht die Gefahr innerer Verbrennungen, ohne dass der Patient sie wahrnimmt.

► Behandlungszeit:

- akut: 3–4 min
- subakut: 5–6 min
- chronisch: 7 bis maximal 10 min



PRAXISTIPP

Achten Sie auf die Angaben des Geräteherstellers.

► Häufigkeit der Behandlung:

- akut: täglich
- subakut: jeden 2. Tag
- chronisch: 2–3-mal wöchentlich

► Gesamtbehandlungen: je nach Verordnung des Arztes

Praktische Durchführung

1. Aufstellen des Geräts so, dass der Patient die Sicherheitsleine gut erreichen und ggf. den Strom zuverlässig unterbrechen kann.
2. Patienten entspannt lagern
3. Elektroden am betroffenen Gebiet anbringen und diese an das Gerät anschließen.
4. Vor dem Einschalten des Geräts dem Patienten die Sicherheitsleine in die Hand geben und prüfen, ob der Intensitätsregler auf Null steht.
5. Gerät einschalten und die Intensität auf die gewünschte Dosis hochregeln. Patienten dabei nach dem Wärmeempfinden fragen, und die Dosierungsangaben für Mikrowellen beachten (geminderte Intensitätswahrnehmung).
6. Ist die Zeitschaltuhr abgelaufen, schaltet sich das Gerät automatisch ab.



PRAXISTIPP

Bei den meisten Geräten ist der Einschaltknopf mit einer Zeitschaltuhr kombiniert.

8.5 Ultraschall

8.5.1 Überblick

Als Ultraschall werden Schallwellen (s. Kap. 2.5) mit Frequenzen oberhalb des hörbaren Bereichs (20 kHz) bezeichnet.

Bei der Ultraschalltherapie werden Frequenzen von **800 kHz, 1 MHz und 3 MHz** verwendet.

Die Schallwellen breiten sich sowohl in Luft als auch in flüssigen und festen Materialien aus. Da beim Übergang das 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, der so genannten „**Kopplung**“ wird ein Kopplungsmedium in Form von Öl, Glycerin, Wasser oder Gel eingesetzt.

Im Körper entstehen infolge des eingekoppelten Ultraschalls Wellen, die zu einer rhythmischen Kompression und Expansion des Gewebes in der Frequenz des Ultraschalls führen (s. Abb. 8.39). Die dabei auftretenden Drücke betragen bei einer für die Ultraschalltherapie typischen Intensität von 1 W/cm^2 etwa 1,7 bar, das entspricht ungefähr dem Druck in einem Autoreifen. Die Bewegung der Teilchen im Körper infolge der Schwingung ist minimal: sie liegt im Bereich von einem millionstel Millimeter.

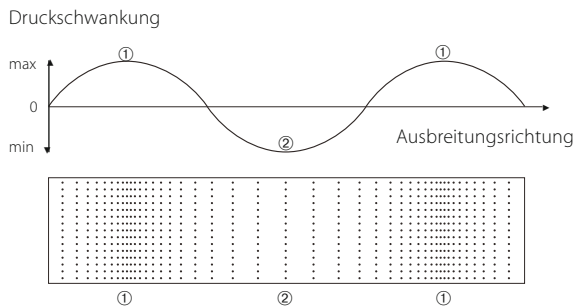


Abb. 8.39. Druckschwankung der in den Körper eindringenden Schallwellen: ① Kompression, ② Expansion

Effektives Strahlungsareal (ERA)

Da das piezoelektrische Element nicht auf seiner ganzen Fläche gleichmäßig stark schwingt, ist das effektive Strahlungsareal (ERA = „Effective Radiating Area“), d. h. die effektiv abstrahlende Fläche des Schallkopfs immer kleiner als seine geometrische Oberfläche (s. Abb. 8.40).

Beispiel: Bei einer Schallkopfgröße von ca. 6 cm^2 (großer Schallkopf) verringert sich die Beschallungsfläche um etwa $1,2 \text{ cm}^2$, bei einer Schallkopfgröße von $1,4 \text{ cm}^2$ (kleiner Schallkopf) verringert sie sich um $0,6 \text{ cm}^2$ (s. auch „Elemente eines Ultraschallgeräts“, S. 163 f).

Das in den Körper eindringende Ultraschallbündel lässt sich in zwei Bereiche unterteilen:

► Nahfeld (= Fresnel-Zone)

Das Nahfeld beginnt unmittelbar unter dem Schallkopf (s. Abb. 8.40). Seine Ausdehnung im Körper ist abhängig von der Schallfrequenz und der Schallkopfgröße:

- Bei 1 MHz und einer Schallkopfgröße von 5 cm^2 reicht das Nahfeld etwa 10 cm unter die Haut, bei einer Schallkopfgröße von 1 cm^2 nur etwa 2 cm.
- Wird die Frequenz erhöht, nimmt die Reichweite des Nahfelds ab, bei 3 MHz dringt es nur ein Drittel so tief wie bei einer Frequenz von 1 MHz.
- Die Grenzen des Nahfelds sind leicht konvergent (lat. sich annähern), das heißt der Durchmesser nimmt in Richtung Körperinneres ab.

Im Nahfeld treten Interferenzphänomene auf, durch die die Intensitätsverteilung sehr inhomogen wird. Es treten Intensitätsspitzen auf, die mindestens 4-mal so große Intensität besitzen wie die am Gerät eingestellte Intensität.

► Fernfeld (= Fraunhofer-Zone)

Es weist keine Interferenzphänomene auf und divergiert (lat. auseinandergehen) leicht (s. Abb. 8.40). Für die Therapie ist dieses Feld nicht von Bedeutung, da auf diese Entfernung der Ultraschall keine nennenswerte Intensität mehr besitzt: durch die eintretende Dämpfung ist er stark geschwächt.

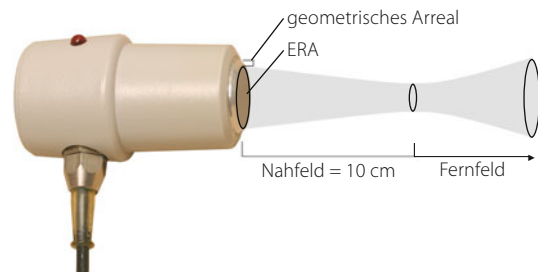


Abb. 8.40. Das effektive Strahlungsareal (ERA) eines Schallkopfs, das Nah- und Fernfeld eines Ultraschallbündels

Absorption des Schalls

Beim Durchgang des Schalls durch ein Medium wird immer ein Teil der Schallenergie, infolge von innerer

Reibung im Medium, in Wärmeenergie umgewandelt. Die Schallintensität nimmt daher kontinuierlich ab.

Absorptionskoeffizient

Das Maß dieser Schwächung infolge der Umwandlung in Wärme gibt der Absorptionskoeffizient an.

Je höher der Absorptionskoeffizient, desto mehr Schallenergie wird pro eingedrungenem Zentimeter absorbiert und desto größer ist die Erwärmung in diesem Bereich. Ebenso ist aber die vorhandene Schallenergie auch auf kürzerer Strecke auf ein so kleines Maß abgesunken, dass in tieferen Schichten keine nennenswerte Erwärmung des Gewebes mehr stattfindet. Die Eindringtiefe ist daher entsprechend geringer.

Knochen besitzt einen ca. 20-mal, Muskelgewebe einen ca. 2-mal oder 5-mal (abhängig von der Richtung des Schallbündels, s. **Tab. unten**) höheren Absorptionskoeffizienten als Fettgewebe.

Je größer die Schallfrequenz, desto größer ist der Absorptionskoeffizient. Bei 3 MHz ist er 3-mal so groß wie bei 1 MHz.

Zur **Behandlung oberflächlicher Schichten** empfiehlt sich deshalb die Umstellung des Geräts auf 3 MHz. Zur

Behandlung tieferer Gewebsschichten sind 1 MHz oder 800 MHz zu wählen.



MEMO

Ein **hoher Absorptionskoeffizient** bewirkt eine geringe Eindringtiefe des Ultraschalls mit hoher oberflächlicher Wärmewirkung. Ein **geringer Absorptionskoeffizient** bewirkt ein tiefes Eindringen des Ultraschalls mit einer schwächeren Wärmeentwicklung in den oberen Hautschichten.

Halbwertstiefe

Die Berechnung der Eindringtiefe mit Hilfe des Absorptionskoeffizienten ist mathematisch relativ aufwändig. Für die therapeutische Praxis hat sich daher die Angabe der Halbwertstiefe bewährt.

Sie gibt an, in welcher Tiefe die ursprüngliche Intensität des Schalls auf die Hälfte abgenommen hat.

Da bei einem großen Absorptionskoeffizient der Schall relativ schnell absorbiert wird, ist die Halbwerts-

Absorptionskoeffizient verschiedener Gewebestrukturen bei 1 und 3 MHz (in cm^{-1})

Struktur	Absorptionskoeffizient		Hinweis
	1 MHz	3 MHz	
Blut	0,228	0,684	
Blutgefäß	0,4	1,2	
Knochengewebe	3,22	–	
Haut	0,62	1,86	
Knorpelgewebe	1,16	3,48	
Luft (20 °C)	2,76	8,28	
Sehnengewebe	1,12	3,36	
Muskelgewebe	0,76	2,28	Schallbündel senkrecht zum Gewebe
	0,28	0,84	Schallbündel parallel zum Gewebe
Fettgewebe	0,14	0,42	
Wasser (20 °C)	0,0006	0,0018	
Nervengewebe	0,2	0,6	

tiefe dabei gering. Das gleiche gilt natürlich umgekehrt: Ein geringer Absorptionskoeffizient bewirkt eine geringe Schwächung des Schalls beim Durchgang durch den Körper, entsprechend groß ist die Halbwertstiefe.

Penetrationstiefe
Die Penetrationstiefe ist die Tiefe, in der gerade noch ein therapeutischer Effekt erwartet werden kann. Der Ultraschall besitzt hier noch 10 % seines Ausgangswerts.

Halbwertstiefe für verschiedene Medien

Struktur	Halbwertstiefe (mm)		Hinweis
	1 MHz	3 MHz	
Knochengewebe	2,1	–	
Haut	11,1	4	
Knorpelgewebe	6	2	
Luft (20 °C)	2,5	0,8	
Sehnengewebe	6,2	2	
Muskelgewebe	9	3	Schallbündel senkrecht zum Gewebe
	24,6	8	Schallbündel parallel zum Gewebe
Fettgewebe	50	16,5	
Wasser (20 °C)	11500	3833,3	

Penetrationstiefe für verschiedene Medien

Struktur	Penetrationstiefe (mm)		Hinweis
	1 MHz	3 MHz	
Knochengewebe	7	–	
Haut	37	12	
Knorpelgewebe	20	7	
Luft (20 °C)	8	3	
Sehnengewebe	21	7	
Muskelgewebe	30	10	Schallbündel senkrecht zum Gewebe
	82	27	Schallbündel parallel zum Gewebe
Fettgewebe	165	55	
Wasser (20 °C)	38330	12770	

Vermeidung stehender Wellen

Schallwellen werden beim Übergang von einem dünnen in ein dichteres Medium an der Grenzschicht teilweise reflektiert.

Neben den bereits vorhandenen Interferenzen im Nahfeld entstehen dadurch zusätzliche Interferenzen. Reflektierte Schallwellen treffen auf die neu ankommenden Schallwellen und mischen sich mit diesen nach dem Prinzip der konstruktiven Interferenz (vgl. Kap. 2.3.3)

Dieser Effekt wird als „**stehende Welle**“ bezeichnet. Er führt zu einer deutlich erhöhten Schallintensität in den Gebieten der konstruktiven Interferenz.

Da dieses Phänomen vor allem in der Nähe der Grenzschichten auftritt, sind dort die höchsten Temperaturanstiege zu verzeichnen.



VORSICHT

- Durch Überhitzung kann es zur Schädigung des Gewebes kommen!
- Um eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erzielen, sollte der Schallkopf daher ständig in Bewegung gehalten werden. Am günstigsten ist es, das Behandlungsgebiet mit einer Geschwindigkeit von etwa 20 cm/s in vorher genau festgelegten Bahnen abzufahren.



PRAXISTIPP

Sagen Sie in normalem Sprechrhythmus „einundzwanzig“ (das entspricht einer Sekunde) und fahren Sie mit Ihrer Hand an einem Lineal den Bereich von 20 cm entlang. Mit etwas Übung werden Sie sich an die Geschwindigkeit gewöhnen.

Ultraschallgerät



Reflexion

Die Tabelle zeigt die Reflexionsstärke beim Übergang des Ultraschalls zwischen verschiedenen Medien.

Übergang	Reflexion in %
Luft – Haut	nahezu 100
Kontaktmedium – Haut	ca. 0,1
Wasser – Haut	ca. 0,2
Fettgewebe – Muskel	ca. 0,8
Muskel – Knochengewebe	ca. 34

Elemente eines Ultraschallgeräts

► Intensitätsregler

Potentiometer oder Tasten mit fest programmierten Intensitäten

► Signallampe für Kopplungsanzeige

Sie befindet sich meistens direkt am Schallkopf und zeigt dem Behandler an, ob eine gute Kopplung vorliegt. Bei schlechter Kopplung verlischt sie oder leuchtet auf – abhängig vom Hersteller des Geräts.

Bei manchen Geräten fehlt die Kopplungsanzeige, dafür zeigt ein Zeiger die effektiv eingebrachte Schallleistung direkt an. Da diese bei Bewegung des Schallkopfs nie ganz konstant bleibt, schwankt die Anzeige immer etwas. Das kann den Behandler unter Umständen etwas irritieren.

► Zeitschaltuhr

Dient zur Einhaltung der Behandlungszeit. Ist sie abgelaufen, schaltet sich das Gerät ab und es ertönt ein akustisches Signal. Bei ungenügender Kopplung wird die Zeitschaltuhr angehalten. Dadurch ist garantiert, dass in der eingestellten Zeit auch wirklich die volle Intensität in den Körper eindringen kann. Meist ertönt bei schlechter Kopplung zusätzlich noch ein akustisches Signal.

► Schallintensitätsanzeige

Sie erfolgt analog über einen Zeiger oder digital. Sie gibt den eingekoppelten oder den abgestrahlten Schall an. Bitte Herstellerangaben beachten.

► Buchse zum Einschleusen eines externen Niederfrequenzstroms

(nur bei dem Gerät „Impulsaphon“ der Fa. Dr. Born)

Bei einer Therapie nach dem Simultanverfahren (s. S. 166) wird hier ein externes Elektrotherapiegerät angeschlossen. Diese Option ist in der Praxis sehr wertvoll, da der Therapeut selbst bestimmen kann, mit welchem Strom er den Ultraschall beim Simultanverfahren koppeln möchte.

Ultraschallköpfe



Ultraschallkopf, klein



Ultraschallkopf, groß

Bei manchen Geräten ist bereits ein Stromteil, das diadynamische Ströme liefert, integriert (z. B. „Sonodynator“ der Fa. Siemens), das die häufigsten für eine Therapie nach dem Simultanverfahren benötigten Ströme liefern kann. Andere Geräte haben ein spezielles Kabel, das nur die Kombination mit einem Reizstromgerät des gleichen Herstellers erlaubt (z. B. „Sonopuls“ der Fa. Enraf).

- **Regler zur Auswahl des Tastverhältnisses**
- **Anzeige der eingestellten Schallfrequenz**

Bei Geräten mit wählbarer Frequenz (1 MHz oder 3 MHz) wird die gewünschte Behandlungsfrequenz gewählt. Andere Geräte sind fest auf nur eine der beiden Frequenzen eingestellt.

- **Schallkopfgrößen**

- großer Schallkopf: 4–6 cm²
- kleiner Schallkopf: 0,7–1,4 cm²

Schallintensitäten

- **Gleichschall/Dauerschall**

- Der Ultraschall wird mit konstanter Intensität ohne Unterbrechungen abgegeben.
- Anwendung: bei subakuten und chronischen Krankheitsprozessen

- **Impulsschall**

- Der Ultraschall wird zyklisch ein- und ausgeschaltet. Dadurch entsteht eine Reduktion der thermischen Belastung, während die mechanische Belastung nach wie vor bestehen bleibt. Das Tastverhältnis (s. Abb. 8.4.1) bezeichnet das Verhältnis von Schallzeit zu Periodendauer (= Schallzeit + Pausenzeit): eine Periodendauer von 10 ms mit einer Schallzeit von 2 ms entspricht einem Tastverhältnis von 1:5. Es ergibt sich eine Pause von 8 ms.

- Anwendung: bei akutem Erkrankungsstatus, wo Wärme vermieden werden soll. Je akuter das Krankheitsbild, desto größer das zu wählende Tastverhältnis.
- Dosierung: Die Dosierung richtet sich danach, wie tief die zu behandelnden Strukturen liegen.

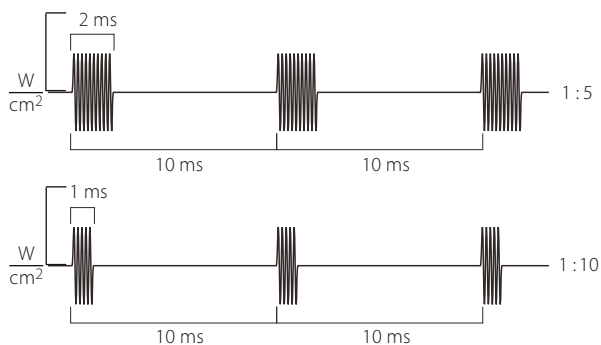


Abb. 8.41. Impulsschall: verschiedene Tastverhältnisse (Bsp. 1 : 5 und 1 : 10)

Beschallungsverfahren

- **Dynamische Beschallung**

- Der Schallkopf wird unter ständiger Bewegung über das Behandlungsgebiet geführt.
- Anwendung: Beschallung von Behandlungsflächen, die größer als die Schallkopffläche sind.

- **Semistatische Beschallung**

- Der Schallkopf kreist auf einer Stelle.
- Anwendung: Behandlung kleiner, fest definierter Schmerzbereiche sowie Triggerpunkte und Sehnenansätze.

- **Statische Beschallung:** Der Schallkopf wird nicht bewegt.



VORSICHT

Eine **statische Beschallung** ist in der Praxis zu vermeiden, da schädliche Auswirkungen durch Überhitzung des Gewebes eintreten können (s. auch „Vorsicht-Kasten“ unter „Praktische Durchführung“, Kap. 8.5.7).

Dynamische und semistatische Beschallungen können auf zwei Arten angewendet werden:

- ▶ **Direkt lokal:** Der Ort der Schädigung wird direkt beschallt.
- ▶ **Indirekt:**
 - **Segmentale Beschallung:** Das zum erkrankten Gebiet zugehörige Segment wird paravertebral an der Nervenwurzel beschallt. Die therapeutische Wirkung erfolgt auf reflektorischem Weg. Die übliche Dosis ist $0,1\text{--}0,2\text{ W/cm}^2$ für 1–3 min.



PRAXISTIPP

Benutzen Sie bitte zur Identifikation der segmentalen Zugehörigkeit die Tafeln im Anhang.

- **Beschallung der Headschen Zonen**, um auf die inneren Organe einwirken zu können.
- **Neuraltherapeutischer Behandlungsaufbau:** In Anlehnung an die Behandlung der Bindegewebsmassage werden bestimmte Körperregionen an der Wirbelsäule in einer festgelegten Reihenfolge behandelt. Man unterscheidet einen **kranialen** von einem **kaudalen** Aufbau (s. „Memo-Kästen“).

Knoch und Knauth (1991) wiesen in einer klinischen Studie nach, dass Behandlungen mit einem neuraltherapeutischen Aufbau denen einer rein segmentalen oder lokalen Beschallung deutlich überlegen waren.

Dem neuraltherapeutischen Aufbau kommt daher im Vergleich zu den anderen indirekten Beschallungen die größte Bedeutung zu, weshalb der Aufbau nachfolgend im Einzelnen erläutert wird.



MEMO

Neuraltherapeutischer Aufbau: kranial

Intensität: $0,2\text{ W/cm}^2$ für insgesamt etwa 3–5 min.

Es wird mit der nicht betroffenen Seite begonnen (konsensuelle Reaktion).

1. Kreisende Bewegungen paravertebral beidseitig aufsteigend von L5 bis etwa T7 (untere Skapulaspitze).
2. Kreisende Bewegungen paravertebral beidseitig aufsteigend von C7–C3.
3. Strichführung am M. levator scapulae beidseitig von kranial, C4 bis medialer Skapulawinkel.
4. Strichführung nach distal an allen Teilen des M. deltoideus bis zum Ansatz.
5. Absteigender paravertebraler Längsgang: 3-maliges Ausstreichen von C3–L5 und Ausziehen des Beckenkamms nach lateral auf jeder Seite.



MEMO

Neuraltherapeutischer Aufbau: kaudal

Intensität: $0,2\text{ W/cm}^2$ für insgesamt etwa 3–5 min.

Es wird mit der nicht betroffenen Seite begonnen (konsensuelle Reaktion).

1. Kreisende Bewegungen von der Kreuzbeinspitze entlang des Kreuzbeinrands bis zum oberen ISG-Pol.
2. Kreisende Bewegungen über dem ISG 1–3-mal.
3. Ausziehen des Beckenkamms vom oberen ISG-Pol nach lateral bis zur Flanke und wieder zurück bis L5, von dort absteigend über das ISG wieder zur Kreuzbeinspitze.
4. Kreisende Bewegungen paravertebral beidseitig aufsteigend von L5 bis etwa T7 (untere Skapulaspitze). Dabei wird der Rand des M. erector trunci bei den Kreisungen nach medial mit etwas Druck „angehakt“. Anschließend in Strichführung von T7 wieder zurück zu L5 und von dort aus zur Flanke nach lateral.
5. Ausziehen des dorsalen Rands des Tractus iliotibialis im Trochanterbereich.
6. Kreisungen auf dem M. trapezius, Pars descendens.
7. Abschlussstrich von T7–L5 und weiter zur Flanke nach lateral.

Kombinationsverfahren

Wasserbeschallung

Die Extremität wird in ein Wasserbad eingetaucht, der Schallkopf dynamisch oder semistatisch im Abstand von etwa 1 cm von der Körperoberfläche bewegt. Hier dient das Wasser als Kopplungssubstanz. Es ist darauf zu achten, dass

- ▶ Abgekochtes Wasser benutzt wird, da sonst der Schall an den im normalen Wasser vorhandenen Luftbläschen reflektiert wird,
- ▶ Vor der Behandlung mit einem Pinsel unter Wasser die Hautoberfläche von eventuell noch anhaftenden Luftbläschen gereinigt wird.

Der Vorteil dieser Methode besteht in der gleichmäßigen Schallverteilung an Knochenvorsprüngen; schlecht zu erreichende Gebiete wie die Zehen- und Fingerzwischenräume können gut beschallt werden.

Knoch und Knauth (1991) zeigten, dass Hand- und Fußarthrosen mit einer Wasserbeschallung erfolgreich behandelt werden konnten (44 % der Patienten mit absoluter Beschwerdefreiheit), gefolgt von Knie- und Schulterarthrosen mit einer sehr guten Besserung (20 %). Am schlechtesten schnitt die Behandlung von Hüftarthrosen mit 9,7 % ab.

Wasserbeschallung



Beispiel: Wasserbeschallung der Hand

Ultraphonophorese

Bei der Ultraphonophorese werden Medikamentenwirkstoffe mit Schallenergie in die Haut eingeschleust. Das Verfahren ähnelt dem der Iontophorese, arbeitet aber ohne Strom.

Die Wirksamkeit der Ultraphonophorese ist im Wesentlichen durch zwei Autoren gut belegt: Griffin (1980 und 1968) wies nach, dass bei einer Ultraphonophorese mit Hydrocortisonsalbe das Hydrocortison noch in einer Tiefe von 6 cm vorhan-

den war. Die klinische Studie ergab, dass 88,1 % einer Patientengruppe mit Erkrankungen von Weichteilen (Tendinitis, Bursitis etc.) eine signifikante Besserung bei einer Ultraphonophorese mit Lidocain/Decadron zeigte im Vergleich zur Kontrollgruppe, bei der mit einem Placebomedikament beschallt wurde. Diese Gruppe hatte nur zu 56 % eine Besserung zu verzeichnen, eine reine Placebogruppe mit Schall-Nullintensität dagegen nur zu 23,1 %. Majewski et al. (1971) führten den Nachweis der Einschleusung von Substanzen mit radioaktiv markierten Substanzen wie Jod 131, Natrium 23 sowie mit Methylenblau durch.

Ultraphonophorese



Beispiel: Einschleusen eines Medikaments im Bereich des Kniegelenks

Simultanverfahren

Der Ultraschall wird mit niederfrequentem oder mittelfrequentem Reizstrom kombiniert, z. B. diadynamischen Strömen, Ultrareizstrom, Hochvoltstrom oder bipolarem Interferenzstrom.

Die Kombination von Ultraschall mit einem Reizstrom ist derjenigen einer reinen Reizstrom- oder einer reinen Ultraschallbehandlung deutlich überlegen (Gierlich und Jung, 1968; Edel, 1995).

Der Ultraschallkopf dient hierbei gleichzeitig als **differente Elektrode**, die in der Regel als Kathode gepolt wird. Als Bezugselektrode dient eine große Plattenelektrode, die in 5–10 cm Entfernung am Körper **proximal** fixiert wird.

Muss der Schallkopf als Anode gepolt werden (s. Kap. 9.7.2, HWS-Syndrom), wird die Bezugselektrode als Kathode distal des Beschallungsorts fixiert (absteigende Behandlung).



PRAXISTIPP

Am wirkungsvollsten ist die Kombination von Ultraschall mit CP (Edel, 1995).

Simultanverfahren



Beispiel: Behandlung der Schulter

8.5.2 Spezifische Wirkungen

Bezüglich der Wirkungen gibt es zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen:

Die eine, mehr Amerika zentrierte Richtung betont nur die Wärmewirkung mit ihrer nachfolgenden Mehrdurchblutung. Diese Richtung ist in vielen Arbeiten Zentrum der Untersuchungen und Erklärungsmodellen. Hier finden wir relativ **hohe** Dosierungen.

Die Europa zentrierte Richtung legt die Betonung mehr auf den mechanischen Effekt und wählt dementsprechend **niedrige** Dosierungen (Fyfe and Bullok 1985).

Mechanische Wirkung

Die Wellen dringen in den Körper ein und breiten sich mit Schallgeschwindigkeit aus. Durch ihren Schalldruck, der bis zu 1,7 bar bei 1 W/cm² und 1 MHz Schallfrequenz betragen kann, bewirken sie dort eine Verdichtung und Verdünnung der Materie, was zu einer Zug- und Druckbeanspruchung der Gewebestrukturen führt. Die Schallwellen bewirken im Gewebe eine Mikromassage, die wiederum je nach Schallart zu thermischen Effekten führen kann.

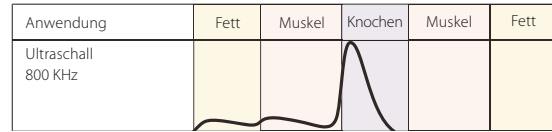


Abb. 8.42. Die Wärmeverteilung der Schallwellen in den einzelnen Gewebsschichten

Thermische Wirkung

Die durch Reibung der schwingenden Körperstrukturen entstehende kinetische Energie wird in Wärme umgewandelt. Besonders groß ist die Wärmeentwicklung an der Grenze Muskel/Sehne – Knochen (s. Abb. 8.42). Edel (1989) spricht hierbei von einem der wirksamsten Diathermieverfahren (Tiefenerwärmung).

Zur Wärmeentwicklung kommt es allerdings nur bei Dauerschall.

Durchblutungssteigerung

Durch die Dauerbeschallung kann die Gewebstemperatur auf 40 bis 45 Grad ansteigen, was zu einer Mehrdurchblutung führt. Diese Temperaturerhöhung sollte mindestens fünf Minuten gehalten werden, um therapeutische Effekte zu erzielen (Lehmann und Guy 1972)

Die Erwärmung der einzelnen Gewebsschichten wurde von Conradi et al. (1983) beschrieben.

Biologische Wirkung

Aus der mechanischen und der thermischen Wirkung resultiert die biologische Wirkung auf den Körper:

- **Schmerzschwellenanhebung** durch Beeinflussung freier Nervenendigungen

Cosentino et al. (1983) untersuchten den Einfluss auf sensorische Nervenfasern des N. medianus.

- **Verbesserte Durchblutung** durch Hemmung des Sympathikus sowie Freisetzung von Histamin
- **Stimulation von Regenerationsvorgängen** und der lokalen Abwehr zur verbesserten Wundheilung

Grotwinkel (1974) beschrieb den Einfluss des Ultraschalls auf die Knochenregeneration.

- **Permeabilitätssteigerung** an den Zellmembranen
- **Lockerung von Verklebungen, Narbenadhäsionen**
- **Reduktion von Kalkablagerungen**
- **Detonisierung verspannter Muskulatur**

8.5.3 Indikationen

- ▶ Alle Erkrankungen an der Wirbelsäule und peripheren Gelenken, die auf degenerative oder traumatische Ursachen zurückzuführen sind.
- ▶ Verspannte Muskulatur
- ▶ Distorsionen
- ▶ Kontusionen
- ▶ Luxationen
- ▶ Muskelzerrungen
- ▶ Akute Radikulopathien (Prolaps, degenerative Veränderungen am Foramen intervertebrale, Stenosen)
- ▶ Akute Myalgien bei Lumbago, Morbus Bechterew, Osteoporose
- ▶ CRPS I
- ▶ Epikondylitis
- ▶ Tendovaginitis
- ▶ Akute Periarthropathia humeroscapularis
- ▶ Neuralgien wie Interkostalneuralgie, Trigeminusneuralgie, Okzipitalneuralgie
- ▶ Verzögerte Knochenbildung (zur Stimulation der Kallusbildung)
- ▶ Narbengewebe, besonders bei der Dupuytrenschen Kontraktur
- ▶ Fibrosen bei Lymphödemem

Evidence basierte Untersuchungen

In zahlreichen Untersuchungen ist die durch Ultraschall induzierte Wärmeentwicklung bewiesen.

Viele anderen Wirkungen von Ultraschall wie z.B. gesteigerter Stoffwechsel, verbesserte Dehnbarkeit kollagener Fasern, vermehrte Zellaktivität, Erhöhung der Proliferationsrate von Fibroblasten ist in vitro und auch bei Tierversuchen nicht allein durch die Durchblutungssteigerung zu erklären, sondern auf die sogenannte „Mikromassage“ (Knoch und Knauth 1984; Byl et al. 1992).

Vermutet wird, dass durch die Vibrationen die Zellmembranpermeabilität der Fibroblasten erhöht wird und es dadurch zu einem vermehrten Calciumeinstrom in die Zelle führt. Dies führt dann sekundär zu einer Stimulation einiger weiterer Zellfunktionen.

Die früher häufig praktizierte Beschallung im neuraltherapeutischen Aufbau zusätzlich zum lokalen Ultraschall (Koch und Knauth 1984) ist bis heute nicht gesichert (Ebenbichler et al. 1996).

Viele Ergebnisse beruhen auf „experience based medicine“

Bezüglich der Intensität gibt es zurzeit noch keine eindeutigen Dosis-Wirkungsstudien.

Es gilt solange noch die allgemeine Richtlinie, akute, oberflächliche und sensible Erkrankungen mit niedriger Schalldosis, chronische und tiefliegende Erkrankungen mit mittleren bzw. hohen Dosierungen zu therapieren.

Sinnvoller ist es aber, sich an, die Dosierungsrichtlinien nach Callies als Richtlinie für die Dosierung zu nehmen.

Nwuga et al (1983) konnten in vielen Fällen einen positiven subjektiven und objektiven Befund nach mehrwöchiger Therapie bei nachgewiesenen Discusprolaps feststellen.

Viele Verbesserungen nach einer Beschallung von chronisch entzündlichen periartikulären Erkrankungen und Arthrosen bezüglich Schmerzreduktion und verbesserter Gelenkbeweglichkeit aufgrund von Ultraschalltherapie scheinen nach Ebenbichler et al. (1996) auf einem Placeboeffekt zu beruhen.

Ebenbichler (1996) hat bei Epikondylitis statt Dauerschall mit gepulstem Ultraschall in einem Zeitraum von 4-6 Wochen einen eindeutig günstigen Effekt sowohl auf Schmerz als auch auf Kraft erzielt.

Ebenfalls erfolgversprechend lauten die Untersuchungen (nach Eichenbichler et al., 1999), wo bei Insertionstendinitis oder Tendinitis calcarea die gezielten Behandlung der betroffenen Strukturen eindeutig nahezu Beschwerdefreiheit erzielt wurde. Bei einer globalen Behandlung der Gelenke wurde dagegen kein befriedigendes Resultat erzielt.

Beim Karpaltunnelsyndrom sind die Angaben sehr kontrovers. Eine alleinige Behandlung mit 1 Mhz und niedriger Dosierung bis max. 1 Watt/cm² wirkte sich kaum auf die Symptome aus. Hingegen brachte zwar die Behandlung mit 3 Mhz und einer Dosis von 1 Watt cm² Dauerschall zwar Beschwerdelinderung, auf den Nerv selbst wirkte sich die Beschallung jedoch schädigend aus. (Yassi 1997).

Die Behandlung eines Ulcus cruris wirkte sich eine etwa 12 wöchige gepulste Beschallung mit niedrigen bis mittleren Intensitäten zu 50 – 60 % günstig aus. Dabei scheint es egal zu sein, ob die Behandlung der Wundränder als Trockenbeschallung oder als Wasserbeschallung vorgenommen wird (Eibenbichler et al. 1996)

Eindeutige Ergebnisse liefern dagegen Untersuchungen, wie sich der Ultraschall auf die Frakturheilung auswirkt. Dabei wird eindeutig die Frakturheilung von Röhrenkno-

chen beschleunigt, was sich besonders bei verzögerter Kallusbildung (Pseudarthrosen) bewährt. Eine tägliche Behandlung mit gepulstem Schall 0,3 Watt/cm² 20 min. täglich über dem Frakturspalt ist hierfür erforderlich (Rubin C et al. 2001).

Kontraktionen

Nach Draper et al. (1998) kommt es während der Ultraschallbehandlung zu einer zeitweisen Besserung der Gelenkbeweglichkeit

Wundheilung

Ter Riet et al. (1996) haben in ihren Untersuchungen deutlich eine deutlich bessere Abheilung von Dekubitalgeschwüren gefunden.

Callam et al. (1987) fanden ähnliche Ergebnisse: Die Dekubitalgeschwüre heilte um 20 % schneller als bei der Kontrollgruppe. Besonders am Anfang der Behandlung waren bei Callam et al. gute Ergebnisse erzielt wurden.

8.5.4 Kontraindikationen (absolute)

- ▶ Blutgerinnungsstörungen
- ▶ Schwere Osteoporose
- ▶ Fortgeschrittene Arteriosklerose
- ▶ Fieberhaftes Erkrankungsstadium bei bakteriellen Erkrankungen
- ▶ Maligne Tumoren
- ▶ Thrombosen



VORSICHT

Folgende Körperregionen sind von der Beschallung auszuschließen:

- Große Gefäße in der Kniekehle, der Ellenbeuge, der Oberarminnenseite, der Leistenbeuge
- Armplexusbereich und Hals (Ausnahme: Beschallung der Mm. scaleni)
- Subokzipitalbereich
- Ganglion stellatum bei Herzerkrankungen
- Bauch- und Lendenbereich bei schwangeren Frauen
- Herzbereich
- Leber-, Milzbereich
- Epiphysenfugen bei Kindern und Jugendlichen (wegen möglicher Wachstumsstörungen)
- Kopfbereich (Ausnahme: Kiefergelenk)
- Bereiche mit ausgeprägten Varizen

Bei Patienten mit **Herzschrittmachern** kann Ultraschall bis auf einen Mindestabstand von 20–30 cm vom Herzen appliziert werden.

Gebiete mit Metallimplantaten können beschallt werden, wenn die Dosis um 50 % reduziert und in jedem Fall darauf geachtet wird, dass der Schallkopf zügig über die Oberfläche geführt wird, da die **Gefahr stehender Wellen** besteht (s. Kap. 8.5.1).

8.5.5 Nebenwirkungen

Bei Überdosierung (ab 4 W/cm² bei dynamischer und ab 1 Watt bei semistatischer Beschallung) tritt u. U. **Kavitation** auf: Es kommt zur Bildung von Gasbläschen im Gewebe mit nachfolgender Zellzerstörung und Mikroblutungen im Gewebe (Nyborg 2001; Lehmann und deLateur 1982). Lehmann (1971) empfiehlt nicht mehr als 1,2 W/cm² bei dynamischer und nicht mehr als 0,2–0,3 W/cm² bei semistatischer Beschallung (Dauer nur 1–3 min).

McLean und Mortimer (1988) belegen das Kavitationsphänomen ab einer Intensität von 0,7 W/cm² bei statischer Beschallung.



PRAXISTIPP

Beachten Sie immer die von den Herstellern angegebenen Richtwerte für die unterschiedlichen Beschallungsverfahren.

8.5.6 Behandlung

Dosierung

Dosisstufen für Dauerschall und Impulsschall:

- ▶ Niedrige Dosierung: 0,05–0,3 W/cm²
- ▶ Mittlere Dosierung: 0,4–1,2 W/cm²
- ▶ Hohe Dosierung: > 1,2 W/cm²

Die Wahl der Behandlungsintensität richtet sich hauptsächlich nach der Tiefe des erkrankten Gewebes und den Angaben über Halbwertstiefe und Penetrationstiefe.

Je tiefer eine zu behandelnde Struktur liegt und je chronischer ein Krankheitsbild ist, desto größer muss die Dosierung und desto höher die Behandlungsfrequenz sein.

Körperregion	Schallintensität
kleine Gelenke (Finger, Zehen) und oberflächlich gelegene Strukturen (Sehnenscheiden, Sehnenansätze)	0,05–0,3 W/cm ²
mittelgroße Gelenke (Hand-, Fuß-, Knie- oder Schultergelenk, ISG) und Muskulatur	0,3–0,6 W/cm ²
große und tiefgelegene Gelenke (Hüftgelenk)	0,5–1,2 W/cm ²

Nach V. Robertson und A. Ward (1995) sollte bei einer akuten Erkrankungen im Bereich von 0,1 bis 0,5 W/cm², im subakuten Bereich bis 0,8 W/cm² und bei chronischen Erkrankungen zwischen 0,8 bis 3 W/cm² behandelt werden. Dies gilt für Behandlungen eine Beschallung mit 1 Mhz.

Bei der Verwendung von 3 Mhz sollte die Dosis etwas reduziert werden, da hierbei mehr Energiemil Fettgewebe absorbiert wird

Wird mit Impulsschall behandelt, kann die Behandlungszeit um den Faktor des Tastverhältnisses verlängert werden.



PRAXISTIPP

Dosierungsrichtlinien

- Bei **akuten** Erkrankungen ist statt Dauerschall Impulsschall zu wählen. Je akuter die Gewebsstrukturen noch gereizt sind, desto höher ist das Tastverhältnis zu wählen. Um hierbei auf die gleiche Energiemenge zu kommen wie bei Dauerschall, kann die Behandlungsdauer entsprechend verlängert werden: Beim Tastverhältnis 1:1 wäre die Gesamtzeit doppelt so hoch zu wählen. Man könnte aber auch die Intensität doppelt so groß wählen, was aber im Hinblick auf die Gewebsbelastung nicht erlaubt ist.
- Ist bei einer anfänglichen Dosisstufe kein therapeutischer Effekt zu erzielen, sollten Sie primär die Dosis, sekundär erst die Behandlungszeit steigern (**Reizsteigerungsprinzip** nach Callies und Smolensky, 1991).
- Ist eine Besserung der Symptome zu beobachten, bleiben Sie vorerst bei der eingestellten Dosis und Zeit, bis keine nennenswerte Besserung mehr eintritt.
- Ist trotz Steigerung der Dosis keine Besserung zu erzielen, sollte zu einer anderen Methode gewechselt werden, z. B. Laser, Interferenzstrom.

Befindet sich im Behandlungsgebiet eine Osteosynthese, ist in jedem Fall mit Impulsschall zu behandeln.

Behandlungszeit

Für die **dynamische Beschallung** eines Gebiets doppelt so groß wie der Schallkopf (nach Robertson, Wall, Reed 2006) bzw. viermal so groß wie der Schallkopf (nach Edel 1993, Steuernagel 1997) ist die normale Behandlungszeit 5 bis 10 min (Lehmann 1971)

Ist die Behandlungsfläche sehr groß, muss entsprechend länger behandelt werden.

Bei einem Therapieareal von ca. 75–100 cm² (12,5–25 fache Größe eines großen Schallkopfs) bis maximal 15 min (Lehmann, 1971).

Bei **semistatischer Beschallung** wegen der Gefahr der stehenden Wellen nur 3–5 min (Lehmann, 1971).

Häufigkeit der Behandlung

- ▶ Akut: täglich
- ▶ Subakut bis chronisch: 2–3-mal pro Woche

Gesamtbehandlungen

- ▶ Akut: ca. 5 Behandlungen
- ▶ Chronisch: je nach Verordnung des Arztes

Reizpause

Verschlechtern sich die klinischen und subjektiven Symptome, ist die Dosis zu reduzieren oder sogar eine Reizpause von einigen Tagen einzulegen.

8.5.7 Praktische Durchführung

- Kopplungssubstanz auf die Hautoberfläche auftragen. Sie erleichtert den Schallübergang in den Körper und verhindert die Reflexion von Schallwellen, die durch Luftbläschen auf der Oberfläche hervorgerufen werden können. Kopplungssubstanzen können sein: Gele, Emulsionen, Salben, Öle. Am gebräuchlichsten sind Gele.
- Den Schallkopf zügig in kreisförmigen Bewegungen oder in geradlinigen Auf- und Ab-Strichführungen über das Behandlungsgebiet bewegen. Wichtig ist, dabei den Schallkopf nicht zu verkanten, da sonst die meiste Schallenergie an der Hautoberfläche reflektiert wird.

Damit die Haut konstant mit der Kopplungssubstanz bedeckt bleibt, muss diese in regelmäßigen Abständen mit der anderen Hand nachgegeben werden. Wird ein Gel als Kopplungssubstanz benutzt, wird das durch die Schallkopfbewegungen an den Rand gedrängte Gel mit einem Spatel wieder in das Behandlungsgebiet zurückgeführt. Dies erfordert etwas Übung, da dabei beide Hände verschiedene Bewegungen ausführen müssen. (**s. Abb. S. 170**).

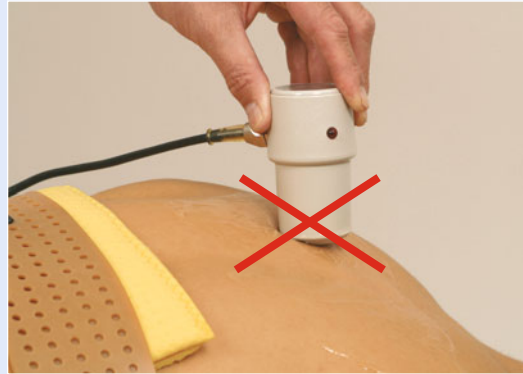
**VORSICHT**

- Der Schallkopf darf nicht angehalten werden, um die Gefahr der stehenden Wellen möglichst gering zu halten.
- Sicherheitshalber sollte in regelmäßigen Abständen (einmal monatlich) die Funktion des Ultraschallkopfs überprüft werden: Wird ein Tropfen Wasser auf den Ultra-

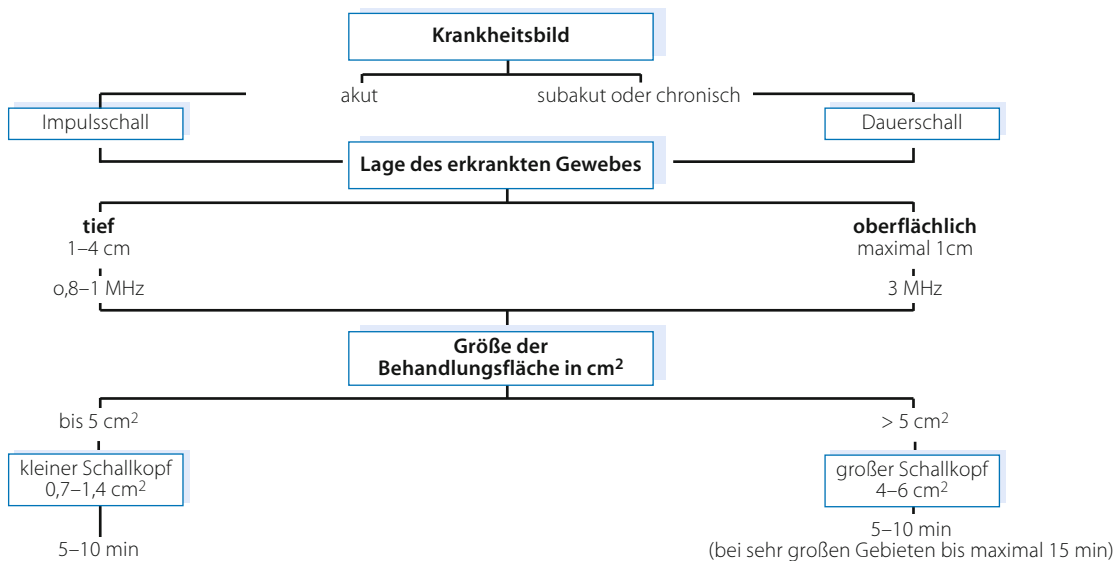
schallkopf gegeben und die Intensität langsam erhöht, muss mit zunehmender Intensität der Wassertropfen zu sprudeln beginnen. Ist dies nicht zu beobachten, ist das Gerät vermutlich defekt.

Praktische Durchführung

Der Schallkopf wird zügig kreisförmig über das Behandlungsgebiet geführt. Die Kopplungssubstanz muss dabei hin und wieder mit einem Spatel nachgeführt werden.

Anlagefehler

Vorsicht: Der Schallkopf darf nicht verkanten!

Vorgehensweise bei der Ultraschallbehandlung

8.6 Laser

8.6.1 Überblick

Laser steht für „Light amplification by stimulated emission of radiation“

Eigenschaften :

- ▶ Laserstrahlung ist monochromatisch, d.h. die Photonen schwingen alle mit derselben Frequenz
- ▶ Laserstrahlung ist zeitlich (die Wellen haben alle die gleiche Phasenlage) und räumlich (alle Wellen gehen in die gleiche Richtung, sind also parallel) kohärent
- ▶ Laserstrahlung wird absorbiert und kann je nach Stärke auch Wärme erzeugen
- ▶ Laserstrahlung kann gebrochen und reflektiert werden.

Von einer Vielzahl verschiedener Lasertypen werden im Bereich der Physiotherapie zwei verwendet:

- ▶ **Helium-Neon-Laser:**
 - Wellenlänge: 632 nm (rotes Licht)
 - Emission: kontinuierlich
- ▶ **Gallium-Arsenid-Laser:** Sie sind kostengünstiger als He-Ne-Laser.
 - Wellenlänge: 904 nm (Infrarotbereich, unsichtbar)
 - Emission: pulsend

Die Leistungen beider Laserarten liegen für die physikalische Therapie zwischen 10 und 500 mW.

Die Anwendungsgebiete sind für beide Laserarten gleich.

Medizinische Laser werden auf Grund ihrer Leistung in drei Gruppen eingeteilt:

- ▶ **Softlaser** mit einer Leistung von 2–10 mW
Anwendung: Kosmetikbereich, als Akupunkturlaser
- ▶ **Midlaser** (Pulslaser) mit einer Leistung von 10–500 mW
Anwendung: im physikalischen Therapiebereich
- ▶ **High-Power-Laser** mit Leistungen über 1 W
Anwendung: im chirurgischen Bereich zur Entfernung von Gewebe

In der Physiotherapie kommen meist die Midlaser zur Anwendung, deren Strahlungsintensität bei ca. 30–70 mW liegt. Am Gerät selbst lassen sich je nach Gerät meist nur Frequenz und Behandlungszeit einstellen.

Bedienelemente eines Softlasergeräts

- ▶ **Lasergriffel bzw. Laserstift:** wird für kleine Behandlungsgebiete (unterhalb 5 cm²) benutzt. Er besitzt eine sehr kleine Abstrahlungsfläche. Mit ihm können punktuelle

Behandlungen (z. B. an Schmerzpunkten) oder kleine Gebiete mit Strichführung behandelt werden.

- ▶ **Handkontaktschalter:** befindet sich am Lasergriffel bzw. Laserstift. Mit ihm kann der Laser eingeschaltet werden.
- ▶ **Anschluss für Lasergriffel bzw. Laserstift**
- ▶ **Testdiode:** Der Lasergriffel bzw. -stift wird vor Behandlungsbeginn auf eine Testdiode gehalten. Es ertönt ein akustisches Signal, wenn der Laserstrahl aktiv ist.
- ▶ **Frequenzwahltaste** (bei Pulslaser)
- ▶ **Zeitwahltaste**
- ▶ **Ein-/Ausschalter:** bei Midlaser mit höherer Leistung als **Schlüsselschalter** bezeichnet
- ▶ **Clusterelektroden oder Scanner:** werden zur Behandlung großer Gebiete verwendet. Sie besitzen mehrere Laserdioden auf ihrer Behandlungsfläche.

Lasergerät



Lasergerät ① mit Lasergriffel bzw. Laserstift ②

VORSICHT

Schutzmaßnahmen

Die Leistungen der Midlaser fallen in die **Laserklasse 3b** und bergen **erhebliche Gefahren!** Sie dürfen nur von speziell ausgebildetem Personal betrieben werden. Ein Laserschutzbeauftragter muss schriftlich bestellt werden, Schutzbrillen sind zu tragen, Warningschilder und Leuchten sind anzubringen, Schlüsselschalter sind vorgeschrieben, etc. (nachzulesen in „Bundesgesundheitsblatt 30, Nr. 1: Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Strahlenrisiken bei der Anwendung von Soft- und Midlasern, BGA 87“)

8.6.2 Spezifische Wirkungen

► Entzündungshemmung

Goldmann (1980) untersuchte 30 Patienten mit beidseitiger rheumatoider Arthritis an den Händen. Jeder Patient wurde an einer Seite bestrahlt, auf der anderen Seite nur mit abgeschaltetem Laser behandelt. Beide Seiten zeigten Besserung, bei der bestrahlten Gruppe jedoch war die Besserung deutlicher.

► Schmerzlinderung

England (in: Therapie mit Ultraschall, Knoch und Knauth, 1991) untersuchte die Wirkung der Laserbehandlung bei Supraspinatus- und Bizepsstendinitis im Vergleich mit der traditionellen Spritzen Therapie und fand bei den laserbehandelten Patienten eine signifikante Schmerzlinderung sowie eine Verbesserung der Beweglichkeit.

Krötlinger (1977) und de Min et al. (1986) untersuchten unabhängig voneinander den Effekt auf Akupunkturpunkte und stellten fest, dass die gleichen Wirkungen auftraten wie mit Akupunktur nadeln.

► Beschleunigung der Wachstumsgeschwindigkeit von verletzten Nerven

► Zunahme der Reepithelisierung der Haut

Mester (1985) überprüfte den Einfluss von Laser auf schlecht oder nicht heilende Ulzera. Es zeigte sich eine Zunahme von Kollagenfasern, die sich in einer erhöhten Zugbelastung der Wunde äußerte. Des Weiteren wurde eine Zunahme von Prostaglandinen und eine verbesserte Blutzirkulation nachgewiesen. In der Wundflüssigkeit ließ sich eine Erhöhung aller Proteinfaktionen nachweisen.

► Beschleunigung der Regeneration von arteriellen, venösen und lymphatischen Gefäßen

Lievens (1985) untersuchte den Einfluss des Lasers auf das Lymphsystem. Es wurde eine 6-mal höhere Regenerationsgeschwindigkeit von verletzten Gefäßen beobachtet. Außerdem konnte die Aufnahmekapazität gesunder Lymphgefäße deutlich gesteigert werden, was den guten resorbierenden Effekt bei der Behandlung von Schwellungen erklärt.

Kokino et al. (1986) untersuchte die Abheilung von Sehnenrissen bei Ratten. Eine Kontrollgruppe wurde nicht mit Laser behandelt. Bei der bestrahlten Gruppe bildete sich bereits sehr früh ein Granulationsgewebe, bei der Kontrollgruppe hingegen war keine Fibroblastenaktivität zu verzeichnen.

► Aktivierung der Bildung neuer Blutkörperchen im Knochenmark

► Beschleunigung der Ödemresorption

Die spezifischen Wirkungen beruhen auf allgemeinen Effekten:

- Stimulierung der Freisetzung von anabolen Substanzen (Autacoiden) wie Histamin, Serotonin und Bradykinin
- Beschleunigung der Synthese von ADP zu ATP
- Stimulierung der Fibroblastenbildung
- Stimulierung der Zellteilung

8.6.3 Indikationen

- Transplantationswunden, postoperative Wunden, Brandwunden
- Narben
- Dekubitus
- Ulcus cruris
- Herpes zoster
- Herpes simplex
- Bursitis
- Tendinitis, Tendovaginitis, Tendosynovitis
- Teiltraktur von Sehnen
- Muskelfaserrisse, Muskelzerrungen
- Bänderzerrungen, Bänderupturen
- Hämatome
- Ödeme
- Distorsionen
- Kontusionen
- Verzögerte Kallusbildung
- Rheumatoide Arthritis
- Arthrosen
- Neuralgie
- Neuritis

Evidenz basierte Wirksamkeitsnachweise

► Ulcus cruris

Flemming et al. (1999) konnten in randomisierten Studien nachweisen, dass bei reiner Anwendung von Soft Laser keine nennenswerte Besserung brachte. Die Kombination von Softlaser jedoch mit Infrarot führte zu einer signifikanten Beschleunigung der Ulcusheilung.

► Rheumatoide Arthritis

Hier sind in der Literatur sehr viele Hinweise zu finden, die sowohl im Hinblick auf Schmerzreduktion, Mobilität und Verkürzung der Morgensteifigkeit eindeutig positive Ergebnisse zeigen (Marks und de Palma 1999)

► Tennisellenbogen

Hier sind die Untersuchungsergebnisse leider sehr unterschiedlich. Positive Wirkung wiesen Vasseljen et al. (1992) mit einem Gallium – Arsenid Softlaser nach, während Basford et al. (2000) negative Ergebnisse erzielten.

Bei Chondropathia patellae und Distorsionen des Sprunggelenks wurden bislang kein positives Ergebnis mit Softlaser gefunden (Crossley et al. 2001).

Chronische Gelenkbeschwerden können nach mehrwöchigen Behandlungen deutliche Besserungen in symptomatischer Hinsicht festgestellt werden (Bjorndal et al. 2003).

In vielen Fällen von **HWS und LWS – Schmerzsyndromen** konnten subjektive Beschwerden nach Ozdemir et al. (2001); Soriono und Rios (1998) verbessert werden.

Untersuchungen beim **Karpaltunnelsyndrom** zeigten, dass bei punktueller Behandlung des N. medianus an mehreren Stellen die Symptome deutlich reduziert werden konnten (Weintraub 1997).

Ödeme nach Distorsionen wie z. B. das **Supinationstrauma** sowie **Lymphödeme** nach Mastektomie sprechen sehr gut auf die Lasertherapie an, es konnten signifikante Reduktionen der Ödeme erzielt werden, die auch Wochen nach der Therapie noch anhielten (Stergioulas 2004).

Sehr gute Erfolge ließen sich auch bei **M. Raynaud** an Händen und Füßen erzielen. Hierbei wurden Handflächen oder Fußsohlen direkt behandelt. Nach 3 Monaten war die Verbesserung immer noch deutlich laut Patientenaussage zu spüren (Al-Awami et al. 2004).

8.6.4 Kontraindikationen (absolute)

- ▶ Tumoren (benigne und maligne)
- ▶ Bestimmte Körperregionen:
 - Augen
 - Schilddrüse
 - Hodenbereich
 - Epiphysenfugen bei Kindern
- ▶ Herzschrittmacher

8.6.5 Applikationsformen

- ▶ **Punktuelle statische Behandlung:** Der Lasergriffel wird auf eine punktförmige Stelle aufgesetzt und nicht bewegt. Bei etwas größerem Behandlungsgebiet müssen entsprechend viele Punktbehandlungen durchgeführt werden. Dazu muss die Abstrahlungsfläche der Laserdiode bekannt sein (siehe technische Daten des Geräts).
- ▶ **Lokale Strichführung mit dem Laserstift:** Der Laserstift wird linear über das Behandlungsgebiet gestrichen. Er sollte senkrecht zur Oberfläche geführt werden, um eine möglichst große Eindringtiefe zu erreichen.

8.6.6 Behandlung

Dosierung

Wichtig für eine optimale Dosierung (J/cm^2) ist die Kenntnis folgender Parameter:

- ▶ Durchschnittsleistung des Lasers
- ▶ Konstante Leistung oder Leistung in Pulsform. Dazu muss die Pulsdauer (Angabe in ns) und die Frequenz (Angabe in Hz) bekannt sein.
- ▶ Effektive Abstrahlfläche des Lasers (ist nicht gleichzusetzen mit dem Diodendurchmesser, da der Laserstrahl etwas divergieren kann).



VORSICHT

Dosierung

- Lasergeräte besitzen keine Tasten, mit denen man die Dosierung einstellen könnte. Sie sollten daher unbedingt – wenn vorhanden – die Angaben des Herstellers befolgen. Sie können auch, insbesondere wenn Angaben zur Dosierung im Herstellerhandbuch fehlen, die individuelle Dosis anhand des Rechenbeispiels von S. 174 auch selbst berechnen.
- Die Dosierung kann je nach Hersteller etwas variieren.

Zur Orientierung sind in den beiden nachfolgenden Tabellen die Dosierungsangaben für verschiedene Indikationen und Wirkungen aufgelistet:



PRAXISTIPP

Der Patient fühlt bei der Laseranwendung keinerlei Wärme oder sonstige sensible Erscheinungen.

Individuelle Berechnung der Dosierung

Um eine individuelle, auf den Patienten zugeschnittene Dosierung vornehmen zu können, geht man nach folgendem Verfahren vor:

Wirkungsspezifische Dosierungsrichtlinien nach Danhof (1990)	
analgetischer Effekt an Muskulatur	2–4 J/cm^2
analgetischer Effekt an Gelenken	4–8 J/cm^2
entzündungshemmender Effekt	4–8 J/cm^2
trophischer Effekt	3–6 J/cm^2
Diese Werte können bis zu 15 J/cm^2 erhöht werden, je nach Reaktion des Patienten (vgl. Dosierungsstrategie Ultraschall, Kap. 8.5)	

Indikationsabhängige Dosierungsrichtlinien nach Koel, Moolenaar (1989) und Castel (1986) mit Softlaser

Haut:	
Transplantationswunden, postoperative Wunden, Brandwunden	0,05–1 J/cm ²
frische Narben	0,1–0,5 J/cm ²
ältere Narben	3–6 J/cm ²
Dekubitus, Ulcus cruris	0,1–2 J/cm ²
Herpes zoster, Herpes simplex	0,4–0,7 J/cm ²
Weichteile:	
Bursitis	0,5–2 J/cm ²
Tendinitis, Tendosynovitis	0,5–4 J/cm ²
Teilruptur von Sehnen	0,5–3 J/cm ²
Muskelfaserrisse, Muskelzerrungen	0,5–3 J/cm ²
Bänderzerrungen, Bänderupturen	0,5–3 J/cm ²
Hämatome	0,1–0,2 J/cm ²
Ödeme	0,1–1,5 J/cm ²
Knochen und Gelenke:	
Distorsionen, Kontusionen	0,5–2 J/cm ²
verzögerte Kallusbildung	0,5–2 J/cm ²
rheumatoide Arthritis	0,5–3 J/cm ²
Arthrosen	0,1–4 J/cm ²
Nerven:	
Neuralgie	0,05–0,8 J/cm ²
Neuritis	0,05–0,5 J/cm ²

Berechnung der Behandlungszeit

Die Behandlungszeit in s ergibt sich:

Beispiel: akute Epikondylitis

- Ziel: die Schmerzlinderung und die Entzündungshemmung. Die Tabelle gibt dafür eine Dosis von 4 J/cm² an.

$$\frac{\text{benötigte Dosis} \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right] \cdot \text{Behandlungsfläche} [\text{cm}^2] \cdot 1000}{\text{Laserleistung} [\text{mW}]}$$

- Die Behandlungsfläche beträgt 2 cm².
- Der Helium-Neon-Laser: konstant Leistung von 7 mW.

Für die Behandlungszeit ergibt sich damit:

$$\text{Behandlungszeit} [s] = \frac{4 \cdot 2 \cdot 1000}{7} \approx 1143 \text{ s} \approx 19 \text{ Minuten}$$

Berechnung der Durchschnittsleistung eines Lasers

Ein gepulster Diodenlaser liefert sein Licht in Form von extrem kurzen aufeinanderfolgenden Blitzen.

Um obige Formel anwenden zu können, muss vorher seine Durchschnittsleistung in mW berechnet werden. Es gilt:

durchschnittliche Laserleistung in mW:

$$\frac{\text{Spitzenleistung} [\text{W}] \cdot \text{Impulsdauer} [\text{ns}] \cdot \text{Frequenz} [\text{Hz}]}{1.000.000}$$

Beispiel:

Gepulster Diodenlaser mit folgenden Daten:

- Spitzenleistung: 40 W
- Impulsdauer: 200 ns
- Frequenz: 2000 Hz

Daraus ergibt sich:

$$\text{Durchschnittsleistung} = \frac{40 \cdot 200 \cdot 2000}{1.000.000} = 16 \text{ mW}$$

Eingesetzt in die Formel zur Berechnung der Behandlungszeit ergibt sich:

$$\text{Behandlungszeit} [s] = \frac{4 \cdot 2 \cdot 1000}{16} \approx 500 \text{ s} \approx 8,3 \text{ Minuten}$$

Häufigkeit der Behandlung

- **Akut:** täglich
- **Subakut und chronisch:** 2–3-mal pro Woche
- **Gesamtbehandlungen:** je nach Verordnung des Arztes
- **Reizpause:** Ist nach 1–2 Wochen keine Besserung eingetreten, muss eine Reizpause von 10–15 Tagen erfolgen oder eine andere elektrotherapeutische Applikationsform (z. B. Ultraschall, Hochfrequenz etc.) angewendet werden.

8.6.7 Praktische Durchführung

1. Gerät einschalten.
2. Funktionstest des Lasers: Laserstift mit Abstrahlungsfläche auf Testdiode richten und Intensität durch Drücken des Einschaltkontakts am Griffel einschalten. Wenn der Laser Leistung abgibt, ertönt ein Piepen.
3. Laserstift senkrecht auf die Körperoberfläche aufsetzen und das Behandlungsgebiet in Strichführung abtasten. Die Bewegungsgeschwindigkeit ist ähnlich wie bei Beschallung mit einem Ultraschallkopf (vgl. Kap. 8.5).
Wird eine punktuelle Behandlung eines Triggerpunkts oder eines Akupunkturpunkts vorgenommen, bleibt man senkrecht auf der entsprechenden Stelle stehen.
4. Alle Lasergeräte besitzen eine Zeitschaltuhr, die automatisch die Behandlung am Ende der Behandlungszeit unterbricht.

Behandlung – diagnoseorientiert

Werner Wenk

- 9.1 Einführung – 180
- 9.2 Unterschenkel und Fuß – 181
- 9.3 Knie – 191
- 9.4 Hüfte – 200
- 9.5 LWS und Beckenregion – 206
- 9.6 BWS und Brustkorb – 220
- 9.7 HWS und Schultergürtel – 226
- 9.8 Schultergelenk und Oberarm – 234
- 9.9 Ellenbogen und Unterarm – 246
- 9.10 Hand und Finger – 252
- 9.11 Muskelerkrankungen – 264
- 9.12 Arterielle Gefäßerkrankungen – 267
- 9.13 Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe – 269
- 9.14 Erkrankungen des Nervensystems – 272

9.1 Einführung

Es ist recht schwierig, für die Behandlung einer Erkrankung die optimale elektrotherapeutische Methode zu finden, wenn in der Verordnung des Arztes keine klare Vorgabe über die zu verwendende Anwendungsform angegeben ist.

Hinweise zum Aufbau eines Kapitels

In diesem Kapitel wird daher zu jedem Krankheitsbild als erstes diejenige Anwendungsform genannt, die nach den aktuellen Erkenntnissen die **höchste Erfolgsquote** verspricht. Die anderen ebenfalls sinnvoll anwendbaren Verfahren folgen in absteigender Reihenfolge der Erfolgsaussichten. Sind zu einem Verfahren **Alternativen** angegeben, so sind diese in ihrer Wirkung gleichwertig zu dem genannten Verfahren.

So kann der Therapeut aus den beschriebenen Verfahren, einschließlich der Alternativen – unter Berücksichtigung seiner Geräteausrüstung – dasjenige herausuchen, das für den Patienten am besten geeignet ist.



PRAXISTIPP

- Um einen **größtmöglichen Effekt** zu erzielen, können Sie jeweils **zwei** von den aufgeführten elektrotherapeutischen Maßnahmen in einer Sitzung miteinander kombinieren oder beide Methoden abwechselnd von Sitzung zu Sitzung anwenden. Es empfiehlt sich, eine reine Stromapplikation mit einem anderen Verfahren, wie z. B. Laser, Ultraschall oder Hochfrequenz zu kombinieren.
- Bei **starken Schmerzen** kann mit einem stochastischen Impulsstrom (z. B. TENS 10–30 Hz, Impulsgalvanisation Typ FM) zusätzlich oder einleitend für 5–10 min behandelt werden.
- **Abgeschwächte Muskulatur** sollte zusätzlich für 5–10 min mit einem muskelstimulierenden Strom in bipolarer oder monopolarer Technik (**vgl. Kap. 4.2.3**) behandelt werden, z. B. mit bipolarem Interferenzstrom 1–50 Hz alternierend, neofaradischem Schwellstrom oder diadynamischen Strömen.

Die dargestellten Krankheitsbilder sind nach ihrer Praxisrelevanz ausgewählt. Auf **seltene Indikationen** (s. **Anhang**) für die Elektrotherapie, z. B. Inkontinenz von Blase und Darm, Laktationsstörungen, Otitis media,

Adnexitis, Neuritis, Cholezystitis, Prostatitis oder Angina pectoris, wird hier bewusst verzichtet.

Die Behandlung dieser Erkrankungen gehört in die Hände erfahrener Therapeuten, die sich jahrelang mit diesen speziellen Problematiken beschäftigt haben.

Reihenfolge der Kapitel

Die Krankheitsbilder sind nach Körperregionen sortiert. Sie werden in der Reihenfolge von unten nach oben dargestellt.

Behandlungszeiten und Dosierungsstufen

Die angegebenen **Behandlungszeiten** und **Dosierungsstufen** sind als **Richtwerte** zu verstehen. Es wurden jeweils Mittelwerte aus den in der gängigen Literatur empfohlenen Behandlungszeiten und Dosierungsstufen gebildet, die leider oft stark divergieren.

Sind Zeit- und Dosierungsbereiche genannt („von...bis...“), wird die Behandlung bzw. Dosierung mit dem kleinsten genannten Wert begonnen und – je nach Besserung der Symptome – bis zum maximalen Wert gesteigert.

Lasertherapie: Auch hier sind Dosis- und Zeitangaben nur Richtwerte. Im Gerätehandbuch des Herstellers sollte immer nachgeschlagen werden, ob dort genaue Angaben zu Dosis und Behandlungszeit zu finden sind. Gegebenenfalls müssen die genaue Behandlungszeit und Dosis anhand der angegebenen technischen Daten selbst berechnet werden, wie bei der Behandlung mit Laser in **Kap. 8.6** erklärt.

Hinweis zur Hochfrequenz

Bei Anwendung von hochfrequenten Verfahren (Kurzwellen, Mikrowellen, Dezimeterwellen) ist der zu wählende **Elektrodenabstand** abhängig von der Tiefe des Krankheitsherdes.

Hinweis zu Ultraschall

Bei den Kombinationsverfahren (Simultanverfahren, Ultraphonophorese) gelten grundsätzlich immer auch die Parameter der reinen Ultraschallbehandlung.

Hinweis zur Lagerung

Aus fototechnischen Gründen wurde auf ein Laken über der Behandlungsbank verzichtet. In der Praxis ist die Bank aber immer mit einem Laken zu versehen!

9.2 Unterschenkel und Fuß

9.2.1 Sprunggelenksarthrose

Erläuterung

Bei der Sprunggelenksarthrose kommt es zu einer Degeneration des Gelenkknorpels als Folge von Über- bzw. Fehlbelastung des Gelenks oder als Spätfolge nach Sprunggelenksfrakturen.

Symptome

- ▶ Schmerzen beim Gehen und Stehen
- ▶ Eingeschränkte Beweglichkeit im Sprunggelenk

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Normale Beweglichkeit

Lagerung

- ▶ Rückenlage, Knie mit Rolle unterlagert
- ▶ Sitz auf Behandlungsbank, Fuß auf einen Hocker gestellt

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung im Kondensatorfeld. Zwei Kondensatorplatten werden medial und lateral des Sprunggelenks platziert.
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

2. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Rundfeldstrahler von ventral über dem Sprunggelenk
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

3. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** Wasserbeschallung oder, wenn nicht möglich, lokale Beschallung rund um das obere Sprunggelenk

- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

3a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (3.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugs- und Kathode am dorsalen Unterschenkel
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugs- und Kathode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ulrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5**)

4. Achtpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei „T“-Kissenelektroden an der Innen- und Außenseite des Sprunggelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Quer- oder Diagonaldurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden. Je eine medial und lateral des Sprunggelenks bei Querdurchströmung; eine von ventral auf dem Sprunggelenk, die andere unter der Ferse bei Diagonaldurchströmung.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

5. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung entlang des Gelenkspalts
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

4. Achtpoliger Interferenzstrom



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

1. Kurzweile



Behandlung einer Sprunggelenksarthrose im Kondensatorfeld

4a. Bipolarer Interferenzstrom



Diagonaldurchströmung des Sprunggelenks (zwei Plattenelektroden)

3a. Simultanverfahren



Die Bezugselektrode wird am Unterschenkel von dorsal befestigt.

5. Laser



Laserbehandlung am Sprunggelenk

9.2.2 Achillodynie

Erläuterung

Achillodynie ist eine Reizung der Achillessehne infolge von Überbelastung, meist durch sportliche Aktivität.

Symptome

- ▶ Schmerzen beim Gehen, Springen, Treppensteigen
- ▶ Druckschmerz im Bereich des Achillessehnenansatzes

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

Bauchlage, Rolle unter dem Fußrücken

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung über der Achillessehne
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung der Achillessehne von dorsal, medial und lateral bis zum Übergang in den M. gastrocnemius mit kleinem Schallkopf
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Schallfrequenz:** Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, ist abwechselnd mit den Schallfrequenzen 1 MHz und 3 MHz zu beschallen.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode auf der distalen Wade
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ulrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min

- diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP
- Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination Ultraphonophorese und

Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2). Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5)

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokusstrahler oder Rundfeldstrahler über der Achillessehne
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

4. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden, wobei die kleinere auf der Achillessehne fixiert wird.
- ▶ **Polung an der differentiellen Elektrode:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.

- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

1. Laser



Laserbehandlung der Achillessehne

2a. Simultanverfahren



Die Bezugselektrode wird auf der distalen Wade befestigt.

3. Mikrowelle



Bestrahlung der Achillessehne (Minifokusstrahler)

4. Iontophorese



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

9.2.3 Distorsionen und Kontusionen des Sprunggelenks

Erläuterung

Bei Distorsionen (Supinations- oder Pronationstraumen mit Bänderbeteiligung) handelt es sich um plötzliche, gewaltsame Dehnungen im Bereich des Gelenks. Bei Kontusionen wirkt eine stumpfe Gewalt direkt auf das Gelenk ein.

Symptome

- ▶ Schwellung infolge Ödem- bzw. Hämatombildung
- ▶ Schmerzen
- ▶ Bewegungseinschränkung des Gelenks

Behandlungsziele

- ▶ Ödem- bzw. Hämatomresorption
- ▶ Schmerzfreiheit

Lagerung

Rückenlage, Knie mit Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier kleine Saugelektroden; zwei medial und lateral oberhalb des Sprunggelenks, zwei medial und lateral am Fuß unterhalb des Sprunggelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** zweipolig, Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden lateral und medial des Sprunggelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1b. Achtpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** achtpolig, Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Kissenlektroden Typ „T“ lateral und medial des Sprunggelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung des traumatisierten Gebiets.
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am distalen Ende der Wade
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz alternierend
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit $0,2 \text{ W/cm}^2$ Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5)

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** je eine Plattenelektrode medial und lateral des Sprunggelenks
- ▶ **Polung:** Kathode auf schmerzhaftere Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und bei starken Schmerzen zusätzlich 2–3 min LP

▶ Stromformen (Alternativen):

- Ultraschallstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
- Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–15 min

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** $0,5\text{--}2 \text{ J/cm}^2$. Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit $0,2\text{--}2 \text{ J/cm}^2$ behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

5. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden, je eine medial und lateral des Sprunggelenks
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption eines Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

2a. Simultanverfahren



Beispiel Supinationstrauma: Die Bezugselektrode wird mit dem Eigengewicht des Fußes fixiert, die betroffene Außenseite beschallt.

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Das Behandlungsgebiet liegt im Kreuzungspunkt der vier Saugelektroden.

3. Diadynamische Ströme



Querdurchströmung des Sprunggelenks: Die hervorstehenden Knöchel werden mit einem wasserfesten Pflaster abgedeckt, damit es dort zu keinen Verätzungen kommen kann.

9.2.4 Complex regional pain syndrome I (CRPS I) im Bereich des Fußes

Erläuterung

Das **Complex regional pain syndrome I** (syn. Sudecksche Dystrophie, Morbus Sudeck, sympathische Reflexdystrophie, Algodystrophie) entsteht infolge eines dystrophieauslösenden Reizes, der über den Sympathikus vermittelt wird: Diese vegetativen Regulationsstörungen zeigen sich vor allem als Entgleisungen der lokalen Steuerung der Gefäßmuskulatur. Zu diesem Syndrom kann es nach jeder Arm- oder Beinverletzungen kommen, häufig nach Frakturen (hier im Sprunggelenkbereich). Die Pathogenese ist unbekannt.

Das Complex regional pain syndrome I läuft in drei Stadien ab:

Stadium I: akutes Stadium

Stadium II: dystrophisches Stadium (Ernährungsstörung)

Stadium III: Stadium der Atrophie (Schwund von Gewebe)

Symptome

s. Kap. 9.9.1, CRPS I im Bereich des Arms

Behandlungsziele

s. Kap. 9.9.1, CRPS I im Bereich des Arms

Lagerung

► Direkte Behandlung

- Rückenlage: Knie mit Rolle unterlagert
- Sitz: auf Stuhl mit Lehne, Fuß in einer Fußwanne (hydrogalvanisches Teilbad und Wasserbeschallung)

► Direkte Behandlung

- Bauchlage

Elektrotherapeutische Verfahren (Stadium I bis III)

Indirekte Behandlung des Fußes über die sympathischen Ganglien der LWS

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- **Applikationsform:** lokale Anwendung
- **Elektrodenart und -platzierung:** vier Saugelektroden symmetrisch auf der LWS verteilt. Die zu einem Stromkreis gehörenden Kabel (gleiche Kabelfarbe) werden diagonal gegenüber liegend befestigt.
- **Modulationsfrequenz:** 100 Hz
- **Behandlungszeit:** 5–10 min

2. Diadynamische Ströme

- **Applikationsform:** monosegmentale Querdurchströmung oder multisegmentale Längsdurchströmung
- **Elektrodenart und -platzierung:** kleine Bugelektroden bei monosegmentaler Querdurchströmung (alternativ auch zwei Platten- oder Handschuhelektroden), große Bugelektroden bei multisegmentaler Längsdurchströmung
- **Polung:** Kathode auf betroffener Seite
- **Behandlungszeit:** 3 min DF pro Segment bei monosegmentaler Querdurchströmung, 6–12 min bei multisegmentaler Längsdurchströmung

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Indirekte Behandlung des Fußes über die sympathischen Ganglien der LWS mit vierpoligem Interferenzstrom.

2. Diadynamische Ströme



Monosegmentale Querdurchströmung der lumbalen sympathischen Ganglien zur Dämpfung des Sympathikus (indirekte Behandlung).

2. Diadynamische Ströme (Fortsetzung)



Monosegmentale Querdurchströmung: Alternative mit zwei Handschuhelktroden links und rechts der LWS



Multisegmentale Längsdurchströmung der lumbalen sympathischen Ganglien zur Dämpfung des Sympathikus.

2a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden medial und lateral des betroffenen Gebiets
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

3. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** dynamische Wasserbeschallung
- ▶ **Schalldosis:**
 - Stadium I und II: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
 - Stadium III: 0,1–0,3 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - Stadium I und II: 3–5 min
 - Stadium III: 5–10 min

1. Achtpoliger Interferenzstrom



Querdurchströmung des Sprunggelenks mit Kissenelktroden Typ „T“ (direkte Behandlung)

Direkte Behandlung des Fußes

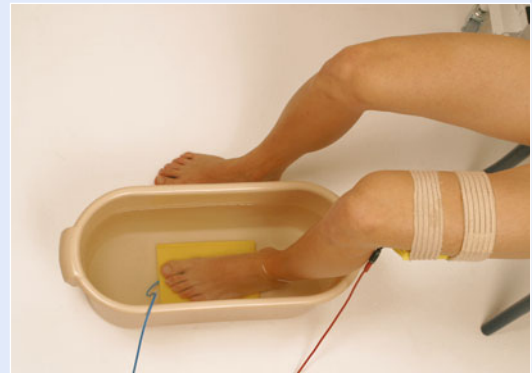
1. Achtpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei „T“-Kissenelktroden medial und lateral des Sprunggelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

2. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad), kühl temperiert
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden; eine im Wasser, die andere am dorsalen Unter- oder Oberschenkel
- ▶ **Polung:** Kathode im Wasser, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Behandlungszeit:** 6–12 min DF

2. Diadynamische Ströme



Hydrogalvanisches Teilbad bei CRPS I am Fuß. Eine große Bezugselektrode wird am Oberschenkel von dorsal fixiert.

3. Ultraschall



Subaquale Beschallung des Fußes bei CRPS I

9.2.5 Kompartiment-Syndrom

Erläuterung

Beim Kompartiment-Syndrom (syn. Tibialis-Logen-Syndrom) kommt es durch Ansammlung von Gewebehflüssigkeit und/oder Blut innerhalb der Muskelloge zu einem enormen Druckanstieg, der zu einer ischämischen Schädigung des betroffenen Muskels sowie benachbarter Nerven führen kann.

Symptome

- ▶ Schmerzen
- ▶ Lähmungserscheinungen, eventuell sensible Ausfälle
- ▶ Bindegewebige Umwandlung des Muskels mit nachfolgender Kontraktur als Spätfolge

Hinweis: Die Elektrotherapie kann prophylaktisch und bei beginnender Symptomatik eingesetzt werden. Bei voll ausgeprägter Symptomatik ist eine Operation unumgänglich. Postoperativ ist die Elektrotherapie sinnvoll zur Vermeidung eines postoperativen Ödems und zur Verhinderung eines Rezidivs.

Behandlungsziele

- ▶ Ödem- bzw. Hämatomresorption
- ▶ Schmerzfreiheit

Lagerung

Rückenlage, Kniekehle mit Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Bügelelektrode oder zwei große Plattenelektroden bipolar direkt auf den Muskelbauch
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min CP

2. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Platten- oder Saug-elektroden auf den Muskelbauch
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

3. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung entlang der Muskelfaserrichtung
- ▶ **Dosis:** 0,1–0,2 J/cm² bei Hämatom; 0,1–1,5 J/cm² bei Ödem
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

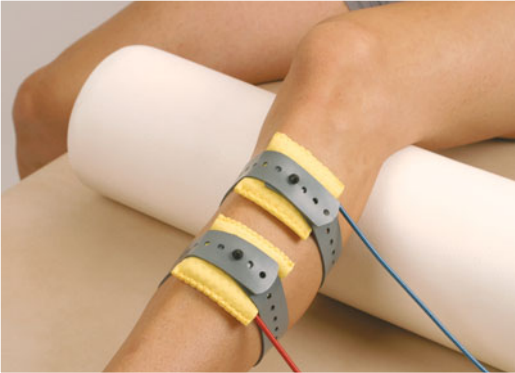
4. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung des Muskelbauchs
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,4 W/cm² Impulsschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

4a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (4.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am dorsalen Oberschenkel
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromform:** diadynamische Ströme
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min CP

1. Diadynamische Ströme



Behandlung eines Kompartment-Syndroms in der Tibialisloge mit diadynamischen Strömen

4a. Simultanverfahren



Beschallung eines Kompartment-Syndroms in der Tibialisloge in Kombination mit diadynamischen Strömen

2. Bipolarer Interferenzstrom



Behandlung eines Kompartment-Syndroms in der Tibialisloge mit bipolarem Interferenzstrom

9.2.6 Seltene Logensyndrome

Die folgenden selteneren Logensyndrome werden mit den gleichen Verfahren behandelt, wie das Kompartment-Syndrom:

- ▶ **Tibialis posterior-Logensyndrom**
- ▶ **Tiefes hinteres Logensyndrom**
(Zehenflexoren – M. soleus)
- ▶ **Oberflächliches dorsales Logensyndrom**
(M. triceps surae)
- ▶ **Laterales Logensyndrom** (Mm. peronei)

3. Laser



Laserbehandlung des M. tibialis anterior bei Kompartment-Syndrom

9.3 Knie

9.3.1 Gonarthrose

Erläuterung

Der Begriff Gonarthrose bezeichnet degenerative Veränderungen des Knorpels im Bereich des Kniegelenks.

Symptome

- ▶ Ruheschmerz
- ▶ Bewegungsschmerz

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit
- ▶ Verbesserung der Durchblutung

Lagerung

- ▶ Auf einem Stuhl mit Lehne oder
- ▶ Langsitz auf der Behandlungsbank, Bankteil hochgestellt, Knie mit einer Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Kurzweile

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung im Kondensatorfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei mittelgroße Kondensatorplatten an der Innen- und Außenseite des Kniegelenks
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min
- ▶ **Alternative Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Diplole über dem Knie
- ▶ **Dosisstufe und Behandlungszeit:** s. Kondensatorfeld

1a. Dezimeterweile

- ▶ **Applikationsform:** Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** dynamische Beschallung des Kniegelenkspalts, umkreisen des Patellarands bei ca. 30–60° flektiertem Kniegelenk
- ▶ **Schalldosis:**
 - akuter Reizzustand: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min



VORSICHT

Die Kniekehle wird wegen der Nerven- und Gefäßverläufe nicht beschallt.

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Eine Plattenelektrode als Bezugselektrode oberhalb der Kniekehle mit Gummiband oder mit dem Eigengewicht des Beins auf der Unterlagerungsrolle fixieren.
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei kleine Saugelektroden lateral und medial des Kniegelenks
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden werden rund um das Kniegelenk platziert.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung im Bereich des Kniegelenkspalts und kurz oberhalb der Patella (durch die starke Beugung wird ein Teil der Femurkondylenfläche frei)
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

1. Kurzweile



Behandlung einer Gonarthrose im Kondensatorfeld (zwei Kondensatorplatten)



Alternative Behandlung einer Gonarthrose im Spulenfeld (Diplole)

1a. Dezimeterwelle



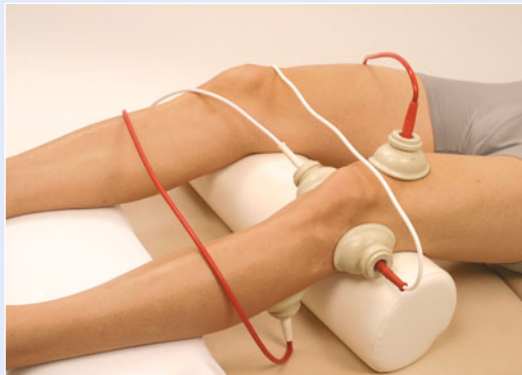
Behandlung des Kniegelenks (Rundfeldstrahler)

2a. Simultanverfahren



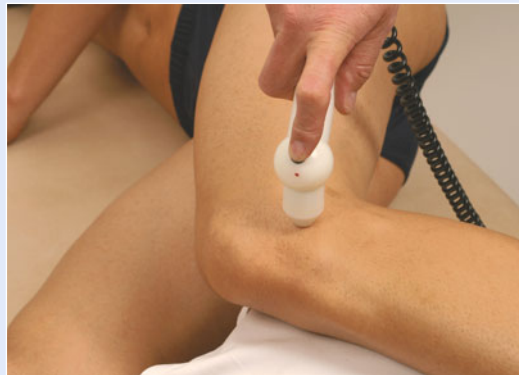
Simultanverfahren am Kniegelenk: Die Bezugselektrode wird durch das Eigengewicht des Beins befestigt.

3. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung des Kniegelenks mit vierpoligem Interferenzstrom

4. Laser



Laserbestrahlung des lateralen Kniegelenkspalts

9.3.2 Chondropathia patellae

Erläuterung

Chondropathia patellae (syn. Retropatellararthrose, retropatellare Chondromalazie) ist ein Knorpeldefekt auf der Rückseite der Patella, der meist durch Fehlbelastung des retropatellaren Gleitlagers bei Lateralisierung der Patella entsteht.

Symptome

Schmerz rund um die Patella, besonders beim Treppensteinen, Rad fahren, in die Hocke gehen

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Medialisierung der Patella

Lagerung

- ▶ Sitzen auf einem Stuhl mit Lehne oder
- ▶ Langsitz auf der Behandlungsbank, Bankteil hochgestellt, Knie mit einer Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung rund um die Patella
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung rund um die Patella
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Eine Plattenelektrode als Bezugselektrode oberhalb der Kniekehle mit Gummiband oder mit dem Eigengewicht des Beins auf der Unterlagerungsrolle fixieren.
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei kleine Saugelektroden lateral und medial des Kniegelenks
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektroden medial und lateral des Kniegelenks
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Voltaren® (-) oder vergleichbare Präparate zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

4. Kurzweile

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung im Kondensatorfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei mittelgroße Kondensatorplatten an der Innen- und Außenseite des Kniegelenks
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min



PRAXISTIPP

Zur Medialisierung der Patella ist eine Reizung des M. vastus medialis mit neofaradischem Schwellstrom für 5–10 min unter Verwendung von Bügel-, Klebe- oder Saugelektroden auf dem Muskelbauch und einer distal platzierten Kathode sinnvoll.

1. Laser



Laserbehandlung rund um die Patella nach einer Knieverletzung

4. Kurzwelle



Behandlung des Kniegelenks im Kondensatorfeld bei Chondropathia patellae

2a. Simultanverfahren



Ultraschallbehandlung rund um die Patella bei Chondropathia patellae in Kombination mit Ultrareizstrom

9.3.3 Insertionstendopathie im Bereich des Ligamentum patellae

Erläuterung

Bei der Insertionstendopathie (syn. Patellaspitzensyndrom) im Bereich des Ligamentum patellae handelt es sich um eine schmerzhafte, degenerative Veränderung im Bereich des Ansatzes des M. quadriceps femoris infolge Überlastung, meist bei sportlicher Tätigkeit.

Symptom

Schmerzen unterhalb der Patella bei Anspannung des M. quadriceps femoris

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

- ▶ Sitz auf einem Stuhl mit Lehne oder
- ▶ Langsitz auf der Behandlungsbank, Bankteil hochgestellt, Knie mit einer Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung rund um die Patella
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung des Ligamentum patellae

3. Iontophorese



Iontophorese am Kniegelenk

- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall. Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, abwechselnd mit einer Schallfrequenz von 3 MHz und 1 MHz behandeln.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode von dorsal am distalen Oberschenkel
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromform:** bipolarer Interferenzstrom
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 84 f.)

2c. Kombination Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich besteht folgende Möglichkeit, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. ###). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokus- oder Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III

- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10

3a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Minifokus- oder Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:** wie bei Mikrowelle
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

4. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** eine kleine differente Plattenelektrode am Ligamentum patellae, eine größere Bezugselektrode am ventralen Oberschenkel
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

1. Laser



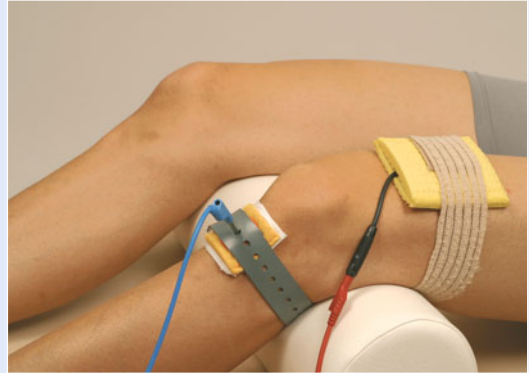
Laserbestrahlung des Ligamentum patellae

2. Ultraschall



Beschallung des Ligamentum patellae

4. Iontophorese



Iontophorese am Ligamentum patellae

2a. Simultanverfahren und Ultraphonophorese



Behandlung im Bereich des Ligamentum patellae

3a. Dezimeterwelle



Behandlung des Ligamentum patellae
(Minifokusstrahler)

9.3.4 Zustand nach Verletzungen

Erläuterungen

Primär sind hier Verletzungen des Kapsel-Band-Apparats, der Menisken bzw. Zustand nach Frakturen im Kniegelenksbereich, nach Bandplastiken oder nach Arthrololyse angesprochen.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Schmerzen
- ▶ Bewegungseinschränkung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Reduktion der Schwellung
- ▶ Detonisierung der reflektorisch verspannten Muskulatur

Lagerung

- ▶ Sitz auf einem Stuhl mit Lehne oder
- ▶ Langsitz auf der Behandlungsbank, Bankteil hochgestellt, Knie mit einer Rolle unterlagert

Elektrotherapeutische Maßnahmen



VORSICHT

Bei Osteosynthesen **nicht** mit Gleichstrom oder niederfrequenten Strömen behandeln.

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier Saugelektroden am betroffenen Gebiet
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–4. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** dynamische Beschallung des gesamten Kniegelenks, bei leicht flektiertem Kniegelenk
- ▶ **Schalldosis:**
 - akuter Reizzustand: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min



VORSICHT

Die Kniekehle wird wegen der Nerven- und Gefäßverläufe nicht beschallt.

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** eine Plattenelektrode als Bezugselektrode am dorsalen Oberschenkel mit Gummiband fixieren oder mit Eigengewicht des Beins auf der Unterlagerungsrolle fixieren.
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromform:** Ultrareizstrom
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. ###). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5)

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Je eine Plattenelektrode wird links und rechts am Kniegelenk mit einem Band befestigt. Die Wirkelektrode sollte bei asymmetrischen Schmerzen auf der schmerzhafteren Seite bzw. auf der Seite der Läsion befestigt werden.

- ▶ **Polung:** differente Elektrode als Kathode auf schmerzhaftere Seite oder Seite der Läsion, bei symmetrischem Schmerz beliebig
- ▶ **Behandlungszeit:** 2 min DF einleitend, danach 3–4 min CP und 2 min LP



VORSICHT

Die **Gesamtbehandlungszeit** mit diadynamischen Strömen darf 12 min nicht überschreiten!

▶ Stromformen (Alternativen):

- Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 10–15 min
- Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min
- alle anderen Parameter wie diadynamische Ströme

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung an der betroffenen Stelle
- ▶ **Dosis:** 0,5–2 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

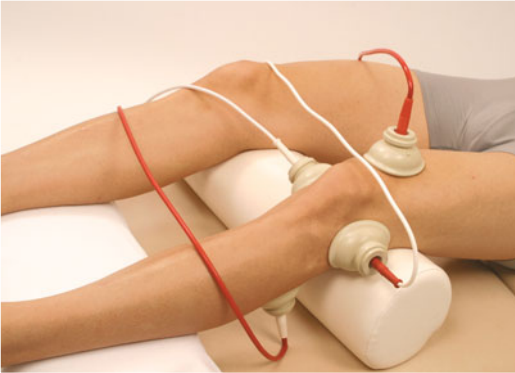
5. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden werden lateral und medial am Kniegelenk mit einem Band befestigt.
- ▶ **Polung:** abhängig von Polarität des Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption eines Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2, Tabelle S. 106).
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

Zusätzlich bei starken Schmerzen: Impulsgalvanisation

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** wie Iontophorese
- ▶ **Polung:** Kathode auf der schmerzhaften Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min FM

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung des Kniegelenks mit vierpoligem Interferenzstrom

2a. Simultanverfahren



Beschallung des Kniegelenks am vorderen medialen Gelenkspalt in Kombination mit Ultraschallstrom. Die Bezugselektrode wird mit dem distalen Oberschenkel fixiert.



Simultanverfahren am lateralen Kniegelenk nach lateraler Meniskusläsion oder lateralem Kollateralbandschaden. Die Bezugselektrode wird mit dem Eigengewicht des Knies auf der Unterlage fixiert.

9.3.5 Osteochondrosis dissecans

Erläuterung

Bei der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenks kommt es überwiegend am lateralen Rand des Condylus medialis femoris zu einer lokalisierten aseptischen Knochennekrose des subchondralen Gelenkknorpels mit der Gefahr der Bildung eines freien Gelenkkörpers. Der Condylus femoris lateralis oder die Patellarrückfläche sind seltener betroffen.

Symptome

- ▶ Belastungsabhängige Knieschmerzen
- ▶ Gelenkblockade durch Einklemmung der freien Gelenkkörper

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Gelenktrophik
- ▶ Freie Gelenkbeweglichkeit

Lagerung

- ▶ Rückenlage wie bei Gonarthrose (**s. Kap. 9.3.1**) oder Seitenlage: Knie leicht angewinkelt auf einer Unterlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsformen:**
 - Erkrankung des Condylus medialis femoris: lokale Strichführung am medialen Gelenkspalt entlang bis nach ventral zur Patella
 - Erkrankung des Condylus lateralis femoris: lokale Strichführung am lateralen Gelenkspalt entlang bis nach ventral zur Patella
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsformen:**
 - Erkrankung des Condylus medialis femoris: lokale Beschallung am medialen Gelenkspalt entlang bis nach ventral zur Patella
 - Erkrankung des Condylus lateralis femoris: lokale Beschallung am lateralen Gelenkspalt entlang bis nach ventral zur Patella
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am dorsalen oder ventralen Oberschenkel
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ulrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Elektrodenart- und Platzierung: zwei kleine Saugelektroden lateral und medial des Kniegelenks
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** eine Diplode über dem Knie
- ▶ **Elektrodenabstand:** auf der betroffenen Seite 1–2 cm, auf der Gegenseite 3–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min

4. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden schließen das Kniegelenk ein.
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Voltaren® (-) oder vergleichbare Präparate zur Entzündungshemmung auf betroffener Seite (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

1. Laser



Laserbestrahlung des lateralen Kniegelenkspalts bei Osteochondrosis dissecans

3. Kurzwelle



Behandlung einer Osteochondrosis dissecans im Spulenfeld

4. Iontophorese



Iontophorese am Kniegelenk

9.4 Hüfte

9.4.1 Koxarthrose und Hüftkopfnekrose im Erwachsenenalter

Erläuterung

Koxarthrose bezeichnet degenerative Veränderungen des Knorpels im Bereich des Hüftgelenks infolge von Über- und Fehlbelastung.

Das Absterben von Knochengewebe der Hüfte wird als **Hüftnekrose** bezeichnet. Häufig entsteht sie im Erwachsenenalter, wenn z. B. die Gefäße durch einen Unfall verletzt werden oder die Durchblutung im Innern des Hüftkopfs behindert ist.

Symptome

- ▶ Schmerzen in Ruhe und beim Gehen bzw. längeren Stehen
- ▶ Schmerzen bei starker Flexion im Hüftgelenk und beim Liegen auf der betroffenen Seite
- ▶ Einschränkung der Extension und der Innenrotation, später auch der Flexion
- ▶ Abschwächung aller Mm. glutei

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Durchblutung

Lagerung

- ▶ Seitenlage, betroffenes Bein oben liegend, Kissen zwischen den Beinen
- ▶ Rückenlage, Kniekehle mit Kissen unterlagert



PRAXISTIPP

Eine Adduktion des betroffenen Beins in Seitenlage sollte durch Unterlagerung mit einem hohem Kissen vermieden werden.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Kurzwellen

- ▶ **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Kondensatorplatten umschließen in Seitenlage die Hüfte.
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV

- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min
- ▶ **Alternative Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Die Diplole wird in Seitenlage über der Hüfte angebracht.
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie Kondensatorfeld

1a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Hohlfeldstrahler in Seitenlage über der Hüfte
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des Hüftgelenks lateral bis einschließlich zum M. tensor fasciae latae. Zusätzlich wird der Trochanter major umkreist.
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,5–0,8 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,5–1,2 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min, Steigerung bis max. 15 min möglich (bei großem Behandlungsgebiet)



VORSICHT

Die **Leistengegend** wird wegen der Gefäße und Nerven nicht beschallt.

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5.1, S. 165**).

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode an der LWS

- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei kleine Saugelektroden lateral und medial des Kniegelenks
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz alternierend
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier Saugelektroden rund um das Gelenk verteilt
- ▶ **Modulationsfrequenz:** akut: 80–100 Hz, danach 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf der Hüfte
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

5. Ultrareizstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Eine Plattenelektrode wird von dorsal im Gesäßbereich in die Badehose des Patienten geschoben, so dass sie durch sein Körpergewicht fixiert wird, die zweite wird in die Leiste unter die Badehose geschoben und eventuell mit einem kleinen Sandsack beschwert, damit sie einen guten Hautkontakt bekommt.
- ▶ **Polung:** Kathode im Gesäßbereich; Anode in der Leiste
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

5a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Saugelektroden schließen das Hüftgelenk ein.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

5b. Impulsgalvanisation

wie Ultrareizstrom (5.)

1. Kurzwellen



Behandlung einer Koxarthrose bzw. Hüftnekrose im Kondensatorfeld



Alternative Behandlung einer Koxarthrose bzw. Hüftnekrose im Spulenfeld (Diplode)

1a. Dezimeterwellen



Behandlung einer Koxarthrose bzw. Hüftnekrose (Hohlfeldstrahler)

2a. Simultanverfahren



Mit dem Schallkopf (Kathode) wird das Hüftgelenk dynamisch von allen Seiten beschallt. Die Bezugselektrode (Anode) liegt an der LWS. Der Nerven-Gefäß-Strang in der Leiste wird von der Beschallung ausgespart.

3. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung des Hüftgelenks mit vierpoligem Interferenzstrom. Zum Einsatz kommen Saugelektroden; das Hüftgelenk befindet sich im Kreuzungsmittelpunkt der beiden Stromkreise.

4. Laser



Laserbestrahlung des Hüftgelenks in Seitenlage

5. Ulrareizstrom



Die Kathode wird dorsal im Gesäßbereich des Patienten befestigt. Da unter der Anode der Strom weniger wahrgenommen wird, wird sie in die empfindliche Leistenbeuge unter die Badehose geschoben.

9.4.2 Morbus Perthes

Erläuterung

Morbus Perthes ist eine ischämische Nekrose des Femurkopfs im Kindesalter (3.–12. Lebensjahr).

Symptome

- ▶ Hüftschmerzen
- ▶ Knieschmerzen

Behandlungsziele

- ▶ Unterstützung des Umbauprozesses
- ▶ Schmerzlinderung

Lagerung

- ▶ Seitenlage, betroffenes Bein oben liegend
- ▶ Rückenlage, Kniekehle mit Kissen unterlagert

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.4.1, Koxarthrose



VORSICHT

Die Ultraschalldosis sollte etwa um die Hälfte reduziert werden, da das Gelenk nicht so tief liegt wie bei Erwachsenen.

9.4.3 Coxa saltans

Erläuterung

Coxa saltans (syn. „schnappende Hüfte“) beschreibt das ruckartige, oft schmerzhafte – teilweise sogar akustisch wahrnehmbare – Springen des Tractus iliotibialis über den Trochanter major bei aktiver Flexion und Extension im Hüftgelenk. Ursachen können u. a. sein: zu starke Vorwölbung des Trochanter major, allgemeine Bindegewebsschwäche, Beinlängendifferenz.

Symptom

Schmerzen bei aktiver Flexion und Extension im Hüftgelenk

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

Seitenlage, betroffenes Bein oben liegend; eine Adduktion des Beins sollte durch Unterlagerung mit einem hohen Kissen vermieden werden.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung im Bereich des Trochanter major
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung der Trochanterregion
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Schallfrequenz:** Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, mit 3 MHz behandeln; ansonsten mit 1 MHz.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Eine Plattenelektrode wird als Bezugslektrode an der LWS oder am distalen Oberschenkel mit breitem Fixierband fixiert.

- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugsselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei kleine Saugelektroden lateral und medial des Kniegelenks
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz alternierend
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung; Scandicain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Ultraphonophorese (2b.) und Simultanverfahren (2a.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165).

3. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:**
 - einseitige Coxa saltans: abhängig von Polarität des Medikaments; ist die Anode different, wird die Kathode am distalen Oberschenkel fixiert; bei differenter Kathode wird die Anode an der proximalen LWS fixiert.
 - beidseitige Coxa saltans: eine Plattenelektrode auf der oben liegenden Seite der Hüfte, die andere auf der unten liegenden Seite.
- ▶ **Polung:** abhängig von der Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung; Scandicain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106).
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

1. Laser



Laserbestrahlung des Hüftgelenks in Seitenlage bei Coxa saltans



Laserbestrahlung eines schmerzhaften M. tensor fasciae latae (Tensor-fasciae-latae-Syndrom)

2. Ultraschall



Beschallung eines schmerzhaften Tractus iliotibialis bei Coxa saltans



Beschallung eines schmerzhaften M. tensor fasciae latae (Tensor-fasciae-latae-Syndrom)

2a. Simultanverfahren

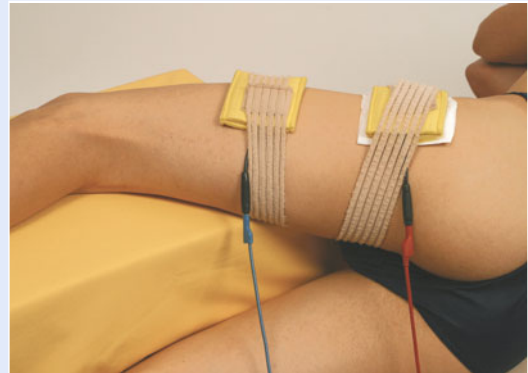


Beschallung des Trochanter major in Kombination mit Strom bei einer Coxa saltans

3. Iontophorese



Behandlung einer beidseitigen Coxa saltans mit Iontophorese. Die unten liegende Elektrode wird mit dem Eigengewicht des Körpers fixiert.



Behandlung einer einseitigen Coxa saltans mit Iontophorese. Einbringung eines positiv geladenen Medikaments: Kathode wird am distalen Oberschenkel fixiert.

9.4.4 Tensor-fasciae-latae-Syndrom

Erläuterung

Unter dem Tensor-fasciae-latae-Syndrom (syn. Periarthritis coxae) versteht man eine Reizung des M. tensor fasciae latae im Bereich des Trochanter major bei Varusfehlstellung.

Symptom

Schmerzen im Bereich des Trochanter major, besonders bei Bewegung

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

s. Kap. 9.4.3, Coxa saltans

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.4.3, Coxa saltans

9.4.5 Bursitis trochanterica

Erläuterung

Bursitis trochanterica ist eine entzündliche Reaktion des Schleimbeutels am Trochanter major unterhalb des Tractus iliotibialis.

Symptom

Schmerzen im Bereich des Trochanter major, besonders bei Bewegung

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

Seitenlage

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.4.3, Coxa saltans

9.5 LWS und Beckenregion

Es werden drei Grundformen bei LWS-Erkrankungen unterschieden, die jeweils unterschiedliche elektrotherapeutische Behandlungsansätze erfordern:

- ▶ **Lumbalgie:** Die elektrotherapeutische Behandlung erfolgt ausschließlich an der LWS.
- ▶ **Lumboischialgie:** Die elektrotherapeutische Behandlung erfolgt an der LWS und am Bein.
- ▶ **Ischialgie:** Die elektrotherapeutische Behandlung erfolgt vor allem am Bein.

9.5.1 Lumbalgie

Erläuterung

Lumbalgie (syn. Lumbalsyndrom, LWS-Syndrom) ist ein Sammelbegriff für Rückenschmerzen ohne Ausstrahlung in die untere Extremität. Als Ursachen kommen Myalgien auf Grund von Überlastung, Wirbelgelenkblockierungen, Osteochondrosen, Spondylarthrosen, Morbus Bechterew, Spondylolisthesis, Segmentinstabilitäten, Diskopathie (Protrusio) oder rheumatoide Arthritis in Frage.

Symptome

- ▶ Schmerzen im LWS-Bereich, ein- oder beidseitig
- ▶ Bewegungseinschränkung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Durchblutung
- ▶ Detonisierung der Muskulatur

Lagerung

- ▶ Bauchlage; eventuell ein kleines Kissen unter dem Bauch platzieren. Füße an Bankkante überhängen lassen oder mit Rolle unterlagern. Patienten mit einer akuten Flexions-schonhaltung können auch auf sehr hohe Kissen gelagert werden, wobei die Hüftgelenke in einer stärkeren Flexions-haltung liegen.
- ▶ **Alternative Lagerung, wenn Bauchlage nicht möglich:** Sitz auf Hocker, Kopf auf Schulter-Arm-Tisch abgelegt oder Seitenlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier Saugelektroden; je zwei auf jeder Seite der Wirbelsäule, wobei das betroffene

Gebiet eingeschlossen wird. Die zu einem Stromkreis gehörenden Kabel (gleiche Kabelfarbe) sollen sich diagonal gegenüber liegen.

- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz, danach 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min
- ▶ **alternative Elektrodenart und -platzierung:** zwei Zweifeld-Elektroden, wobei eine im thorakolumbalen Übergang, die andere am lumbosakralen Übergang liegen soll (vgl. Kap. 9.6.1, Abb. unten rechts, S. 217)

1a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Quer- oder Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Saug-, Platten- oder Handschuhelektroden, je eine auf jeder Seite der Wirbelsäule
- ▶ **Modulationsfrequenz und Behandlungszeit:** wie vierpoliger Interferenzstrom

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung der LWS, ein- oder beidseitig
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,8 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** akut 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Plattenelektrode als Bezugselektrode oberhalb des betroffenen Gebiets quer über der Wirbelsäule
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz, danach 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultraschallstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min



PRAXISTIPP

Ist **nur eine Seite** der LWS betroffen, kann die Bezugselektrode auch gegenüber des betroffenen Gebiets befestigt werden, sie muss dann aber mit einem Sandsack fixiert werden. Auf der betroffenen Seite wird beschallt.

Zusätzlich besteht folgende Möglichkeit, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt – sofern vorhanden – kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.

3. Ultraschallstrom

- ▶ **Applikationsform:** beidseitige paravertebrale Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei große Platten- oder Elektroden über der Wirbelsäule (im Längsverlauf)
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min
- ▶ **alternative Applikationsform:** paravertebrale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Plattenelektroden beidseitig der Wirbelsäule
- ▶ **Polung:** Kathode auf betroffener Seite



PRAXISTIPP

Reiben Sie vor der Behandlung den zu therapierenden LWS-Bereich zur Schmerzlinderung mit Forapin E® oder DoloVisano® ein und polen Sie – sollte keine Besserung der Beschwerden eintreten – nach der Hälfte der Zeit um. Diese Variante hat sich in der Praxis äußerst gut bewährt.

4. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine oder große Bügelelektroden – je nach Größe des Patienten – exakt auf dem betroffenen Segment
- ▶ **Polung:** Kathode auf betroffene Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1 min DF, danach 2 min CP und 1 min LP pro Segment

► **Applikationsformen (Alternativen):**

- multisegmentale Querdurchströmung
 - Elektrodenart und -platzierung: Plattenelektroden beidseitig der Wirbelsäule
 - Polung: Kathode auf betroffene Seite
- multisegmentale Längsdurchströmung
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei große Bügelelektroden auf der betroffenen Seite der LWS
 - Polung: Kathode distal

5. Kurzwelle

- **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- **Elektrodenart und -platzierung:** Kondensatorplatten im Längsverlauf der LWS oder je eine paravertebral
- **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

- **Alternative Applikationsform:** Spulenfeld
- **Elektrodenart und -platzierung:** Diplole über der LWS
- **Alle anderen Parameter:** wie Kondensatorfeld

6. Dezimeterwelle

- **Applikationsform:** Hohlfeldstrahler (Pyrodorstrahler)
- **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung der LWS mit vierpoligem Interferenzstrom. Vier Saugelektroden schließen das betroffene Gebiet ein.

1a. Bipolarer Interferenzstrom



Behandlung der LWS mit zwei Handschuhelktroden als Querdurchströmung

2a. Simultanverfahren



Während die Anode an der unteren BWS quer über der WS liegt, wird mit dem Schallkopf (Kathode) die LWS beschallt.

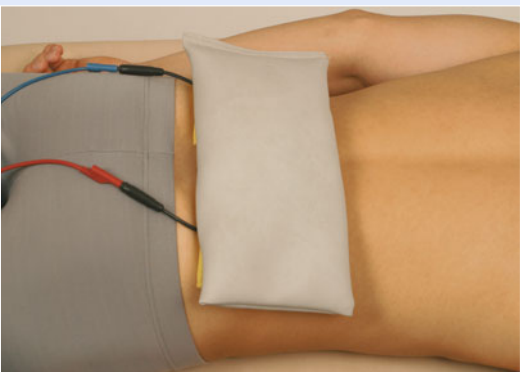
4. Diodynamische Ströme



Monosegmentale Querdurchströmung der LWS mit einer kleinen Bügelelektrode



Multisegmentale Längsdurchströmung der LWS mit einer großen Bügelelektrode



Multisegmentale Querdurchströmung der LWS mit zwei großen Plattenelektroden, mit Sandsäcken fixiert

3. Ultrareizstrom



Behandlung der LWS mit zwei Plattenelektroden als paravertebrale Längsdurchströmung

5. Kurzwelle



Behandlung der LWS im Kondensatorfeld

6. Dezimeterwelle



Behandlung einer Lumbalgie mit Dezimeterwelle (Hohlfeldstrahler)

9.5.2 ISG-Blockierungen

Erläuterung

Zu Blockierungen im Bereich der Iliosakralgelenke kann es durch dynamische und statische Fehlbelastung oder durch ein Trauma, z. B. Sturz auf das Kreuzbein oder das Tuber ischiadicum, sowie durch starken Zug auf ein Bein (Reitunfall) kommen.

Symptome

Schmerzen im ISG-Bereich oder ausstrahlend bis L3, manchmal auch in die Leiste oder den Gesäßbereich, selten bis in die Oberschenkel

Hinweis: Legt man einen Gürtel stramm um das Becken und bessern sich dabei die Symptome, ist eine **Instabilität** sehr wahrscheinlich. Elektrotherapie kann hier im besten Falle nur die Schmerzen für kurze Zeit lindern.

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung des M. piriformis

Lagerung

Bauchlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vierfeldelektrode auf dem ISG
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Ultraschall



VORSICHT

Ist die Ursache eine Instabilität des ISG, sollte von einer Ultraschallbehandlung Abstand genommen werden.

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des ISG und des M. piriformis
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,2 W/cm² Impulsschall (ISG und M. piriformis)

- subakut bis chronisch:
 - ISG: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
 - M. piriformis: 0,5–0,8 W/cm² Dauerschall

▶ Behandlungszeit:

- ISG: 3–5 min, Steigerung bis 10 min möglich
- M. piriformis: zusätzlich 2–3 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.2.3, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5.1, S. 165**)

3. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung entlang des ISG
- ▶ **Dosis:** 0,5–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

4. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Minifokusstrahler über dem ISG
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer ISG-Blockierung mit Interferenzstrom (Vierfeldelektrode)

2. Ultraschall



Beschallung des ISG



Beschallung des M. piriformis

3. Laser



Behandlung einer ISG-Blockierung: lokale Strichführung mit dem Lasergriffel auf dem ISG

4. Mikrowelle



Behandlung des ISG mit Mikrowelle (Minifokusstrahler)

9.5.3 Segmentale Wirbelgelenk-blockierungen im Bereich der LWS

Erläuterung

Bei segmentalen Blockierungen handelt es sich um reversible Bewegungseinschränkungen eines oder mehrerer Wirbelsäulensegmente auf Grund von Fehlstellungen der Gelenkfacetten, Muskelverkrampfung oder mechanischen Behinderungen im Gelenk selbst.

Symptom

Schmerzhafte Bewegungseinschränkung in eine oder mehrere Bewegungsrichtungen

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung der Muskulatur

Lagerung

Bauchlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des betroffenen Segments und dessen Muskulatur
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5.1, S. 165**)

2. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale paravertebrale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine Saug- oder Bügelelektroden beidseitig
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** paravertebrale monosegmentale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine oder große Bügelelektroden – je nach Größe des Patienten – beidseitig der LWS
- ▶ **Polung:** Kathode auf betroffener Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1–2 min DF, danach 2–3 min CP und 1–2 min LP
- ▶ **Stromform (Alternative):** Ultrareizstrom
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie diadynamische Ströme

4. Laser

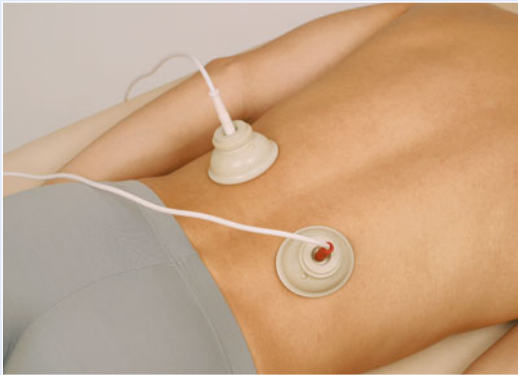
- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am betroffenen Segment und dessen Muskulatur
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–8 min

1. Ultraschall



Behandlung eines blockierten LWS-Segments mit Ultraschall

2. Bipolarer Interferenzstrom



Behandlung eines blockierten Wirbelsegments
(zwei kleine Saugelektroden)

3. Diadynamische Ströme



Paravertebrale monosegmentale Querdurchströmung
der LWS (kleine Buelektroden)

4. Laser



Laserbestrahlung eines blockierten LWS-Segments

9.5.4 Lumboischialgie

Erläuterung

Lumboischialgie ist ein Sammelbegriff für Rückenschmerzen mit Ausstrahlung in die untere Extremität infolge einer Diskopathie (Protrusio, Extrusio, Prolaps, Foramenstenosen).

Symptom

Schmerzen im LWS-Bereich, die in die untere Extremität ausstrahlen

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Durchblutung
- ▶ Detonisierung der Muskulatur

Lagerung

- ▶ Bauchlage; eventuell ein kleines Kissen unter dem Bauch platzieren. Füße an Bankkante überhängen lassen oder mit Rolle unterlagern. Patienten mit einer akuten Flexions-schonhaltung können auch auf einem sehr hohen Kissen gelagert werden, wobei die Hüftgelenke in einer stärkeren Flexionshaltung liegen.
- ▶ **Alternative Lagerungen:** Sitz auf Hocker, Kopf wird auf Schulter-Arm-Tisch abgelegt oder Seitenlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden an der LWS so platziert, dass das betroffene Gebiet eingeschlossen wird. Die zu einem Stromkreis gehörenden Kabel (gleiche Kabelfarbe) liegen sich diagonal gegenüber.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz, danach 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung (Alternative):** vier Saugelektroden, je eine davon rechts und links der Wirbelsäule, sowie zwei am Unterschenkel

1a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Saug- oder Platten-elektroden beidseitig des betroffenen LWS-Bereichs

- **Modulationsfrequenz und Behandlungszeit:** wie vierpoliger Interferenzstrom

2. Ultraschall

- **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des betroffenen Segments
- **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,6 W/cm² Dauerschall
- **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich. Ist das Behandlungsgebiet größer als das 4–6-fache der Schallkopffläche, muss die Behandlungszeit verlängert werden (bis max. 15 min).

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- **Elektrodenart und -platzierung:** große Plattenelektrode am dorsalen Oberschenkel
- **Polung:** Schallkopf als Anode, Bezugselektrode als Kathode (absteigende Behandlung). Ist diese Polung gerätetechnisch nicht möglich, muss aufsteigend behandelt werden (Schallkopf als Kathode). Bessern sich die Symptome bei der aufsteigenden Behandlung nicht, ist ein anderes elektrotherapeutisches Verfahren zu wählen.
- **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz, danach 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min

Zusätzlich besteht folgende Möglichkeit, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.**). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt – sofern vorhanden – kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.

3. Ultrareizstrom

- **Applikationsform:** Längsdurchströmung des Beins
- **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden: die differente auf die betroffene LWS-Seite, die Bezugselektrode auf die Rückseite des Beins an das Ende der Schmerzausstrahlung (Oberschenkelrückseite, Kniekehle, auf dem M. gastrocnemius oder unter die Fußsohle)

- **Polung:** differente Elektrode als Anode, Bezugselektrode als Kathode
- **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Diadynamische Ströme

- **Applikationsform:** Längsdurchströmung des Beins
- **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden: die differente auf die betroffene LWS-Seite, die Bezugselektrode auf die Rückseite des Beins an das Ende der Schmerzausstrahlung (Oberschenkelrückseite, Kniekehle, auf dem M. gastrocnemius oder unter die Fußsohle)
- **Polung:** differente Elektrode als Anode, Bezugselektrode als Kathode
- **Behandlungszeit:** einleitend 2–3 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP; Steigerung bis max. 12 min insgesamt

5. Kurzweille

- **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Kondensatorplatten: eine über der LWS, die andere von dorsal über den Bereich des Beins, in den der Schmerz ausstrahlt
- **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min
- **Applikationsform (Alternative):** Spulenfeld
- **Elektrodenart und -platzierung:** Diplole über der LWS
- **Alle anderen Parameter:** wie beim Kondensatorfeld

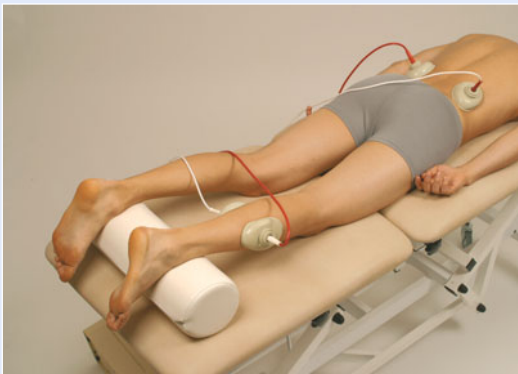
5a. Dezimeterweille

- **Applikationsform:** Langfeldstrahler über der dorsalen Seite des Beins
- **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

6. Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)

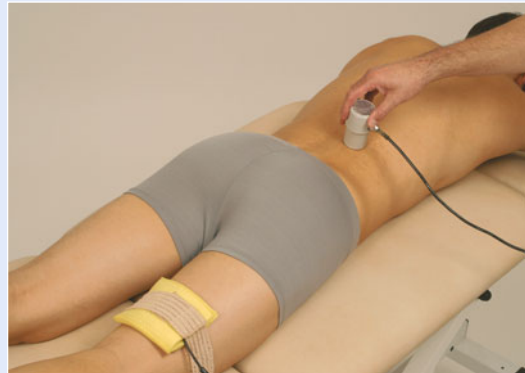
- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom im Wasser
- ▶ **Lagerung:** Der Patient sitzt auf einem Stuhl mit Lehne.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden: Die differente ist auf der betroffenen Seite der LWS mit breitem Fixierband befestigt, die Bezugsselektrode befindet sich von einem Viskoseschwamm umgeben im Wasser. Der Patient stellt seinen Fuß auf die Bezugsselektrode oder sie hängt lose im Wasser.
- ▶ **Polung:** differente Elektrode als Anode, die Bezugsselektrode als Kathode
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 10–15 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 10–15 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–15 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Lumboischialgie: Zwei Saugelektroden befinden sich im LWS-Bereich, zwei am Unterschenkel.

2a. Simultanverfahren



Schallkopf als Anode im LWS-Bereich, Bezugsselektrode am Ende der Schmerzausstrahlung (hier: Oberschenkel).

3. Ultrareizstrom



Längsdurchströmung des Beins bei Lumboischialgie. Die Anode liegt auf betroffener Seite der LWS, die Kathode am Ende der Schmerzausstrahlung (hier: Fußsohle).



Längsdurchströmung des Beins bei Lumboischialgie. Anode auf betroffener Seite der LWS, Kathode am Ende der Schmerzausstrahlung (hier: distaler Unterschenkel).

3. Ultrareizstrom (Fortsetzung)



Längsdurchströmung des Beins bei Lumboischialgie. Die Anode liegt auf der betroffenen Seite der LWS, die Kathode am Ende der Schmerzausstrahlung (hier: Kniekehle).



Längsdurchströmung des Beins bei Lumboischialgie. Die Anode liegt auf der betroffenen Seite der LWS, die Kathode am Ende der Schmerzausstrahlung (hier: auf dem distalen Oberschenkel).

5a. Dezimeterwelle



Bestrahlung des Beins bei einer Lumboischialgie (Langfeldstrahler)

6. Hydrogalvanisches Teilbad



Hydrogalvanisches Teilbad bei einer Lumboischialgie. Die Anode befindet sich auf der betroffenen LWS-Seite, die Kathode (mit Viskoseschwamm) hängt lose im Wasser oder der Patient stellt seinen Fuß darauf.

9.5.5 Ischialgie

Erläuterung

Der Begriff Ischialgie bezeichnet eine Gruppe von Krankheitsbildern, die durch ins Bein ausstrahlende Schmerzen gekennzeichnet sind. Die LWS ist hierbei schmerzfrei.

Ursache ist die Reizung des N. ischiadicus, infolge eines Bandscheibenprolapses, einer Spinalkanalstenose, einer Intervertebralkanalstenose oder einer adhärennten Nervenwurzel (ANW).

Symptom

In das Bein ausstrahlende Schmerzen



MEMO

Patienten mit einer Ischialgie haben keine Schmerzen im LWS-Bereich!

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

- ▶ Bauchlage; eventuell ein kleines Kissen unter dem Bauch platzieren. Füße an Bankkante überhängen lassen oder mit Rolle unterlagern. Patienten mit akuter Flexionsschonhaltung können auch auf sehr hohem Kissen gelagert werden, wobei die Hüftgelenke in einer stärkeren Flexionshaltung liegen.
- ▶ **Alternative Lagerung (insbesondere bei Zustand nach Bandscheiben-OP):** Sitz auf Hocker, Kopf auf Schulter-Arm-Tisch abgelegt oder Seitenlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden liegen auf der dorsalen Seite des Beins im Verlauf des N. ischiadicus. Die Elektroden der beiden Stromkreise werden abwechselnd (Kabelfarbe abwechselnd) verschaltet.
- ▶ **Elektrodenplatzierung (Alternative):** Zwei Saugelektroden liegen nebeneinander auf dem dorsalen Oberschenkel, zwei auf dem Unterschenkel. Die zu einem Stromkreis gehörenden Kabel (gleiche Kabelfarbe) werden diagonal gegenüber liegend befestigt.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz oder 5–30 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

Hinweis: Es können außerdem auch alle Anwendungen, die zur Behandlung einer Lumboischialgie (s. Kap. 9.5.4) aufgeführt sind, verwendet werden.

2. Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)

- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom im Wasser
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Die differente Plattenelektrode befindet sich im Wasser, die Bezugslektrode entweder unter dem Oberschenkel (der Patient sitzt darauf) oder auf der LWS mit einem Band fixiert.
- ▶ **Polung:** differente Elektrode als Kathode, Bezugslektrode als Anode
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min
- ▶ **Applikationsform (Alternative):** Trockenbehandlung, bei welcher der Patient seinen Fuß auf die Kathode stellt.
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 10–15 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 10–15 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–15 min

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Nervenstammbehandlung (auch bei Kausalgie, s. Kap. 9.14.2, S. 276)
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Bügelelektroden, je eine auf einem Valleixschen Druckpunkt, manuell oder mit Band fixiert
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** pro Valleixschem Druckpunkt: 1–2 min DF, 2–3 min LP, eventuell 1–2 min CP
- ▶ **Applikationsform (Alternative):** Längsdurchströmung des Beins
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden, die proximale im LWS-Bereich der betroffenen Seite oder an der Oberschenkelrückseite, die distale in der Kniekehle, auf dem M. gastrocnemius oder unter der Fußsohle.
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 2–3 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP

3a. Ultrareizstrom

- ▶ **Applikationsform:** Nervenstammbehandlung oder Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Klebeelektroden;

je eine auf einem Valleixschen Druckpunkt bei Nervenstammapplikation; je eine oberhalb der Kniekehle und medial am distalen Oberschenkel bei Längsdurchströmung.

- ▶ **Behandlungszeit:** bei Nervenstammbehandlung 5 min pro Valleixschem Druckpunkt; bei Längsdurchströmung 10–15 min

4. Kurzwellen

- ▶ **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Kondensatorplatten, eine über der LWS, die andere über das dorsale Bein an das Ende der Schmerzausstrahlung (Kniekehle bzw. Fußsohle)
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - akut bis chronisch: 10–20 min
- ▶ **Applikationsform (Alternative):** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Diplole über dem LWS-Bereich oder ein Induktionskabel um das Bein gewickelt
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie beim Kondensatorfeld

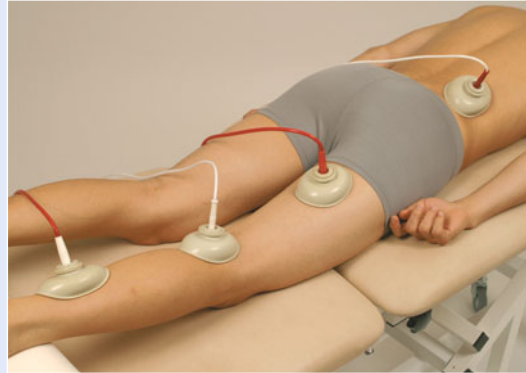
4a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Langfeldstrahler über der dorsalen Seite des Beins
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

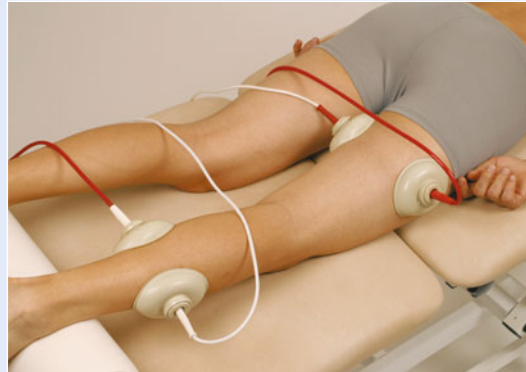
5. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Langfeldstrahler von dorsal über dem Bein
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Ischialgie mit vierpoligem Interferenzstrom: Die vier Saugelektroden liegen im Verlauf des N. ischiadicus.



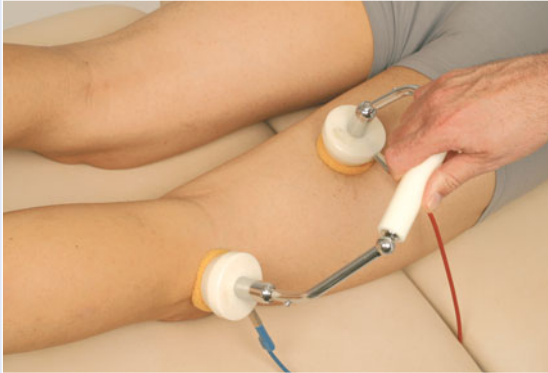
Alternative Applikation zur Behandlung einer Ischialgie mit vierpoligem Interferenzstrom: Zwei Saugelektroden liegen von dorsal auf dem Oberschenkel, zwei auf dem Unterschenkel.

2. Hydrogalvanisches Teilbad

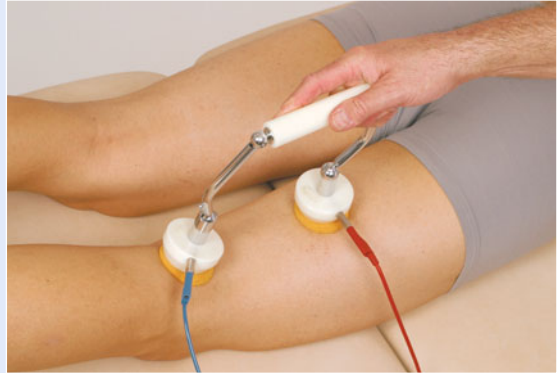


Behandlung einer Ischialgie mit bipolarem Interferenzstrom im Wasser

3. Diadynamische Ströme



Nervenstammbehandlung an den Valleixschen Druckpunkten (N. peroneus) bei Ischialgie und Kausalgie

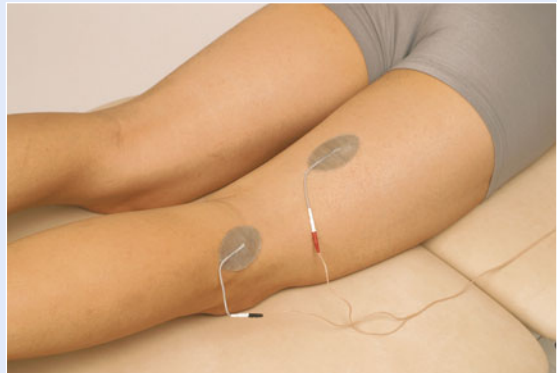


Nervenstammbehandlung an den Valleixschen Druckpunkten (N. tibialis)

3a. Ultrareizstrom

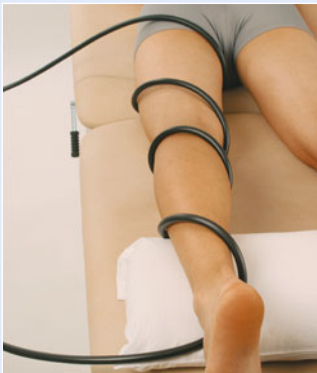


Längsdurchströmung bei Ischialgie (Klebeelektroden)



Nervenstammbehandlung bei Ischialgie. Die Klebeelektroden befinden sich an den Valleixschen Druckpunkten (N. peroneus).

4. Kurzweile



Behandlung einer Ischialgie mit Kurzweile (Spulenfeld, Induktionskabel)

5. Mikrowelle



Bestrahlung des Beins mit einem Langfeldstrahler zur Behandlung einer Ischialgie

9.6 BWS und Brustkorb



VORSICHT

Bei der elektrotherapeutischen Behandlung der BWS kann es zu Sympathikus-, in seltenen Fällen auch zu Herzirritationen kommen. Deswegen müssen die Patienten besonders oft nach dem Befinden gefragt werden. Außerdem sollte ihnen die Möglichkeit der Nachruhe angeboten werden.

9.6.1 Morbus Bechterew

Erläuterung

Morbus Bechterew (syn. Spondylitis ankylosans) ist eine chronisch entzündliche Systemerkrankung des Bindegewebes, die sich vor allem im Bereich des Bandapparats und Bandscheibenapparats der Wirbelsäule manifestiert. Nach dem Beginn im Bereich der Iliosakralgelenke erfolgt die Ausbreitung über die gesamte Wirbelsäule.

Symptome

- ▶ Schmerzen im gesamten Wirbelsäulenbereich
- ▶ Einschränkung der Wirbelsäulenbeweglichkeit
- ▶ Einschränkung der Thoraxbeweglichkeit mit nachfolgender Verminderung der Atemvolumina
- ▶ Sklerosierung der Längsbänder, besonders des vorderen Längsbands, dadurch kyphotische Fehlstellung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzklinderung
- ▶ Detonisierung der Muskulatur
- ▶ Verbesserung der Muskeldurchblutung
- ▶ Verbesserung der Trophik

Lagerung

- ▶ Bauchlage. Durch die starke BWS-Kyphose empfiehlt sich in jedem Fall ein dreiteiliges absenkbares Kopfteil, um der starken Protraktion, die aus der BWS-Kyphose resultiert, etwas entgegenzukommen. Die Lagerung auf einer normalen Behandlungsbank ist daher äußerst schwierig. Der Oberkörper muss mit entsprechendem Kissenmaterial so hoch gelagert werden, dass Kopf und Arme bequem abgelegt werden können.
- ▶ **Alternative Lagerung:** Sitz vor hohem Schulter-Arm-Tisch oder Seitenlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:**
 - Vier Saugelektroden schließen das betroffene Behandlungsgebiet der BWS ein, auf jeder Seite befinden sich zwei Elektroden. Elektroden mit gleicher Kabelfarbe liegen sich diagonal gegenüber.
 - Alternativ können zwei Zweifeld-Elektroden verwendet werden, wobei eine an der oberen oder mittleren BWS liegt, die andere am thorakolumbalen Übergang.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min



PRAXISTIPP

Die Behandlung mit zwei Zweifeld-Elektroden ist weniger zeitintensiv als diejenige mit vier Saugelektroden. Daher sollten Sie – vorausgesetzt Sie verfügen in der Praxis über Zweifeld-Elektroden – mit diesen arbeiten.

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des betroffenen BWS-Abschnitts
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,8 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min bei einem Behandlungsgebiet bis zur 4–6fachen Größe des Schallkopfs, bei größerer Behandlungsfläche ist eine Steigerung auf 15 min möglich.



VORSICHT

Die Behandlungszeit sollte 15 min nicht überschreiten.

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2**). Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer und kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5.1**).

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Anode auf der oberen BWS, wenn untere BWS und LWS beschallt werden; als Kathode auf der LWS, wenn die gesamte BWS beschallt wird.
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode bei Beschallung der unteren BWS; als Anode bei Beschallung der oberen BWS
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ulrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Ultrareizstrom

- ▶ **Applikationsform:** paravertebrale multisegmentale Quer- oder Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Plattenelektroden, Platzierung je nach betroffenem BWS-Abschnitt
- ▶ **Polung:**
 - bei Querdurchströmung: Kathode auf der schmerzhafteren Seite
 - bei Längsdurchströmung: Kathode distal des schmerzhaften Bereichs
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Kurzwele

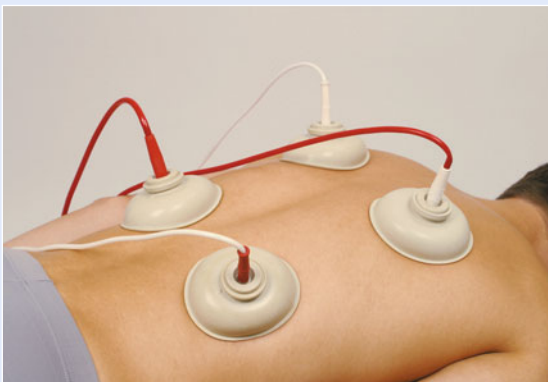
- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Diplode über BWS bzw. LWS, längs oder quer
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

4a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Pyrodorstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

4b. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Hohlfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom

Behandlung der BWS bei Morbus Bechterew (Saugelektroden)



Alternative Behandlung der BWS (zwei Zweifeld-Elektroden)

2a. Simultanverfahren

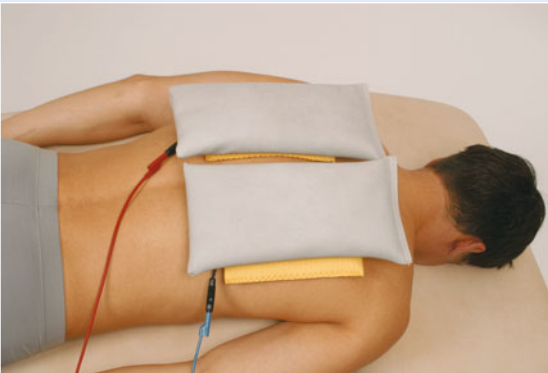


Beschallung der oberen BWS in Kombination mit Strom, Schallkopf als Anode

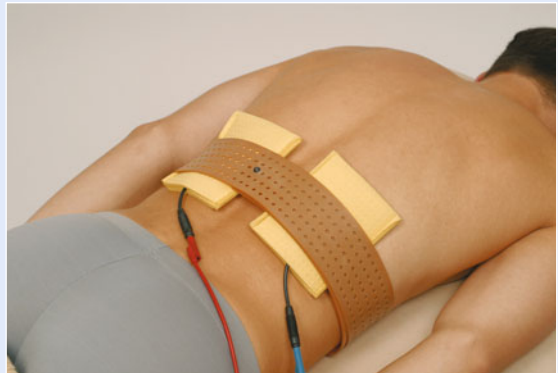


Beschallung der unteren BWS in Kombination mit Strom, Schallkopf als Kathode

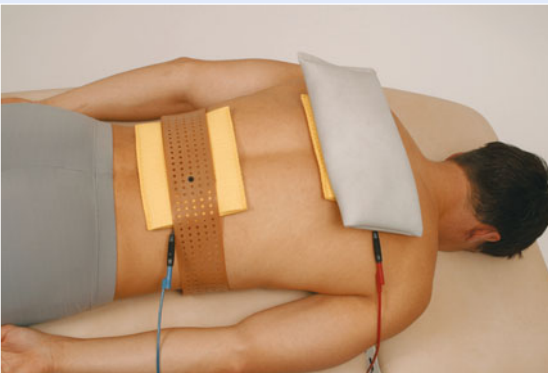
3. Ultrareizstrom



Paravertebrale Querdurchströmung der mittleren BWS. Die Elektroden werden mit zwei breiten Sandsäcken fixiert.



Paravertebrale Querdurchströmung der unteren BWS (Plattenelektroden)



Paravertebrale Längsdurchströmung der gesamten BWS



Paravertebrale Längsdurchströmung der gesamten BWS in Rückenlage. Die Beine des Patienten müssen stark gebeugt sein, damit die untere Elektrode gut am Körper anliegt.

4. Kurzweile



Behandlung der BWS mit einer Diplode

4b. Mikrowelle



Behandlung der BWS mit einem Hohlfeldstrahler

Symptome

- ▶ Schmerzen im BWS-Bereich, besonders nach körperlicher Belastung
- ▶ Zunehmend fixierter Rundrücken

Behandlungsziele

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

Lagerung

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

9.6.3 Osteochondrose, Spondylarthrose

Erläuterung

Osteochondrose und Spondylarthrose sind keine Krankheitsbezeichnungen im eigentlichen Sinne, sondern degenerative Veränderungen an der Wirbelsäule. Da diese Begriffe aber häufig in der ärztlichen Verordnung als Diagnosen auf den Rezepten angegeben sind, sollen sie an dieser Stelle kurz erwähnt werden.

Osteochondrose ist eine Veränderung des Bandscheibenknorpels (griech. chondron = Knorpel) mit einer begleitenden Reaktion des Wirbelkörpers (griech. osteon = Knochen). Als Ursache kommt am häufigsten ein Verschleiß in Frage, z. B. durch eine langdauernde Überlastung der Bandscheibe.

Die **Spondylarthrose** ist eine chronisch degenerative Veränderung an den Wirbelgelenken infolge von Verschleißerscheinungen, wie z. B. Bandscheibendegeneration.

Symptome

- ▶ Rückenschmerz
- ▶ Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule

Behandlungsziele

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

Lagerung

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

9.6.2 Morbus Scheuermann

Erläuterung

Beim Morbus Scheuermann (syn. Adoleszentenkyphose, juvenile Kyphose) kommt es im Alter von 12 bis 16 Jahren zu Wachstumsstörungen an Grund- und Deckplatten der Brustwirbelkörper. In der Folgezeit führt der Einbruch der Deckplatten und das Eindringen von Bandscheibengewebe zu einer keilförmigen Verformung der Wirbelkörper, die sich durch das Auftreten einer starken Kyphose – besonders im unteren BWS-Abschnitt – zeigt.

9.6.4 Interkostalneuralgie

Erläuterung

Der Begriff Interkostalneuralgie beschreibt die Folgen einer Irritation der Nervi intercostales infolge eines Herpes zoster, von Veränderungen an Rippen oder Rippengelenken, einer Osteochondrose, einer Spondylitis, einer Osteoporose oder von Tumorprozessen in der Umgebung der Spinalwurzel.

Symptom

Hyper- oder Hypästhesie in den betroffenen Interkostalräumen

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

Seitenlage, betroffene Seite oben liegend

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier kleine Saugelektroden im Verlauf des Interkostalraums hintereinander, wobei sich die Kabelfarbe abwechseln soll (s. Abb. oben).
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 80–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

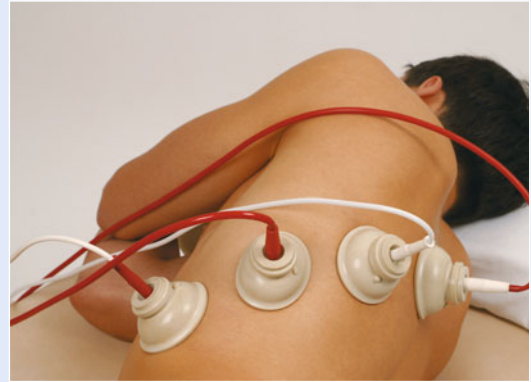
2. Stabile Galvanisation

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei kleine Saugelektroden; eine an der Nervenaustrittsstelle, die andere am Ende des zugehörigen Interkostalraums
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei kleine Saugelektroden; eine an der Nervenaustrittsstelle, die andere am Ende des zugehörigen Interkostalraums
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 1–3 min DF einleitend, danach 2–6 min LP

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Interkostalneuralgie mit Interferenzstrom (vier Saugelektroden)

2. Stabile Galvanisation



Behandlung einer Interkostalneuralgie (Saugelektroden)

9.6.5 Segmentale Wirbelgelenk- und Rippengelenkblockierungen

Erläuterung

Infolge plötzlich auftretender Krafteinwirkung durch Hebetraumen, bei unkoordinierter Atmung oder bei Brüsen, unkontrollierten Rotationsbewegungen, kommt es zur Blockierung von Wirbel- oder Rippengelenken.

Symptome

- ▶ Schmerzen beim Ein- oder Ausatmen
- ▶ Schmerzen bei Rotations- oder Extensionsbewegungen
- ▶ Einschränkung der aktiven und passiven Gelenkbeweglichkeit

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit beim Bewegen und Atmen
- ▶ Lösung der verkraмпften segmentalen autochthonen Muskulatur und der Interkostalmuskulatur

Lagerung

s. Kap. 9.6.1, Morbus Bechterew

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** semistatische oder dynamische lokale Beschallung auf dem betroffenen BWS-Abschnitt
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 Watt/cm² Impulsschall
 - behandlungsresistent: 0,2–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer und kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

2. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale paravertebrale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart:** Bügelelektrode oder zwei kleine Saugelektroden paravertebral der BWS
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Polung:** Kathode auf der schmerzhaften Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** 1–2 min DF einleitend, danach 3–4 min CP
- ▶ **alle anderen Parameter:** wie Interferenzstrom (2.)

3a. Ultrareizstrom

- ▶ **Behandlungszeit:** 5–8 min
- ▶ **alle anderen Parameter:** wie Interferenzstrom (2.)

4. Laser

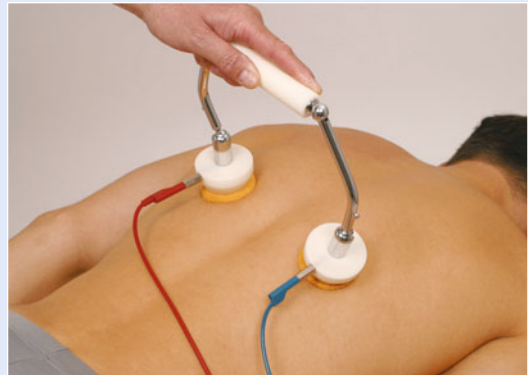
- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung an den betroffenen Facettengelenken und Nervenaustrittstellen
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

1. Ultraschall



Gezielte Beschallung eines blockierten Wirbelsäulensegments

3. Diadynamische Ströme



Behandlung eines blockierten Wirbelsäulensegments mit Bügelelektroden

4. Laser



Behandlung eines blockierten Wirbelsäulensegments mit einem Laser (lokale Laserstrichführung)

9.7 HWS und Schultergürtel

9.7.1 Schleudertrauma

Erläuterung

Ein Schleudertrauma ist die Folge eines Stoßes auf den Rumpf von hinten, bei dem es zunächst zu einer ruckartigen Hyperextensionsbewegung und anschließend zu einer Hyperflexionsbewegung der HWS kommt. Häufig werden dabei die Bänder der HWS stark gedehnt oder rupturieren sogar.

Symptome

- ▶ Bewegungs- und Haltungsschmerz
- ▶ Instabilität
- ▶ Kopfschmerzen

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

- ▶ Sitz vor einem Schulter-Arm-Tisch oder einer Bank in passender Höhe. Der Kopf wird auf ein Kissen und die Arme werden neben dem Kopf abgelegt.
- ▶ **Alternative Lagerung:** Bauchlage, Arme liegen auf den abgesenkten Armstützen eines dreiteiligen Kopfteils



PRAXISTIPP

Bei **einteiligem Kopfteil** gestaltet sich die Lagerung in Bauchlage etwas problematisch, da die Schulter-Nacken-Region nicht optimal entspannt werden kann. In diesem Fall muss der Brustkorb entsprechend hoch gelagert werden.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung über der verspannten Muskulatur und den betroffenen Facetten-gelenken
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung der HWS beidseitig

▶ Schalldosis:

- akut: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
- subakut: 0,1–0,2 W/cm² Dauerschall

▶ Behandlungszeit: 5 min

3. Tripolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Dreifeld-Elektrode auf der unteren HWS
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 80–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

- ▶ **Alternative Applikationsform:** Querdurchströmung mit bipolarem Interferenzstrom

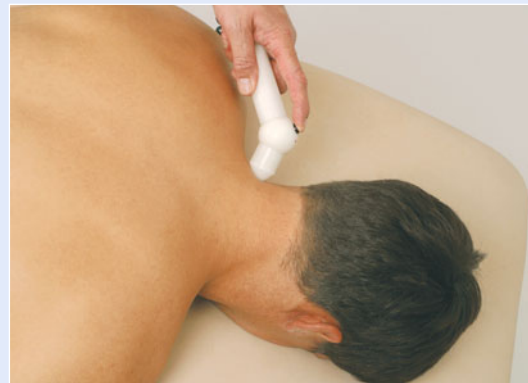
- ▶ **Elektrodenart:** zwei Plattenelektroden von dorsal rechts und links neben der Halswirbelsäule

- ▶ **Modulationsfrequenz und Behandlungszeit:** wie oben

4. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale paravertebrale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart:** Bügelelektroden von dorsal rechts und links neben der Halswirbelsäule
- ▶ **Polung:** von Behandlung zu Behandlung abwechselnd um-polen
- ▶ **Behandlungszeit:** pro Segment 1–2 min DF, 2–3 min CP, bei starken Schmerzen zusätzlich 1 min LP

1. Laser



Laserbehandlung der HWS in Bauchlage (Bank mit abgesenktem Kopfteil)

2. Ultraschall



Ultraschallbehandlung der unteren HWS im Sitz vor der Behandlungsbank

4. Diodynamische Ströme



Behandlung der HWS mit Bügelelektroden mono-segmental quer im Sitz vor Behandlungsbank

3. Tripolarer Interferenzstrom



Behandlung der unteren HWS und oberen BWS mit tripolarem Interferenzstrom (Dreifeld-Elektrode)



Alternative Behandlung mit bipolarem Interferenzstrom: besonders komfortable Anwendung von Klebeelektroden

9.7.2 HWS-Syndrom

Erläuterung

Der Begriff HWS-Syndrom (syn. Zervikalsyndrom) umfasst alle klinischen Zeichen, die direkt oder indirekt auf degenerative Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule – Osteochondrose, Spondylarthrose, Unkovertebralarthrose, Blockierungen, Myalgien durch Überlastung bzw. Fehllagehaltung oder Diskopathien (Protrusio) – zurückgehen.

Symptome

- ▶ Ruhe- und/oder Bewegungsschmerz
- ▶ Bewegungseinschränkung der Halswirbelsäule

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung der Muskulatur
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit

Lagerung

- ▶ Sitz vor dem Schulter-Arm-Tisch oder vor einer Bank in passender Höhe. Der Kopf wird auf ein Kissen und die Arme neben dem Kopf abgelegt.
- ▶ **Alternative Lagerung:** Bauchlage, Arme liegen auf abgesenkten Armstützen eines dreiteiligen Kopfteils



PRAXISTIPP

Bei **einteiligem Kopfteil** gestaltet sich die Lagerung (s. Kap. 9.7.1, **Schleudertrauma**) in Bauchlage etwas problematisch, da die Schulter-Nacken-Region nicht optimal entspannt werden kann. In diesem Fall muss der Brustkorb entsprechend hoch gelagert werden.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Achtpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Vierfeld-Kissen-elektroden Typ „T“, paravertebral hauptsächlich auf den betroffenen Segmenten
- ▶ **Modulationsfrequenz:**
 - akut bis subakut: 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz
 - chronisch: ab 1. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden paravertebral
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie achtpoliger Interferenzstrom (1.)

1b. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier kleine Saug-elektroden, zwei im Bereich der HWS, je eine auf dem M. trapezius
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie achtpoliger Interferenzstrom (1.)

1c. Sechspoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung, stereodynamisch
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Sternelektroden oder dreipolige Saugelektroden paravertebral
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie achtpoliger Interferenzstrom (1.)

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung der HWS beidseitig; wenn eine Seite schmerzhafter, diese etwas länger als die andere Seite beschallen

▶ Schalldosis:

- akut: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
- subakut bis chronisch: 0,1–0,5 W/cm² Dauerschall

- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugs-elektrode auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Anode (!), Bezugs-elektrode als Kathode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min



VORSICHT

- Lässt sich der Schallkopf beim vorhandenen Gerät nicht als Anode polen, sollte nur mit Ultraschall behandelt werden.
- Wird der Schallkopf als Kathode gepolt (aufsteigende Behandlung), besteht die Gefahr, dass es zu Irritationen wie Kopfschmerzen oder Schwindel kommt.

Zusätzlich besteht folgende Möglichkeit, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskel-trigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große BÜgelelektroden oder kleine Saugelektroden, beidseitig der Wirbelsäule platziert
- ▶ **Polung:** differente Elektrode als Kathode auf betroffene Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1 min DF, danach 2 min CP und 1 min LP pro Segment

► Applikationsformen (Alternativen):

- multisegmentale Querdurchströmung
 - Elektrodenart und -platzierung: zwei Plattenelektroden beidseitig der Wirbelsäule
 - Behandlungszeit: einleitend 2–3 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP
- multisegmentale Längsdurchströmung (wenn nur eine Seite betroffen ist)
 - Elektrodenart und -platzierung: kleine Saugelektroden oder große Bügelelektroden, beidseitig der Wirbelsäule platziert
 - Polung: Kathode distal
 - Behandlungszeit: einleitend 2–3 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP

3a. Ultrareizstrom

- **Applikationsformen:** monosegmentale oder multisegmentale Querdurchströmung oder – wenn nur eine Seite betroffen ist – multisegmentale Längsdurchströmung
- **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - chronisch: 10–15 min
- **Alle anderen Parameter:** wie diadynamische Ströme (3.)

4. Laser

- **Applikationsform:** lokale Strichführung über der verspannten Muskulatur oder über den Austrittsstellen der Spinalnerven der betroffenen Segmente
- **Dosis:** 0,1–2 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden
- **Behandlungszeit:** 2–10 min

5. Kurzzeile

- **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Kondensatorplatten links und rechts der Wirbelsäule
- **Elektrodenabstand:** 1–2 cm
- **Dosisstufe**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- **Behandlungszeit**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

6. Dezimeterzeile

- **Applikationsform:** Rundfeldstrahler
- **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- **Dosisstufe**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- **Behandlungszeit**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

1. Achtpoliger Interferenzstrom



Behandlung der HWS mit zwei Kissen-Elektroden Typ „T“ und achtpoligem Interferenzstrom

1c. Sechspoliger Interferenzstrom



Alternative Behandlung der HWS mit Sternelektroden (stereodynamische sechspolige Interferenz)

2a. Simultanverfahren



Die Bezugs Elektrode ist auf dem M. trapezius befestigt. Der Schallkopf wird als Anode gepolt.

3. Diadynamische Ströme



Monosegmentale Querdurchströmung der HWS (zwei Saugel Elektroden) zur Behandlung eines HWS-Syndroms



Alternativ: multisegmentale Querdurchströmung (Platten elektroden) zur Behandlung eines HWS-Syndroms

4. Laser



Behandlung der HWS mit Laser

6. Dezimeterwelle



Behandlung eines HWS-Syndroms mit Hochfrequenz (Rundfeldstrahler)

9.7.3 Zervikobrachialgie

Erläuterung

Bei der Zervikobrachialgie (syn. zervikobrachiales Syndrom, Schulter-Arm-Syndrom) handelt es sich um ein Zervikalsyndrom mit Ausstrahlung in die obere Extremität als Folge von Spinalkanalstenosen, Intervertebralkanalstenosen oder Unkovertebralarthrosen z. B. durch einen Diskusprolaps.

Symptome

- ▶ Radikuläre oder pseudoradikuläre Schmerzen
- ▶ Sensibilitätsstörungen im zugehörigen Dermatome

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

- ▶ Bei **Trockenbehandlung**: Sitz vor der Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch. Der Arm liegt leicht gebeugt auf der Behandlungsbank oder dem Schulter-Arm-Tisch, der Kopf ist entspannt auf ein Kissen abgelegt.
- ▶ Bei **Teilbadbehandlung**: Sitz seitlich der Behandlungsbank. Der Oberkörper ist entspannt an die Rückenlehne angelehnt und mit einer Halbbrolle im LWS-Bereich unterlagert. Die Armanne steht auf der Behandlungsbank, die etwa auf Hüfthöhe heruntergefahren wird. Der Arm liegt entspannt in der Wanne.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform**: lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung**: vier Saugelektroden, zwei beidseitig der HWS und zwei am Unterarm oder alternativ: zwei beidseitig der HWS und zwei am Oberarm
- ▶ **Modulationsfrequenz**: 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit**: 10–15 min

2. Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)

- ▶ **Applikationsform**: Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung**: Plattenelektroden als Bezugselektrode auf dem M. trapezius der gleichen Seite oder auf der Oberarminnenseite
- ▶ **Polung**: Wirkelektrode als Kathode im Wasser, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Behandlungszeit**: 10–20 min

▶ Stromformen (Alternativen):

- bipolarer Interferenzstrom
 - Behandlungszeit: 10–15 min
- Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 10–15 min
- Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–10 min IG 50 oder FM

3. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform**: lokale Beschallung des betroffenen HWS-Abschnitts
- ▶ **Schalldosis**:
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,1–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit**: 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich (je nach Befinden des Patienten)

3a Simultanverfahren mit hydrogalvanischem Teilbad

- ▶ **Beschallung**: Es gelten die bei Ultraschall (3) angegebenen Parameter
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung**: Plattenelektrode in der Armanne unter der Hand des Patienten
- ▶ **Polung**: Schallkopf als Anode (!), Bezugselektrode als Kathode
- ▶ **Stromformen (Alternativen)**:
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: akut bis subakut: 1.–3. Behandlung 100 Hz, 4.–5. Behandlung 80–100 Hz, chronisch: ab 1. Behandlung 1–100 Hz alternierend
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min
- ▶ **Alternativ auch Trockenbeschallung**



VORSICHT

- Lässt sich der Schallkopf beim vorhandenen Gerät nicht als Anode polen, sollten Sie auf das Simultanverfahren verzichten.
- Wird der Schallkopf als Kathode gepolt (aufsteigende Behandlung), besteht die Gefahr, dass es zu Irritationen in Form von Kopfschmerzen oder Schwindel kommt.

4. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden, eine im HWS-Bereich auf der betroffenen Seite, die andere unter der Hand des Patienten
- ▶ **Alternative Elektrodenplatzierung:** Befestigung der distalen Elektrode an der volaren oder dorsalen Seite des Unterarms, je nachdem, welche Segmente betroffen sind
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1–3 min DF, danach 2–5 min CP und 1–4 min LP

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Zwei der vier Saugelektroden sind beidseitig der HWS und zwei am Oberarm befestigt.

2. Hydrogalvanisches Teilbad



Behandlung einer Zervikobrachialgie. Die Anode ist gezielt an den Segmenten C4–C6 als Klebeelektrode befestigt.



Alternativ kann die Anode auch an der Oberarminnenseite befestigt werden.

3a. Simultanverfahren



Simultanverfahren bei Zervikobrachialgie im hydrogalvanischen Teilbad



Alternative Beschallung der HWS: die Kathode liegt unter der Hand. Zum besseren Kontakt liegt ein Sandsack auf der Hand.

9.7.4 Segmentale Blockierungen im Bereich der HWS

Erläuterung

Bei segmentalen Blockierungen handelt es sich um reversible Bewegungseinschränkungen eines oder mehrerer Wirbelsäulensegmente auf Grund von Fehlstellungen der Gelenkfacetten, Muskelverkrampfung oder mechanischen Behinderungen im Gelenk selbst.

Symptom

Schmerzhafte Bewegungseinschränkung in einer oder mehreren Bewegungsrichtungen

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung der Muskulatur

Lagerung

Bauchlage

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des betroffenen Segments
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

2. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** monosegmentale paravertebrale Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine Saug- oder Bügelelektroden beidseitig
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** paravertebrale monosegmentale Querdurchströmung

- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine oder große Bügelelektroden – je nach Größe des Patienten – beidseitig der HWS
- ▶ **Polung:** Kathode auf betroffener Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1–2 min DF, danach 2–3 min CP und 1–2 min LP
- ▶ **Alternative Stromform:** Ultrareizstrom
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie diadynamische Ströme

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am betroffenen Segment und dessen Muskulatur
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–8 min

1. Ultraschall



Beschallung eines HWS-Segments bei segmentalen Blockierungen

2. Bipolarer Interferenzstrom



Zwei Saugelektroden sind beidseitig der HWS befestigt.

9.8 Schultergelenk und Oberarm

9.8.1 Periarthropathia humeroscapularis

Erläuterung

Mit dem Begriff **Periarthropathia humeroscapularis** (syn. PHS, Periarthritis humeroscapularis) werden zusammenfassend alle degenerativen Veränderungen des subakromialen Raums bezeichnet.

Periarthropathia humeroscapularis ankylosans (syn. fibröse Schultersteife, Frozen Shoulder) bezeichnet die komplette Blockierung des Gelenks bei passiven und aktiven Bewegungen auf Grund einer fibrösen Schrumpfung der Gelenkkapsel mit geringer Schmerzhaftigkeit.

Symptome

- ▶ Schmerzen bei Bewegung und Ruhe, besonders nachts beim Liegen auf der betroffenen Seite
- ▶ Bewegungseinschränkungen („Frozen Shoulder“) im Schultergelenk
- ▶ Schmerzhafte Ansatzsehnen von M. biceps brachii, Caput longum und der Rotatorenmanschette
- ▶ Schmerzhafte Triggerpunkte im M. deltoideus, M. trapezius, M. subscapularis, M. infraspinatus und M. teres minor

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung der verspannten angrenzenden Muskulatur
- ▶ Verbesserung der Trophik
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Lehne, Armlagerung in 50–90° Abduktion im Schultergelenk, auf einem Schulter-Arm-Tisch oder auf einer in passender Höhe eingestellten Behandlungsbank oder in einer Schlinge aufgehängt

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden schließen das Schultergelenk ein.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–4. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden

werden ventral und dorsal am Schultergelenk in Kreuzbandagenteknik fixiert.

- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie vierpoliger Interferenzstrom (1.)

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung rund um das Schultergelenk
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,3–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 1.–3. Behandlung 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich. Zusätzlich die betroffenen Ansatzsehnenreizungen 2–3 min mit 0,2–0,4 W/cm² extra beschallen.

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am distalen Oberarm
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation, Typ IG 30
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)
Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit $0,2 \text{ W/cm}^2$ Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165).

3. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** $0,5\text{--}4 \text{ J/cm}^2$. Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit $0,2\text{--}2 \text{ J/cm}^2$ behandelt werden. Zusätzliche Ansatzsehnenreizungen sind mit $0,5\text{--}4 \text{ J/cm}^2$ für 2–3 min zu behandeln.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

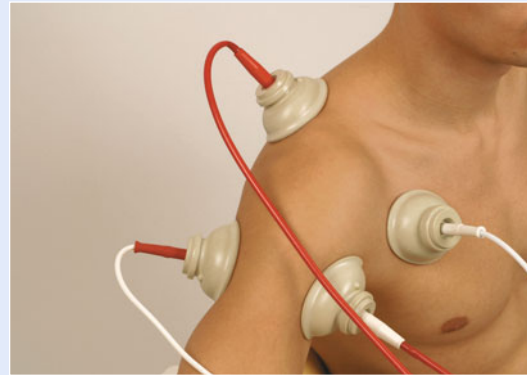
4. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden schließen das Schultergelenk ein.
- ▶ **Polung:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

5. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Plattenelektroden schließen das Schultergelenk ein.
- ▶ **Polung:** Bei asymmetrischem Schmerz Kathode an die schmerzhaftere Seite; bei symmetrischem Schmerz kann beliebig gepolt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Periarthropathia humeroscapularis mit vierpoligem Interferenzstrom (Saugelektroden)

1a. Bipolarer Interferenzstrom



Alternative Behandlung mit bipolarem Interferenzstrom (Plattenelektroden). Arm in etwa 50–90° Abduktion abgelegt.

2a. Simultanverfahren



Beschallung des Schultergelenks mit einem Schallkopf (Kathode) von allen Seiten in Kombination mit Strom

3. Laser

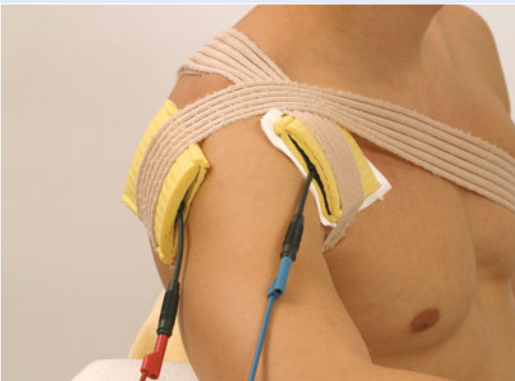


Laserbestrahlung des Schultergelenks



Laserbestrahlung des Schultergelenks auf dem betroffenen Gebiet (hier deltabetont)

4. Iontophorese



Iontophorese an der Schulter

9.8.2 Periarthropathia humeroscapularis: Bizeps-longus-Syndrom

Erläuterung

Infolge einer Überlastung des M. biceps brachii kommt es im Verlauf der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis zu Reizerscheinungen des Peritendineums (Tendinose).

Symptome

- ▶ Schmerzen bei Elevation des Arms
- ▶ Schmerzen bei der Flexion des Arms im Ellenbogengelenk
- ▶ Lokaler Druckschmerz

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit beim Bewegen

Lagerung

s. Kap. 9.8.1, Periarthropathia humeroscapularis

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung im Bereich der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung der langen Bizepssehne bei adduziertem Oberarm mit kleinem Schallkopf
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung auf max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am Oberarm oder auf dem M. trapezius. Sie kann auch unter der Hand platziert werden, die Hand wird dann mit einem Sandsack beschwert.
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromform:** diadynamische Ströme
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 2–3 min DF, danach 4–6 min CP

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination

Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit $0,2 \text{ W/cm}^2$ Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokus- oder Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Laser



Laserbestrahlung der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis

2. Ultraschall



Ultraschallbehandlung mit kleinem Schallkopf an der Bizepssehne

2a. Simultanverfahren



Beschallung der Bizepssehne in Kombination mit Strom. Die Hand liegt auf der Elektrode und wird mit einem Sandsack beschwert. Die Bezugselektrode kann auch am Oberarm fixiert werden.

9.8.3 Zustand nach Schultertrauma, Zustand nach Arthrolyse

Erläuterung

Ein **Schultertrauma** entsteht durch Gewalteinwirkung im Bereich der Schulter. Eine operative Gelenkmobilisation nennt man **Arthrolyse**.

Symptome, Behandlungsziele, Lagerung und elektrotherapeutische Verfahren s. Kap. 9.8.1, *Periarthropathia humeroscapularis*.

9.8.4 Schultergelenkarthrose

Erläuterung

Eine Schultergelenkarthrose (syn. Omarthrose) entsteht durch Knorpeldegeneration im Schultergelenk, häufig posttraumatisch.

Symptome

- ▶ Ruhe- und Bewegungsschmerz
- ▶ Eingeschränkte Beweglichkeit im Schultergelenk

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit
- ▶ Verbesserung der Durchblutung

Lagerung

s. Kap. 9.8.1, Periarthrophia humeroscapularis

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Kondensatorfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Zwei Kondensatorplatten schließen das Schultergelenk ein.
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min
- ▶ **Applikationsform (Alternative):** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Die Diplode umschließt das Schultergelenk.
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie Kurzwelle (1.)

1a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

1b. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Minifokusstrahler
- ▶ **Alle anderen Parameter:** wie Dezimeterwelle (1a), außer **Behandlungszeit** bei subakuten bis chronischen Zuständen: 5–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung rund um das Schultergelenk
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,3–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 1.–3. Behandlung 3–5 min, danach auf max. 10 min steigern

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am Oberarm oder auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden schließen das Schultergelenk ein.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–4. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,1–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

1. Kurzweile



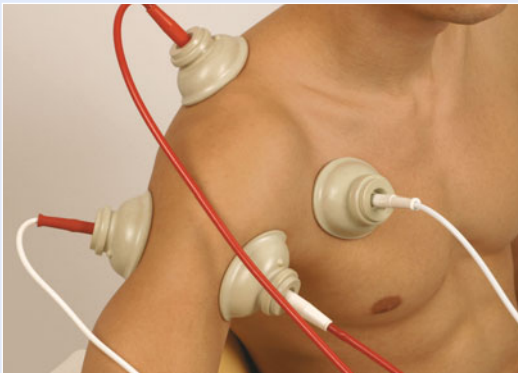
Behandlung der Schulter mit einer Diplode

1a. Dezimeterwelle



Behandlung der Schulter mit einem Rundfeldstrahler

3. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Schultergelenkarthrose mit vierpoligem Interferenzstrom (vier Saugelektroden)

9.8.5 Impingement-Syndrom

Erläuterung

Das Impingement-Syndrom ist eine zunehmende Einklemmung der Sehne des M. supraspinatus mit nachfolgender Entwicklung einer **Bursitis subacromialis** oder **Tendopathia calcarea der Supraspinatussehne**.

Ursache ist eine chronische Überlastung des Schultergelenks bei Tennis- oder Golfspielern, Schwimmen oder Werfern. Häufig ist der Humeruskopf kranialisiert und damit dezentriert.

Symptom

„Schmerzhafter Bogen“ – die Abduktion des Arms im Schultergelenk ist bis etwa 60° schmerzfrei, zwischen 60 und 120° schmerzhaft und darüber hinaus wieder schmerzfrei.

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung des M. deltoideus

Lagerung zur Elektrotherapie

- ▶ Wenn möglich, den Arm in Schürzengriffstellung lagern. Dadurch sind die Sehne des M. supraspinatus und die der Bursa subacromialis besser zu erreichen.
- ▶ **Alternative Lagerung, wenn obige Lagerung nicht möglich:** Seitenlage, betroffener Arm liegt oben (entspannteste Lage) oder Sitz auf Stuhl mit Lehne

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung der Supraspinatussehne in Adduktion und Innenrotation des Oberarms
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung auf max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugsselektrode am Oberarm oder auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugsselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP
 - Impulsgalvanisation, Typ IG 30
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese**(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)**

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2.b)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit $0,2 \text{ W/cm}^2$ Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokusstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Laser

Laserbestrahlung bei einem Impingement-Syndrom

2a. Simultanverfahren

Behandlung eines Impingement-Syndroms. Die Bezugsselektrode ist auf dem M. trapezius befestigt.

3. Mikrowelle

Behandlung eines Impingement-Syndroms (Fokusstrahler)

9.8.6 Bursitis subdeltoidea

Erläuterung

Der Begriff Bursitis subdeltoidea beschreibt die Entzündung des Schleimbeutels zwischen Schultergelenkkapsel und M. deltoideus.

Die Ursache ist häufig eine Überlastung des Muskels, Bursitis subdeltoidea kann sich aber auch im Rahmen entzündlicher Erkrankungen, wie rheumatoider Arthritis oder Gicht, entwickeln.

Symptom

Schmerzen bei Abduktion und Anteversion im Schultergelenk

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung des M. deltoideus

Lagerung

s. Kap. 9.8.1, Periarthropathia humeroscapularis

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung des M. deltoideus
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** akut 3–5 min, Steigerung auf max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am Oberarm oder auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2–3 min DF, danach 4–6 min CP
 - bipolarer Interferenzstrom

- Modulationsfrequenz: 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination

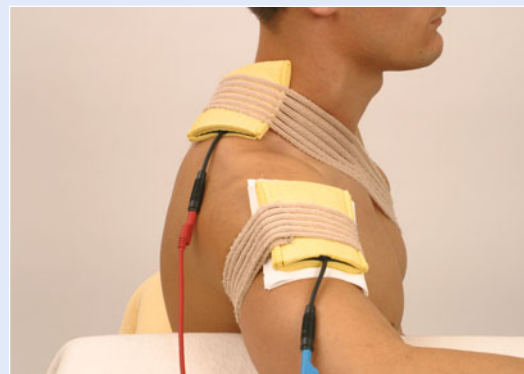
Ultraphonophorese und Simultanverfahren

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

3. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden; die differente auf dem M. deltoideus, die Bezugselektrode am Oberarm oder auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** s. Ultraphonophorese (2b.)
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

3. Iontophorese



Behandlung einer Bursitis subdeltoidea. Die Bezugselektrode ist hier auf dem M. trapezius befestigt.

9.8.7 Schultereckgelenksprengung Tossy I bis III

Erläuterung

Durch Sturz auf die Schulter oder den ausgestreckten Arm kommt es zu Zerreißen des Kapsel-Band-Apparats des Schultereckgelenks (Tossy I), unter Umständen mit Zerreißen der kostoklavikulären Bänder (Tossy II und III). Synonym wird auch der Begriff Akromioklavikulargelenksprengung verwendet.

Symptom

Schmerzen beim Bewegen des Arms

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Trophik
- ▶ Detonisierung der Schultermuskulatur

Lagerung

s. Kap. 9.8.1, Periarthropathia humeroscapularis

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am Gelenkspalt
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** semistatische lokale Beschallung mit kleinem Schallkopf

1. Laser



Laserbestrahlung des Akromioklavikulargelenks zur Behandlung einer Schultereckgelenksprengung

▶ Schalldosis:

- akut: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
- subakut bis chronisch: 0,1–0,2 W/cm² Dauerschall. Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, abwechselnd mit einer Schallfrequenz von 3 MHz und 1 MHz beschallen, ansonsten nur mit 1 MHz.

- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle 5. 106)

4. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vierfeld-Elektrode Typ „0“
- ▶ **Modulationsfrequenz:**
 - akut: 100 Hz oder 80–100 Hz
 - subakut bis chronisch: 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Ultraschall



Beschallung des Akromioklavikulargelenks (kleiner Schallkopf) bei Schultereckgelenksprengung

9.8.8 Zustand nach subcapitaler Humerusfraktur (stabile Phase)

Erläuterung

Durch Sturz oder Schlag auf die Schulter kommt es zur Fraktur des Oberarmknochens, wobei die Frakturlinie am häufigsten durch das Collum chirurgicum verläuft.

Symptome

- ▶ Schmerzen
- ▶ Bewegungseinschränkung im Schultergelenk

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Detonisierung der verspannten angrenzenden Muskulatur
- ▶ Verbesserung der Trophik
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit
- ▶ Verbesserung der Knochenheilung zur Prophylaxe einer Pseudarthrose

Lagerung

s. Kap. 9.8.1, Periarthropathia humeroscapularis

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.8.1, Periarthropathia humeroscapularis



PRAXISTIPP

Laser- und Ultraschallbehandlung sind neben Interferenzstrom zur Erzielung schneller Knochenheilung besonders effizient.

Symptome

- ▶ Sensibilitätsstörungen in Form von Parästhesien oder Hypästhesien im Bereich von Arm oder Hand
- ▶ Schmerzen (selten)

Behandlungsziele

- ▶ Intakte Sensibilität
- ▶ Detonisierung der Mm. scaleni und des M. pectoralis minor
- ▶ Schmerzfreiheit

Lagerung

- ▶ Sitz, Rückenlage oder Seitenlage, wobei Schultergürtel und Kopf leicht angenähert werden sollten.
- ▶ **Alternative Lagerung:** Sitz auf Stuhl mit Lehne. Arm in 50–90° Abduktion im Schultergelenk auf einem Schulter-Arm-Tisch, auf einer in passender Höhe eingestellten Behandlungsbank oder in einer Schlinge aufgehängt.



PRAXISTIPP

Die kostoklavikuläre Passage selbst ist elektrotherapeutisch nicht zu beeinflussen.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vierfeld-Elektrode auf den Mm. scaleni anterior und medius oder auf dem M. pectoralis minor
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 20–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

3. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische Beschallung der Mm. scaleni anterior und medius mit kleinem Schallkopf
- ▶ **Schalldosis:**
 - an der Skalenuslücke: 0,05–0,1 W/cm² Dauerschall. Wegen der engen Nachbarschaft der A. und V. subclavia sehr vorsichtig dosieren, da Gefäßbeschallungen umstritten sind.
 - am M. pectoralis minor: max. 0,6 W/cm² Dauerschall

9.8.9 Thoracic-outlet-Syndrom

Erläuterung

Kompression des Plexus brachialis und der A. subclavia bzw. A. brachialis in drei möglichen anatomischen Engpässen:

- ▶ Der hinteren Skalenuslücke zwischen M. scalenus anterior und medius (= **Skalenus-Syndrom**),
- ▶ Dem Raum zwischen Klavikula und 1. Rippe (= **Kostoklavikular-Syndrom**)
- ▶ Dem Raum zwischen dem Thorax und der Sehne des M. pectoralis minor (= **Pektoralis-minor-Syndrom**)

- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

4. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokusstrahler über dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung der Mm. scaleni anterior und medius (Vierfeldelektrode)



Behandlung des M. pectoralis minor (Vierfeldelektrode)

2. Laser



Laserbestrahlung der Mm. scaleni anterior und medius



Laserbestrahlung des M. pectoralis minor

3. Ultraschall



Beschallung der Mm. scaleni anterior und medius



Beschallung des M. pectoralis minor

4. Mikrowelle



Bestrahlung der Mm. scaleni anterior und medius (Fokusstrahler)



Bestrahlung des M. pectoralis minor (Fokusstrahler)

9.9 Ellenbogen und Unterarm

9.9.1 Epikondylitis humeri radialis

Erläuterung

Infolge anhaltender oder auch einmaliger sehr starker Überbelastung der Extensoren im Bereich des Unterarms, z. B. bei Schreibarbeit, Tippen am Computer, Gartenarbeit oder Tennisspielen, kommt es zur Degeneration der Sehnenansätze im Bereich des Epicondylus lateralis humeri. Dieses Krankheitsbild bezeichnet man als Epikondylitis humeri radialis (syn. Tennisellenbogen).

Symptome

- ▶ Schmerzen beim festen Zugreifen und bei der Extension des Arms im Ellenbogengelenk
- ▶ Druckschmerz der Sehnenansätze am Epicondylus lateralis humeri

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Muskeldurchblutung
- ▶ Reduktion des lokalen Ödems

Lagerung

Sitz auf einem Stuhl mit Lehne. Der Unterarm wird in mittlerer Beugung auf dem Schulter-Arm-Tisch oder auf der Behandlungsbank abgelegt.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am Ursprungs-sehnenbereich der Handgelenks- und Fingerextensoren
- ▶ **Dosis:** 0,5–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** ca. 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische Beschallung der Ursprungssehnen der Handgelenks- und Fingerextensoren
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–10 min

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.

- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode am distalen Oberarm
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–3. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP
 - Impulsgalvanisation, Typ FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und zum besseren Abbau des Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106).

2c. Kombination Simultanverfahren und Ultraphonophorese

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen außerdem folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Tetravac-Saugelektrode am lateralen Epikondylus
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, danach 1–100 Hz alternierend
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

4. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokusstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**

9.9 · Ellenbogen und Unterarm

- akut: I
- subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

5. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Quer- oder Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** eine kleine Platten-elektrode im Ansatzsehnenbereich, eine größere proximal am Oberarm oder gegenüber des Ansatzsehnenbereichs
- ▶ **Polung:** abhängig von der Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medika-menten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung,

Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

6. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Bügelelektroden, die Bezugselektrode auf den Sehnenansätzen
- ▶ **Polung:** Bezugselektrode als Kathode
- ▶ **Behandlungszeit:** 2 min DF einleitend, danach 3–4 min CP und 1–2 min LP

1. Laser



Laserbehandlung bei einer Epikondylitis radialis humeri

2a. Simultanverfahren



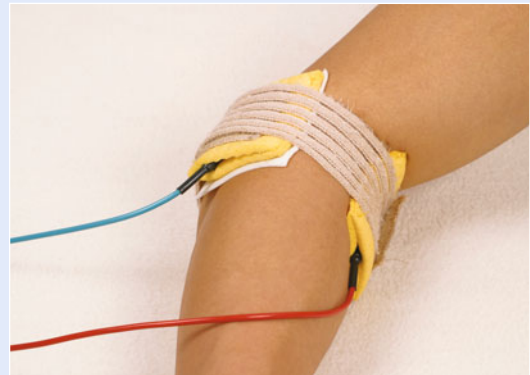
Behandlung einer Epikondylitis humeri radialis

3. Vierpoliger Interferenzstrom



Die Behandlung einer Epikondylitis radialis humeri mit Interferenzstrom (Tetravac-Saugelektrode)

5. Iontophorese



Iontophorese bei einer Epikondylitis humeri radialis

9.9.2 Epikondylitis humeri ulnaris

Erläuterung

Infolge anhaltender oder auch einmaliger sehr starker Überbelastung der Flexoren im Bereich des Unterarms, z. B. beim Golfspielen, kommt es zur Degeneration der Sehnenansätze im Bereich des Epicondylus medialis humeri. Diese Beschwerden werden als Epikondylitis humeri ulnaris (syn. Golferellenbogen) bezeichnet.

Symptom

Schmerz bei Flexion der Finger

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Muskeldurchblutung
- ▶ Reduktion des lokalen Ödems

Lagerung

Sitz auf einem Stuhl mit Lehne. Der Unterarm wird in mittlerer Beugung und Supination im Ellenbogengelenk sowie Außenrotation im Schultergelenk auf dem Schulter-Arm-Tisch oder auf der Behandlungsbank abgelegt.

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.9.1, Epikondylitis humeri radialis

1. Laser



Der so weit wie möglich außenrotierte und supinierte Arm wird auf der Unterlage abgelegt.

2. Ultraschall



Beschallung schmerzhafter Flexoren bei einer Epikondylitis humeri ulnaris.

3. Mikrowelle



Behandlung der Epikondylitis humeri ulnaris mit einem Fokusstrahler.

9.9.3 Arthrose des Ellenbogengelenks

Erläuterung

Verschleißerscheinung im Bereich des Ellenbogengelenks, meistens nach langjähriger Überlastung im Beruf oder beim Sport.

Symptome

- ▶ Ruhe- und Bewegungsschmerz
- ▶ Eingeschränkte Beweglichkeit im Gelenk

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Freie Gelenkbeweglichkeit

Lagerung

s. Kap. 9.9.1, Epikondylitis humeri radialis

Elektrotherapeutische Verfahren:

1. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart:** Monode oder Minode
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

1a. Dezimeterwelle

- ▶ **Applikationsform:** Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung lateral und medial des Ellenbogengelenks. Die Ellenbeuge wird wegen der Gefäße von der Beschallung ausgenommen.
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,5 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** akut 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2). Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1)

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** vier Saugelektroden, zwei oberhalb, zwei unterhalb des Ellenbogens. Ellenbogen liegt im Kreuzungsmittelpunkt.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1a. Dezimeterwelle



Behandlung einer Arthrose des Ellenbogengelenks (Rundfeldstrahler)

3. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung einer Ellenbogenarthrose mit vierpoligem Interferenzstrom (Saugelektroden)

9.9.4 Osteochondrosis dissecans im Bereich des Ellenbogengelenks

Erläuterung

Die Osteochondrosis dissecans ist eine im Wachstumsalter entstehende lokalisierte Erkrankung von Gelenken, die zur Gruppe der aseptischen Knochennekrosen gehört. Der segmentale Befall von subchondralem Knochen und darüberliegendem Knorpel kann zur Bildung freier Gelenkkörper führen.

Symptome

- ▶ Ruhe- und Bewegungsschmerz
- ▶ Eingeschränkte Beweglichkeit im Gelenk

Behandlungsziele

s. Kap. 9.9.3, Arthrose des Ellenbogengelenks

Lagerung

s. Kap. 9.9.1, Epikondylitis humeri radialis

Elektrotherapeutische Verfahren

s. Kap. 9.9.3, Arthrose des Ellenbogengelenks

9.9.5 Volkmannsche Kontraktur

Erläuterung

Durch Hämatome, Frakturen mit Bruchstückverlagerung oder einengende Verbände kommt es zu einer Gewebedruckerhöhung mit nachfolgender Ischämie im Kompartiment der Finger- und Handgelenksflexoren.

Symptome

- ▶ Ischämie-Schmerz im Bereich der volaren Unterarmmuskeln
- ▶ Blässe des Unterarms und der Hand
- ▶ Radialis puls nicht mehr oder nur schwach tastbar

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Normale Durchblutung der Haut und der Muskulatur
- ▶ Resorption des Hämatoms

Lagerung

Sitz auf einem Stuhl mit Lehne. Der Unterarm wird in mittlerer Beugung auf dem Schulter-Arm-Tisch oder auf der Behandlungsbank abgelegt.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart-platzierung:** Platten- oder Saugelektroden auf dem Muskelbauch der Handgelenks- und Fingerflexoren
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** große Bügelektroden bipolar direkt auf dem Muskelbauch der Handgelenks- und Fingerflexoren
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min CP

3. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung entlang der Muskelfaserrichtung. Bei bestehendem ursächlichem Hämatom ist dieses ebenfalls mit Laser zu behandeln.
- ▶ **Dosis:**
 - Hämatom: 0,1–0,2 J/cm²
 - Ödem: 0,1–1,5 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

4. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale Beschallung des Muskelbauchs
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,4 W/cm² Impulsschall. Falls die Ursache ein Hämatom am Oberarm ist, ist das Hämatom zusätzlich mit 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall zu beschallen.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

4a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (4.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugselektrode auf dem volaren Unterarm
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugselektrode als Anode
- ▶ **Stromform:** diadynamische Ströme
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP

5. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokusstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm

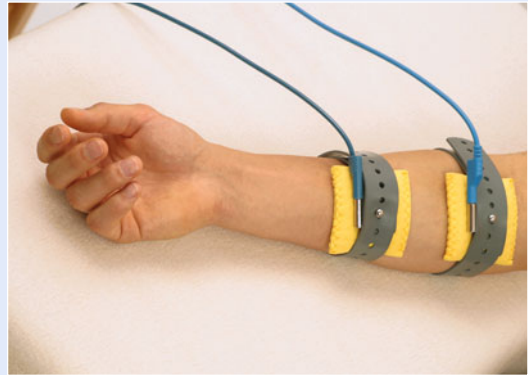
► **Dosisstufe:**

- akut: I
- subakut bis chronisch: II–III

► **Behandlungszeit:**

- akut: 3–5 min
- subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Bipolarer Interferenzstrom



Behandlung ischämischer Finger- und Unterarmflexoren mit bipolarem Interferenzstrom

2. Diadynamische Ströme



Behandlung der ischämischen Finger- und Unterarmflexoren (Bügelelektroden)

3. Laser



Lokale Bestrahlung mit einem Lasergriffel an ischämischen Finger- und Handgelenksflexoren

4. Ultraschall



Beschallung ischämischer Finger- und Unterarmflexoren

5. Mikrowelle



Behandlung der ischämischen Finger- und Unterarmflexoren (Fokusstrahler)

9.10 Hand und Finger

9.10.1 Complex regional pain syndrome I (CRPS I) des Arms

Erläuterung

Das Complex regional pain syndrome I (syn. Sudecksche Dystrophie, Morbus Sudeck, sympathische Reflexdystrophie, Algodystrophie) entsteht infolge eines dystrophieauslösenden Reizes, der über den Sympathikus vermittelt wird. Zu diesem Syndrom kann es nach jeder Arm- oder Beinverletzungen kommen. Die Pathogenese ist unbekannt.

Besonders gravierend ist dieses Syndrom im Bereich der Hand, weil das Krankheitsbild hier häufig zur Invalidität führt.

Das Complex regional pain syndrome I läuft in drei Stadien ab:

Stadium I: akutes Stadium

Stadium II: dystrophisches Stadium (Ernährungstörung)

Stadium III: Stadium der Atrophie (Schwund von Gewebe)

Symptome

- ▶ **Stadium I:** Schwellung, Erhitzung, Bewegungseinschränkung und Schmerzen in der Hand
- ▶ **Stadium II:** Gewebe beginnt zu atrophieren, Schwellung geht zurück, Temperatur im Bereich des betroffenen Gebiets nimmt ab, deutliche Bewegungseinschränkung, Schmerzen in der Hand lassen nach.
- ▶ **Stadium III:** Knochen und Weichteile sind atrophiert, sowie Muskeln und beteiligte Gelenkkapseln; die Haut ist kalt, dünn und glatt, starke Bewegungseinschränkungen

Behandlungsziele

- ▶ **Stadium I:** Schmerzlinderung, Dämpfung des Sympathikus, Resorption des Ödems
- ▶ **Stadium II:** Schmerzlinderung, Dämpfung des Sympathikus, Verbesserung der Gewebstrophik
- ▶ **Stadium III:** Verbesserung der Gewebstrophik

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch.

Elektrotherapeutische Verfahren: Stadium I und II

Indirekte Behandlung über das Ganglion stellatum

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung

- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vierfeld-, Vierpunkt- oder Saugelektrode auf dem Ganglion stellatum
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 3 min

- ▶ **Applikationsform (alternativ oder zusätzlich):** Monozellenbad
- ▶ **Wassertemperatur:** kühl
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min!

2. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** gangliotrope Applikation
- ▶ **Elektrodenart:** kleine Bugelektroden
- ▶ **Polung:** Kathode im Bereich des Ganglion stellatum, Anode proximal oder dorsal auf dem M. trapezius
- ▶ **Behandlungszeit:** 3 min DF

2a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** gangliotrope Applikation
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Platten- oder kleine Saugelektroden im Bereich des Ganglion stellatum
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

Direkte Behandlung der Hand

3. Monozellenbad

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugslektrode auf der HWS im Bereich C5–C7 und auf dem M. trapezius
- ▶ **Polung:** differente Elektrode als Kathode im Wasser, Bezugslektrode als Anode
- ▶ **Wassertemperatur:** kühl
- ▶ **Stromform:** diadynamische Ströme
- ▶ **Behandlungszeit:** einleitend 1–3 min DF, danach 2–4 min CP

4. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** dynamische Wasserbeschallung (keine Trockenbeschallung!)
- ▶ **Schalldosis:** nur Stadium II: 0,1–0,3 Watt/cm² Impulsschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min



VORSICHT

Im Stadium I noch nicht an der Hand beschallen.



PRAXISTIPP

Da die betroffene Hand im Stadium I auf Grund der noch vorhandenen akuten Reizung nicht direkt behandelt werden darf, sollten Sie einen kranialen neuraltherapeutischen Aufbau (s. Kap. 8.5.1) einsetzen.

- ▶ **Applikationsform (Alternative):** paravertebrale Beschallung der Segmente C5–C7
- ▶ **Schalldosis:** Stadium II: 0,1 W/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–3 min

5. Zweizellenbad

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Polung:** Anode auf der betroffenen Seite
- ▶ **Wassertemperatur:** auf betroffener Seite kühl
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

Elektrotherapeutische Verfahren: Stadium III

6. Zweizellenbad

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Wassertemperatur:** auf betroffener Seite mild bis warm
- ▶ **Polung:** Anode auf der betroffenen Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

6a. Bipolarer Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** hydrogalvanisches Teilbad
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

7. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** dynamische Wasserbeschallung (keine Trockenbeschallung!)
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,5 Watt/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min



PRAXISTIPP

Zusätzlich kann auch ein kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1) verwendet werden. Dieser steigert die Effektivität der Behandlung.

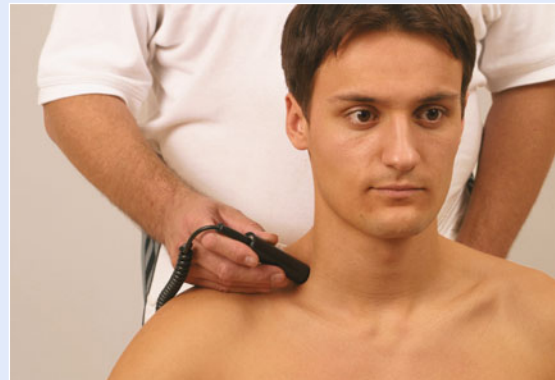
8. Kurzweile

- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Rundfeldstrahler (Monode) über der Hand
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:** I–II
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung des CRPS I (Stadium I und II) mit einer Vierfeldel-Ektrode auf dem Ganglion stellatum



Behandlung des CRPS I (Stadium I und II) mit einer Vierpunkt-elektrode auf dem Ganglion stellatum

1. Vierpoliger Interferenzstrom (Fortsetzung)



Die Behandlung des CRPS I (Stadium I und II) mit einer Travac-Saugelektrode auf dem Ganglion stellatum

2. Diadynamische Ströme



Behandlung des CRPS I (Stadium I und II) mit einer kleinen Bügelelektrode auf dem Ganglion stellatum

3. Monozellenbad



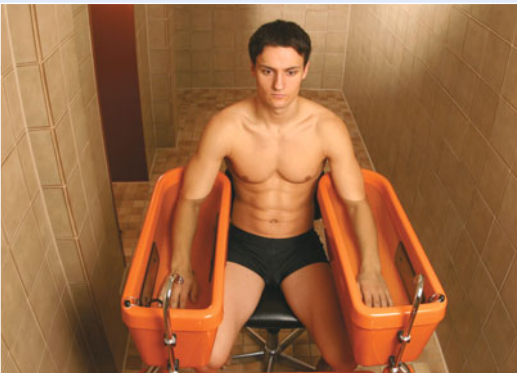
Monozellenbad bei CRPS I: absteigende Längsdurchströmung

4. Ultraschall



Subaquale Beschallung der Hand bei CRPS I (Stadium III)

5. Zweizellenbad



Wassertemperatur auf der betroffenen Seite kühl im Stadium I und II, angenehm warm im Stadium III

8. Kurzwelle



Behandlung der Hand bei CRPS I (Stadium III) mit einem Rundfeldstrahler (Monode)

9.10.2 Distorsionen des Handgelenks

Erläuterung

Distorsionen sind Zerrungen oder Verstauchungen, die meist durch direkte Gewalteinwirkung (z. B. Stauchung der Hand) entstehen. Es kommt dabei zu Fasereinschnitten im Bandapparat.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Hämatom
- ▶ (Druck-)Schmerz
- ▶ Bewegungseinschränkung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Ödemresorption
- ▶ Freie Beweglichkeit

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Achtpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Je eine Vierfeld-Kissenelektrode Typ „T“ auf die dorsale und volare Fläche des Handgelenks
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–4. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung des betroffenen Handgelenks von allen Seiten
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,3–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode unterhalb des distalen Unterarms mit Band befestigen. Es genügt auch, wenn der Patient seinen Unterarm auf die Elektrode legt und mit dem Eigengewicht fixiert.

- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Plattenelektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**

- diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP
- Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
- Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und zum besseren Abbau des Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106).

2c. Kombination

Simultanverfahren und Ultraphonophorese

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei kleine Plattenelektroden, eine auf der Läsionsseite, die andere gegenüber
- ▶ **Polung:** Kathode auf Läsionsseite, bei nicht zufriedenstellender Wirkung Polwechsel nach der Hälfte der Behandlungszeit oder bei der nächsten Behandlung
- ▶ **Behandlungszeit:** 2 min DF einleitend, danach 3–4 min CP oder evtl. auch 2 min LP

3a. Ultrareizstrom

wie bei diadynamischen Strömen, außer Behandlungszeit: 10–15 min

3b. Impulsgalvanisation

wie bei diadynamischen Strömen, außer Behandlungszeit: 5–10 min Typ FM

4. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung über dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

5. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektroden dorsal und volar des Handgelenks
- ▶ **Polung:** abhängig von Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und zum besseren Abbau des Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

6. Zusätzlich bei starken Schmerzen

Impulsgalvanisation

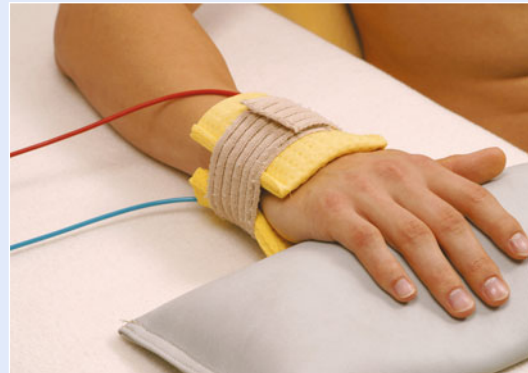
wie bei Iontophorese, außer Behandlungszeit: 5–10 min

2a. Simultanverfahren



Die Bezugselektrode wird am distalen Unterarm befestigt.

3. Diadynamische Ströme



Querdurchströmung des Handgelenks

1. Achtpoliger Interferenzstrom



Behandlung des Handgelenks mit zwei Vierfeld-Kissen - elektroden Typ „T“

4. Laser



Laserbestrahlung des Handgelenks

9.10.3 Luxationen einzelner Handwurzelknochen

Erläuterung

Unter einer Luxation versteht man die vollständige Trennung von Gelenkkopf und Gelenkpfanne, meist als Folge einer Gewalteinwirkung.

Symptom

Schmerzen bei Bewegungen des Handgelenks

Behandlungsziele

Schmerzfreiheit

Lagerung:

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische Beschallung mit kleinem Schallkopf auf dem betroffenen Knochen
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,1–0,3 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 1.–3. Behandlung 3–5 min, danach je nach Besserung Steigerung bis max. 10 min möglich

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und Abbau des Hämatoms (**s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106**).

9.10.4 Distorsionen der Fingergelenke

Erläuterung

Distorsionen sind Zerrungen oder Verstauchungen, die meist durch direkte Gewalteinwirkung (z. B. Stauchung der Finger) entstehen. Es kommt dabei zu Fasereintrissen im Bandapparat.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Hämatom
- ▶ (Druck-)Schmerz
- ▶ Bewegungseinschränkung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Ödemresorption
- ▶ Freie Beweglichkeit

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische Beschallung des Gelenkspalts mit kleinem Schallkopf
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,1–0,3 W/cm² Dauerschall. Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, abwechselnd mit einer Frequenz von 3 MHz und 1 MHz behandeln, ansonsten mit 1 MHz.
- ▶ **Behandlungszeit:** 1.–3. Behandlung 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

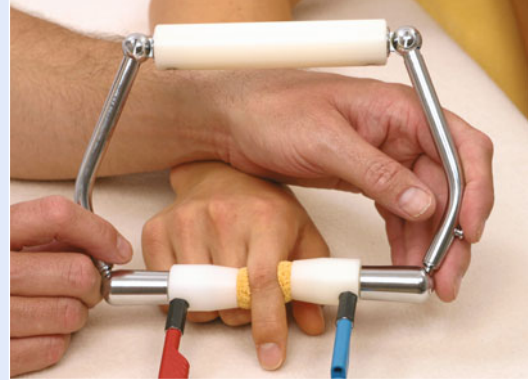
- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.

- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und zum besseren Abbau des Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

3. Diadynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung des Fingergelenks
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** kleine Bügelelektroden rechts und links am betroffenen Fingergelenk
- ▶ **Polung:** Kathode auf Läsionsseite, bei nicht zufriedenstellender Wirkung Polwechsel nach der Hälfte der Behandlungszeit oder bei der nächsten Behandlung
- ▶ **Behandlungszeit:** 2 min DF einleitend, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP

3. Diadynamische Ströme



Querdurchströmung bei einer Fingergelenksdistorsion (kleine Bügelelektroden)

1. Laser



Laserbehandlung eines Fingergelenks

2. Ultraschall



Beschallung eines Fingergelenks mit kleinem Schallkopf

9.10.5 Rhizarthrose (Arthrose des Daumensattelgelenks)

Erläuterung

Mit Rhizarthrose werden degenerative Prozesse des Gelenkknorpels im Bereich des Daumensattelgelenks (Gelenk zwischen Os trapezium und Os metacarpale I) bezeichnet, die häufig als Folge von Überlastung auftreten.

Symptome

- ▶ Druckschmerz über dem Gelenk
- ▶ Schmerzen bei der Opposition des Daumens („Schlüsselgriff“)
- ▶ Bewegungseinschränkung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Beweglichkeit
- ▶ Verbesserung der Trophik

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische Beschallung des Gelenkspalts von allen Seiten mit kleinem Schallkopf

- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,05–0,1 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,1–0,3 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

2. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am Gelenkspalt
- ▶ **Dosis:** 0,1–2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Minifokusstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 3–5 cm
- ▶ **Dosis:**
 - akut: Stufe I
 - subakut bis chronisch: Stufen II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

1. Ultraschall



Beschallung des Daumensattelgelenks zur Behandlung einer Rhizarthrose

2. Laser



Laserbestrahlung des Daumensattelgelenks zur Behandlung einer Rhizarthrose

3. Mikrowelle



Behandlung einer Rhizarthrose mit Mikrowellen (Minifokusstrahler)

9.10.6 Morbus Dupuytren

Erläuterung

Bei Morbus Dupuytren (syn. Dupuytren'sche Kontraktur) der Hand handelt es sich um eine Erkrankung des Bindegewebes entlang der Palmaraponeurose, die zu knotigen oder strangartigen Verhärtungen in der Hohlhand führt. Mit Fortschreiten der Erkrankung kommt es zu Beugekontrakturen einzelner Finger, wobei am häufigsten Klein- und Ringfinger betroffen sind. Die Finger können nicht mehr gestreckt werden, so dass die Gebrauchsfähigkeit der Hand stark eingeschränkt wird.

Symptom

Behinderung der Fingerstreckung

Behandlungsziele

Größtmögliche Streckfähigkeit der Finger

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch, der Unterarm ist endgradig supiniert.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung mit kleinem Schallkopf am Finger
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,5–1 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,3–0,6 W/cm² Dauerschall

Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, mit einer Frequenz von 3 MHz behandeln, ansonsten mit 1 MHz.
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min

1a. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (1.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hyaluronidase (+), Kaliumjodid 1 % (-), Thioharnstofflösung (-) (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Dosis:** 0,5–6 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

3. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Eine Plattenelektrode wird in der Handinnenfläche fixiert, die andere am distalen Unterarm.
- ▶ **Polung und Medikamente:** s. Ultraphonophorese (1a.)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

1a. Ultraphonophorese



Beschallung der Palmaraponeurose bei Morbus Dupuytren

3. Iontophorese



Iontophorese bei Morbus Dupuytren

9.10.7 Karpaltunnelsyndrom

Erläuterung

Das Karpaltunnelsyndrom ist eine Einengung des Nervus medianus beim Durchtritt durch den Karpaltunnel in die Hohlhand, die vor allem durch mechanischen Druck von außen entsteht (z. B. Verrenkungen, nach Frakturen durch Fehlstellung). Auch Erkrankungen, durch die der Nerv druckempfindlich wird, können ursächlich für dieses Krankheitsbild verantwortlich sein (z. B. hormonelle Veränderungen, Diabetes mellitus, Tendosynovitis bei Rheuma). Häufig lässt sich die Ursache nicht benennen.

Symptome

- ▶ Parästhesien, manchmal Schmerzen in der Hand, insbesondere im Bereich der Finger I bis III
- ▶ Der Daumen kann schlecht opponiert und abgespreizt werden.

Behandlungsziele

- ▶ Normale Sensibilität
- ▶ Normale Muskelkraft

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch, der Unterarm ist endgradig supiniert.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Querdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden, eine an der Volarseite des Handgelenks, die andere an der dorsalen Seite des Handgelenks
- ▶ **Polung:** abhängig von Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hyaluronidase (+), Kaliumjodid 1 % (-), Thioharnstofflösung (-) (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106).
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

2. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung am Ligamentum carpi transversum
- ▶ **Dosis:** 0,5–2 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

3. Ultraschall

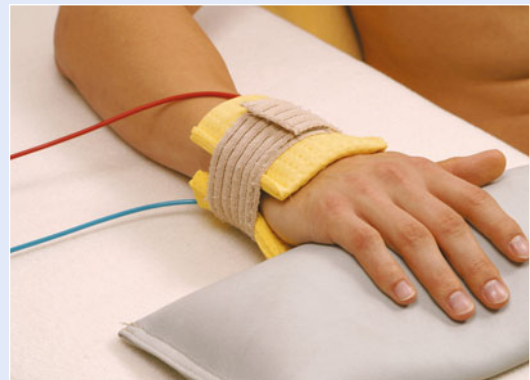
- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung am Ligamentum carpi transversum mit kleinem Schallkopf oder semistatisch mit großem Schallkopf
- ▶ **Schalldosis:** 0,2–0,4 W/cm² Impulsschall. Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, mit einer Frequenz von 3 MHz behandeln, ansonsten mit 1 MHz.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

3a. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (3.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Polung des Schallkopfs:** s. Iontophorese (1.)
- ▶ **Medikamente:** s. Iontophorese (1.)
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

1. Iontophorese



Behandlung des Handgelenks bei Karpaltunnelsyndrom

3. Ultraschall



Beschallung des Ligamentum carpi transversum bei Karpaltunnelsyndrom

9.10.8 Tendovaginitis

Erläuterung

Unter einer Tendovaginitis (syn. Tendosynovitis) versteht man eine Entzündung und Verdickung des Sehnenscheidengewebes („Sehnenscheidenentzündung“) infolge von mechanischer Überlastung. Diese kann zu winzigen Verletzungen führen, die Folge ist eine lokale (nicht-bakterielle) Entzündung. Die Sehnenscheiden der Finger entzünden sich durch Überbeanspruchung der Fingerflexoren.

Symptome

- Schmerzen beim Zugreifen
- Schmerzen beim Tippen und bei Schreiarbeiten

Behandlungsziel

Schmerzfreiheit

Lagerung

Sitz auf Stuhl mit Rückenlehne. Der Arm liegt entspannt auf Behandlungsbank oder Schulter-Arm-Tisch, der Unterarm ist endgradig supiniert.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- **Applikationsform:** lokale Strichführung an den Sehnen der Unterarmflexoren
- **Dosis:** 0,5–4 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- **Behandlungszeit:** 2–10 min

2. Ultraschall

- **Applikationsform:** dynamische Beschallung der Sehnen der Fingerflexoren
- **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,2–0,4 W/cm² Dauerschall. Wenn das Gerät die Möglichkeit bietet, mit einer Frequenz von 3 MHz behandeln, ansonsten mit 1 MHz.
- **Behandlungszeit:** akut 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode am Oberarm oder proximalen Unterarm

- **Polung:** Schallkopf als Kathode, Plattenelektrode als Anode
- **Stromformen (Alternativen):**
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2–3 min DF, danach 3–4 min CP und 2–3 min LP, jedoch max. 10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination

Simultanverfahren und Ultraphonophorese

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- Kranialer und kaudaler neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

3. Iontophorese

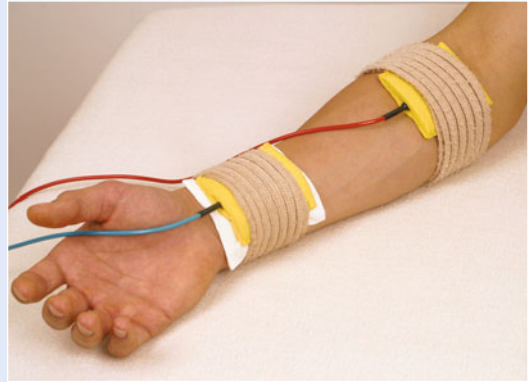
- **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden; eine distal auf der Volarseite des Unterarm, die andere proximal
- **Polung:** abhängig von Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- **Behandlungszeit:** 10–30 min

4. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Fokus- oder Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufen:**
 - akut: Stufe I
 - subakut bis chronisch: Stufen II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

4a. Dezimeterwelle

wie Mikrowelle, außer Behandlungszeit subakut bis chronisch: 5–15 min

3. Iontophorese

Iontophorese der Sehnenscheiden am Unterarm

2a. Simultanverfahren

Mit der Kathode als Schallkopf werden die Sehnenscheiden beschallt. Die Anode liegt als Bezugselektrode am proximalen Unterarm.

4. Mikrowelle

Bestrahlung der Sehnenscheiden (Rundfeldstrahler)

9.11 Muskelerkrankungen

9.11.1 Myalgien

Erläuterung

Mit dem Begriff Myalgien werden alle Formen des lokalen oder diffusen Muskelschmerzes bezeichnet.

Ursachen sind Überlastung durch Schon- oder Fehllagerung, Überbeanspruchung bei Arbeit oder Sport, Autoimmunerkrankungen, arterielle Verschlusskrankheit oder Traumen.

Die häufigsten Myalgien sind im Bereich des Schultergürtels sowie im Bereich der BWS und LWS zu finden.

Symptome

Bewegungs- und/oder Haltungsschmerz



MEMO

Im Zustand der Entspannung verspüren die Patienten meist keine Schmerzen.

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Verbesserung der Muskeldurchblutung
- ▶ Verbesserung der Trophik

Lagerung

Je nachdem, zu welcher Körperregion der betroffene Muskel hauptsächlich gehört, wird die Lagerung so vorgenommen, wie in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Diplode für Schultergürtelbereich, BWS-, HWS- und LWS-Bereich; für kleine Gebiete Monode
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I–II
 - subakut bis chronisch: II–IV
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 5–10 min
 - subakut bis chronisch: 10–20 min

1a. Dezimeterwelle

- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Hohlfeldstrahler für LWS-, BWS- und Hüftbereich; Rundfeldstrahler für kleine Gebiete
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–15 min

1b. Mikrowelle

wie Dezimeterwelle, außer Behandlungszeit subakut bis chronisch: 5–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung auf dem betroffenen Muskel
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut bis chronisch: 0,3–0,8 W/cm² Dauerschall, je nach Muskeldicke; möglichst mit 3 MHz behandeln.
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, danach Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode proximal des Beschallungsgebiets
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Plattenelektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (**s. Kap. 6.3.2**). Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (**s. Kap. 8.5.1**)

3. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Vier Saugelektroden schließen das betroffene Muskelareal ein.
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1. Kurzwelle



Behandlung einer Myalgie am M. trapezius im Spulenfeld (Diploide)

9.11.2 Verletzungen der Muskulatur

Erläuterung

Muskelzerrung: Der Begriff Muskelzerrung bezeichnet eine Störung der die Muskelspannung kontrollierenden Spindelapparats.

Muskelfaserriss: Hierbei besteht eine Kontinuitäts-trennung von Muskelfaserbündeln.

Ursachen für die Verletzungen sind zu starke und bruske Dehnungen, schlecht oder gar nicht aufgewärmte Muskulatur, häufig beim Sport.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Hämatom
- ▶ Schmerz bei Anspannung und Dehnung

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Reduktion der Schwellung und des Hämatoms
- ▶ Muskeldetonisierung

Lagerung

Je nachdem, zu welcher Körperregion der betroffene Muskel hauptsächlich gehört, wird die Lagerung so vorgenommen, wie in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung auf dem betroffenen Muskel
- ▶ **Dosis:** 0,5–3 J/cm². Jeder Muskeltrigger-/Schmerzpunkt kann zusätzlich semistatisch mit 0,2–2 J/cm² behandelt werden.
- ▶ **Behandlungszeit:** etwa 2–10 min

2. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale semistatische bis dynamische Beschallung der Läsionsstelle und näheren Umgebung
- ▶ **Schalldosis:**
 - akut: 0,1–0,2 W/cm² Impulsschall
 - subakut: 0,3–0,6 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min, Steigerung bis max. 10 min möglich

2a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode proximal des Beschallungsgebiets
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Plattenelektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - diadynamische Ströme
 - Behandlungszeit: einleitend 2–3 min DF, 4–5 min CP, bei starken Schmerzen zusätzlich 2–3 min LP
 - Ulrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation IG 50 oder FM
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer gleichgerichteter Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1.–3. Behandlung 100 Hz, ab 4. Behandlung 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

2b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (2.) angegebenen Parameter.

- ▶ **Polung des Schallkopfs:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung, Traumon-Gel® (-), Contractubex®, Hirudin (-) oder vergleichbare Produkte zur besseren Resorption und zum besseren Abbau des Hämatoms (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

2c. Kombination

Simultanverfahren und Ultraphonophorese

s. Simultanverfahren (2a.) und Ultraphonophorese (2b.)

Zusätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Effektivität der Behandlung zu erhöhen:

- ▶ Schmerzpunktsuche (s. Kap. 6.3.2, S. 84 f.). Jeder Muskeltrigger-/ Schmerzpunkt kann semistatisch mit 0,2 W/cm² Dauerschall für 1–2 min zusätzlich beschallt werden.
- ▶ Kranialer neuraltherapeutischer Aufbau (s. Kap. 8.5.1, S. 165)

3. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** Rundfeldstrahler über dem betroffenen Muskel
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: I
 - subakut bis chronisch: II–III
- ▶ **Behandlungszeit:**
 - akut: 3–5 min
 - subakut bis chronisch: 5–10 min

4. Iontophorese

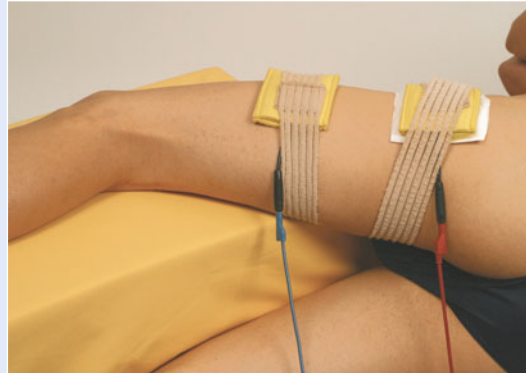
- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** zwei Plattenelektroden: die differente auf dem betroffenen Muskel, die Bezugselektrode distal davon
- ▶ **Polung an der differierten Elektrode:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Hydrocortison (+), Voltaren® (-) oder vergleichbare Produkte zur Entzündungshemmung, Novocain (+) oder vergleichbare Produkte zur Schmerzlinderung (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

2. Ultraschall

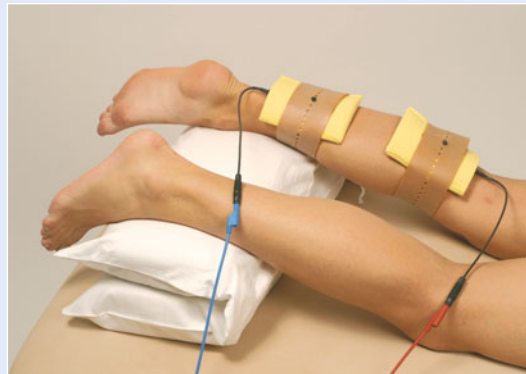


Beschallung einer Zerrung am M. vastus lateralis

4. Iontophorese



Behandlung einer Zerrung am M. vastus lateralis



Behandlung einer Zerrung am M. gastrocnemius mit Iontophorese

9.12 Arterielle Gefäßerkrankungen (Angiopathien)

Erläuterung

Durch Gefäßwandveränderungen infolge Arteriosklerose (Arterielle Verschlusskrankheit – AVK), Entzündungsprozessen mit fibrinoiden Veränderungen der Gefäßwände (Endangiitis obliterans) oder durch neuro-vasomotorische Regulationsstörungen (Morbus Raynaud) kommt es zu unterschiedlich stark ausgebildeten Ischämie-Syndromen.

Symptome

- ▶ Schmerzen bei längerer Muskelaktivität (Claudicatio intermittens)
- ▶ Blässe
- ▶ Im fortgeschrittenem Stadium Parästhesien möglich

Behandlungsziele

- ▶ Schmerzfreiheit
- ▶ Normale Durchblutung
- ▶ Normale Sensibilität
- ▶ Verlängerung der schmerzfreien Phasen während der körperlichen Aktivität

Lagerung

- ▶ **Durchblutungsstörungen des Arms:**
 - Bei **Trockenbehandlung:** Sitz seitlich neben einer Behandlungsbank auf einem Stuhl mit Rückenlehne. Der Oberkörper ist entspannt an die Rückenlehne angelehnt und mit einer Halbrolle im LWS-Bereich unterlagert. Der Arm liegt leicht gebeugt auf der Behandlungsbank.
 - Bei **Teilbadbehandlung** (Monozellenbad): Armwanne steht auf der Behandlungsbank, die etwa auf Hüfthöhe heruntergefahren wird. Der Arm liegt entspannt in der Wanne.
- ▶ **Durchblutungsstörungen des Beins:**
 - Bauchlage, eventuell ein kleines Kissen unter dem Bauch platzieren. Füße an Bankkante überhängen lassen oder mit Rolle unterlagern. Patienten mit einer akuten Flexions-schonhaltung können auch auf sehr hohe Kissen gelagert werden, wobei die Hüftgelenke in einer stärkeren Flexions-haltung liegen.
- ▶ **Alternative Lagerung:** Sitz auf Hocker, Kopf auf Schulter-Arm-Tisch abgelegt oder Seitenlage



VORSICHT

Die Elektrotherapie hat einen besonders guten Einfluss in den Anfangsstadien der Erkrankungen, in fortgeschrittenen Stadien ist sie meist wirkungslos oder sogar kontraindiziert (z. B. AVK, Stadium III–IV).

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Saugelektroden auf dem betroffenen Gebiet
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–10. Behandlung 100 Hz, bei Besserung 10–100 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

2. Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)

- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom, symmetrische Verschaltung der Elektroden
- ▶ **Polung:** Kathode distal
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

2a. Zweizellenbad (wenn beide Seiten betroffen sind)

- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom
- ▶ **Polung:** Kathode distal, Polung wird von Behandlung zu Behandlung gewechselt
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

3. Kurzwelle

- ▶ **Applikationsform:** Spulenfeld
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Induktionskabel um die betroffene Extremität gewickelt
- ▶ **Elektrodenabstand:** 1–4 cm
- ▶ **Dosisstufe:** I–III
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–20 min

3a. Dezimeterwelle

- ▶ **Elektrodenart:** Langfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:** I–II
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–15 min

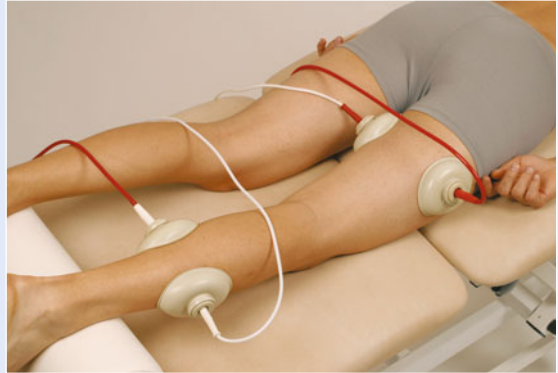
3b. Mikrowelle

wie Dezimeterwelle, außer Behandlungszeit: 5–10 min

1. Vierpoliger Interferenzstrom



Behandlung von Durchblutungsstörungen des Arms mit vierpoligem Interferenzstrom



Behandlung von Durchblutungsstörungen des Beins mit vierpoligem Interferenzstrom

2. Hydrogalvanisches Teilbad (Monozellenbad)



Behandlung von Durchblutungsstörungen eines Arms im hydrogalvanischen Teilbad (Monozellenbad)



Behandlung von Durchblutungsstörungen eines Beins im hydrogalvanischen Teilbad (Monozellenbad)

3. Kurzwellle



Behandlung von Durchblutungsstörungen des Arms im Spulenfeld (Induktionskabel)

3b. Mikrowelle



Behandlung von Durchblutungsstörungen des Beins (Langfeldstrahler)

9.13 Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe

Bei Flüssigkeitsansammlungen im Gewebe können Ansammlungen wässriger Flüssigkeit = **Ödeme**, von Blutansammlungen = **Hämatomen** unterschieden werden.

Ödeme können entstehen durch:

- ▶ einen erhöhten hydrostatischen Druck, z. B. bei Herzinsuffizienz,
- ▶ einen verminderten onkotischen Druck, z. B. bei Nierenschädigungen mit Proteinverlust,
- ▶ Störungen des Lymphabflusses,
- ▶ Kapillarwandschäden, z. B. infolge einer Entzündungsreaktion,
- ▶ ein postthrombotisches Syndrom.

Die Elektrotherapie kann lediglich bei der letztgenannten Ödemform eingesetzt werden.

Hämatome kommen meist durch stumpfe Gewalteinwirkungen mit nachfolgendem Blutaustritt aus dem Gefäßsystem zustande.

9.13.1 Posttraumatisches Ödem

Erläuterung

Infolge eines Traumas entsteht eine Entzündungsreaktion, bei der es zu einem Flüssigkeitsaustritt aus den Gefäßen in das umliegende Gewebe kommt.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Spannungsgefühl
- ▶ Periartikuläre Bewegungsbehinderung

Behandlungsziel

Beschleunigte Resorption des Ödems

Lagerung zur Elektrotherapie

Je nachdem, zu welcher Körperregion der betroffene Muskel hauptsächlich gehört, wird die Lagerung so vorgenommen, wie in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

Elektrotherapeutische Verfahren

Hinweis: Bei einem Ultrafiltratödem sind Hochlagerung sowie Kompressionen in Form von Binden oder Strümpfen wichtigste Therapie. Handelt es sich um ein Proteinfiltratödem, muss zusätzlich Lymphdrainage angewendet werden.

1. Diodynamische Ströme

- ▶ **Applikationsform:** bipolare Längs- oder Querdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart:** Plattenelektroden
- ▶ **Polung:** beliebig
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min CP und/oder LP

1a. Ulrareizstrom

- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

1b. Impulsgalvanisation, Typ FM

- ▶ **Behandlungszeit:** 5–15 min

2. Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** vierpolige oder zweipolige lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart:** Platten- oder Saugelektroden
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1–10 Hz zur Sympathikusaktivierung (Gefäßkonstriktion) und/oder 1–4 Hz zur Aktivierung der Muskelpumpe
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min, bei Behandlungsresistenz bis 20 min

3. Laser

- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung
- ▶ **Dosis:** 0,1–1,5 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

1. Diodynamische Ströme



Behandlung eines posttraumatischen Ödems im Handgelenkbereich („Handtuchelektrode“)

9.13.2 Hämatome

Erläuterung

Infolge eines Traumas oder einer Störung der Blutgerinnung (durch gerinnungshemmende Medikamente, Hämophilie oder Verbrauchskoagulopathie) kann es zu Blutaustritt aus den Gefäßen in das umgebende Gewebe kommen.

Symptome

- ▶ Schwellung
- ▶ Blau-rot-gelbe Verfärbung der Haut

Behandlungsziel

Beschleunigte Resorption

Lagerung zur Elektrotherapie

Je nachdem, zu welcher Körperregion der betroffene Muskel hauptsächlich gehört, wird die Lagerung so vorgenommen, wie in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

Elektrotherapeutische Verfahren

1. Iontophorese

- ▶ **Applikationsform:** Quer- oder Längsdurchströmung mit Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart:** Plattenelektroden
- ▶ **Polung an der differentiellen Elektrode:** je nach Polarität des verwendeten Medikaments. Als Kathode bei negativ geladenen Medikamenten, als Anode bei positiv geladenen Medikamenten.
- ▶ **Medikamente:** Exhirud® (-), Contractubex® (-) oder vergleichbare Produkte zur Gerinnungshemmung; (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–30 min

2. Vierpoliger Interferenzstrom

- ▶ **Applikationsform:** lokale Anwendung
- ▶ **Elektrodenart:** Saugelektroden
- ▶ **Modulationsfrequenz:** 1.–3. Behandlung 1–100 Hz, ab 4. Behandlung 1–25 Hz
- ▶ **Behandlungszeit:** 10–15 min

3. Ultraschall

- ▶ **Applikationsform:** lokale dynamische Beschallung im Wasserbad
- ▶ **Schalldosis:** 0,1–0,4 W/cm² Dauerschall
- ▶ **Behandlungszeit:** 5 min

3a. Simultanverfahren (Ultraschall mit Stromapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (3.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Elektrodenart und -platzierung:** Plattenelektrode als Bezugs Elektrode unter der Fußsohle
- ▶ **Polung:** Schallkopf als Kathode, Bezugs Elektrode als Anode
- ▶ **Stromformen (Alternativen):**
 - Ultrareizstrom
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - Impulsgalvanisation
 - Behandlungszeit: 5–10 min
 - bipolarer Interferenzstrom
 - Modulationsfrequenz: 1–100 Hz
 - Behandlungszeit: 5–10 min

3b. Ultraphonophorese

(Ultraschall mit Medikamentenapplikation)

- ▶ **Beschallung:** Es gelten die bei Ultraschall (3.) angegebenen Parameter.
- ▶ **Medikamente:** Exhirud® (-), Contractubex® (-) oder vergleichbare Produkte zur Gerinnungshemmung; (s. auch Kap. 8.1.2 Iontophorese, Tabelle S. 106)

4. Laser

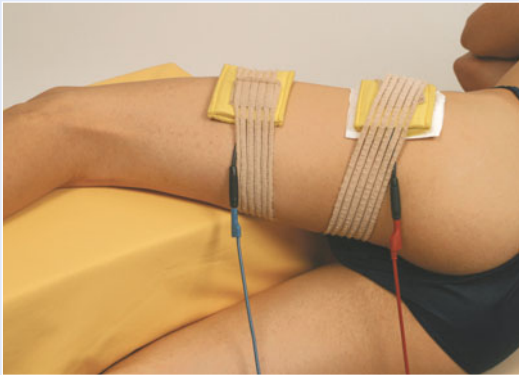
- ▶ **Applikationsform:** lokale Strichführung
- ▶ **Dosis:** 0,1–0,2 J/cm²
- ▶ **Behandlungszeit:** 2–10 min

5. Diadynamische Ströme

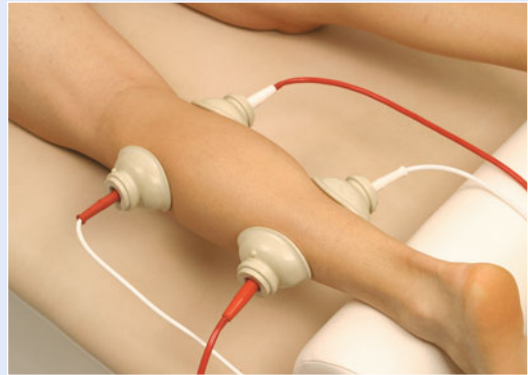
- ▶ **Applikationsform:** Längsdurchströmung
- ▶ **Elektrodenart:** zwei Plattenelektroden
- ▶ **Polung:** Kathode auf betroffener Seite
- ▶ **Behandlungszeit:** 5–10 min CP und/oder LP

6. Mikrowelle

- ▶ **Applikationsform:** bei kleinem Behandlungsgebiet: Fokusstrahler, bei größerem Behandlungsgebiet: Rundfeldstrahler
- ▶ **Elektrodenabstand:** 5–10 cm
- ▶ **Dosisstufe:**
 - akut: keine Behandlung
 - subakut und Spätphase: Stufe III
- ▶ **Behandlungszeit:** 3–5 min

1. Iontophorese

Längsdurchströmung am Oberschenkel zur Behandlung eines posttraumatischen Hämatoms

2. Vierpoliger Interferenzstrom

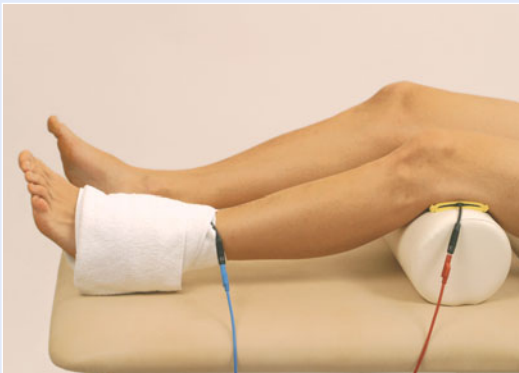
Behandlung eines posttraumatischen Hämatoms an der Wade (vier Saugelektroden)

3. Ultraschall

Subaquale Beschallung im Bereich des Sprunggelenks

3a. Simultanverfahren

Behandlung eines Hämatoms im Bereich des Sprunggelenks

5. Diadynamische Ströme

Behandlung eines posttraumatischen Ödems im Bereich des Sprunggelenks

6. Mikrowelle

Behandlung eines posttraumatischen Hämatoms im Sprunggelenksbereich

9.14 Erkrankungen des Nervensystems

9.14.1 Zentrale Lähmungen (spastische Lähmungen)

Überblick

Die elektrotherapeutische Behandlung zentraler Lähmungen (Paresen) wird nur selten durchgeführt. Für viele Ärzte und Therapeuten ist die Behandlung einer zentralen Schädigung immer noch eine absolute Kontraindikation für das gesamte Spektrum der Elektrotherapie (Vogedes, 2000).

Bis zu den 60-er Jahren galt die Spastik als eine Kontraindikation für Elektrotherapie, obwohl bereits 1950 Lee zum ersten Mal über ein mehrstündiges Anhalten einer Detonisierung spastischer Muskulatur nach etwa 15-minütiger Reizung mit tetanisierenden Impulsströmen berichtete. Dies wurde vier Jahre später durch Newman bestätigt.

Die Einführung einer **Zweikanalreizung nach Hufschmidt** mit dem Spasmotrongerät gab der Behandlung spastischer Muskulatur einen entscheidenden Anstoß (s. Abb. 9.1). Weiterentwicklungen wurden in der Folgezeit u. a. durch Jantsch (s. Abb. 9.2) und Schuhfried (1974), Edel (1993), Bretschneider (1979) und Schmidt (1980) vorangetrieben, wobei Edel die **Vierkanalreizung** etablierte (s. Abb. 9.3). Es hat immer wieder Versuche gegeben, die Elektrotherapie als festen Bestandteil bei der Behandlung zentraler Störungen zu etablieren.

Um den Stellenwert der Elektrotherapie bei zentralen Schädigungen zu verbessern, bedarf es:

- ▶ einer weiteren gezielten Forschung,
- ▶ einer wissenschaftlichen Erprobung der einzelnen Verfahren,

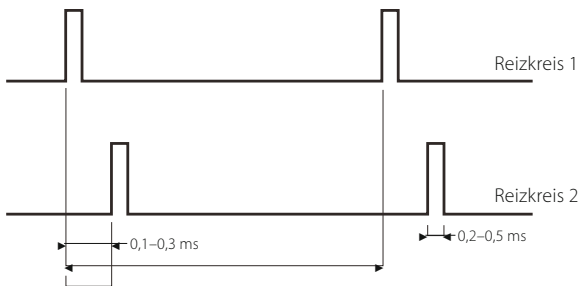


Abb. 9.1. Reizstromtherapie der Spastik (nach Hufschmidt, 1966): zwei synchronisierte Reizkreise und ihre Impulsparameter

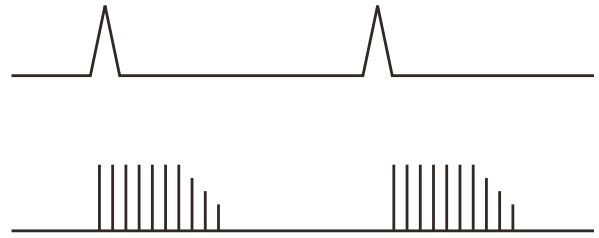


Abb. 9.2. Reizmuster nach Jantsch (1974)

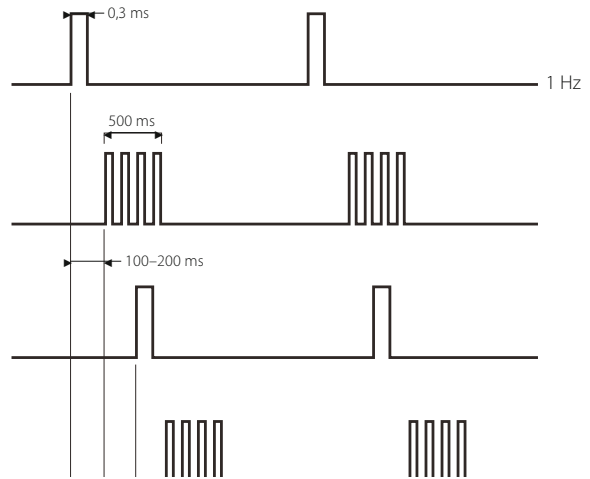


Abb. 9.3. Reizmuster einer Vierkanalreizung (nach Edel et al., 1993)

- ▶ Der Weiterentwicklung entsprechender Geräte durch die Industrie,
- ▶ Der Schulung und Information der verordnenden Ärzte und der anwendenden Therapeuten.

Die Behandlung zentraler Paresen wird auch heute noch mit Skepsis betrachtet. Kritikern muss mit aller Deutlichkeit gesagt werden, dass diese elektrotherapeutische Methode immer nur in Kombination mit anerkannten Methoden wie Bobath, Vojta oder PNF angewendet wird. Die Elektrotherapie kann nur eine positive Basis im Sinne einer Hemmung und Bahnung vorrangig auf Rückenmarksebene liefern. Die zentrale Beeinflussung muss mit oben genannten Methoden verbessert werden.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die Therapie von zentralen Lähmungen mit Strom eine wissenschaftlich fundierte Grundlage besitzt.



VORSICHT

Kritisch zu bewerten ist die Therapie allerdings immer dann, wenn sich insgesamt gesehen eine Zunahme des Muskeltonus zeigt. In diesem Fall ist die Therapie sofort abzubrechen.

Deshalb empfiehlt es sich, eine möglichst genaue und objektive Messmethode für die Spastik auszuwählen und diese dann sorgfältig zu dokumentieren.

Hierfür stehen mehrer Methoden zur Verfügung:

- ▶ Biofeedbackmethode, welche die Muskelaktivität über Oberflächen Elektroden messen kann.
- ▶ Widerstandsmessung eines spastischen Muskels bei passiver Dehnung mit einem elektronischen Messgerät (z. B. Digimax) und anschließender computertechnischer Auswertung der Daten.
- ▶ Messung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Winkelbeschleunigung in dem starren Aufhängesystem nach Wenk (1994).

Erläuterung

Zu zentralen Lähmungen kommt es durch Schädigung des ersten motorischen Neurons infolge frühkindlicher Hirnschädigung, Apoplex, Multipler Sklerose oder Rückenmarksverletzung.

Symptome

- ▶ Hypertoner Ruhetonus der Muskulatur
- ▶ Gesteigerte Muskeleigenreflexe
- ▶ Pyramidenbahnzeichen

Behandlungsziele

- ▶ Hemmung des spastischen Muskels (Antagonist)
- ▶ Aktivierung des geschwächten Agonisten

Lagerung zur Elektrotherapie

Je nach betroffener Körperregion (s. dort)

Elektrotherapeutische Verfahren

Stabile Galvanisation im hydrogalvanischen Teilbad, Vierzellenbad oder im Stangerbad (absteigende Behandlung)

Da die absteigende Behandlung nachweislich die Reflexe herabsetzt (s. Kap. 8.1.1), erwartet man bei dieser Behandlung eine Senkung des Muskeltonus. Diese vorbereitende Maßnahme gestaltet die anschließende Bewegungstherapie effektiver.

- ▶ **Applikationsform:** Gleichstrom
- ▶ **Elektrodenart:** integrierte Plattenelektroden
- ▶ **Behandlungszeit:** je nach Anwendungsverfahren

Zweikanal-Gerät Spasmotron (nach Hufschmidt)

Die theoretische Grundlage für die Effektivität lieferte bereits Granit 1950. Er stellte fest, dass durch die kräftige elektrische Stimulierung spastischer Muskeln deren Golgi-Sehnenorgane gereizt werden. Diese wiederum hemmen dann auf Rückenmarksebene den spastischen Muskel (autogene Hemmung). Zwei Jahre später konnte er sogar eine gleichzeitige Aktivierung der Antagonisten des spastischen Muskels feststellen.

Nachdem der spastische Muskel auf einem Kanal mit einem kräftigen Rechteckimpuls von 0,2–0,5 ms gereizt wird, folgt 0,1–0,3 ms später auf einem zweiten Kanal ein zweiter Rechteckimpuls auf den nicht spastischen, inaktiven Muskel. Der zweite Impuls, der den gewünschten geschwächten Muskel aktivieren soll, fällt genau in die Phase der Eigenhemmung des spastischen Muskels.

Diese Reizungsart ist besonders wirksam bei spastischen Apoplexpatienten.

Funktionelle Elektrostimulation (FES)

Bei der FES übernehmen elektrische Impulse die Funktion teilweise oder vollständig geschädigter Nerven und reizen einzelne Muskeln oder Muskelgruppen mit elektrischen Impulsen.

Dadurch wird zum einen den Folgen längerer Inaktivität vorgebeugt bzw. diese z.T. wieder rückgängig gemacht. Zum anderen werden die funktionellen Bewegungsmuster „Greifen“, „Aufstehen“, „Stehen“ und „Gehen“ durch gezielte Reizung der Muskeln mit Hilfe eines mikroprozessorgesteuerten Stimulationsmusters unterstützt bzw. erst ermöglicht.

Positive Nebeneffekte der FES sind z. B.

- ▶ Eine längere Sitzbelastbarkeit durch Reizung der Glutealmuskulatur,
- ▶ Geringere Anfälligkeit für Dekubitalulzera und
- ▶ Kosmetischer Effekt: Die gelähmten Gliedmaßen nehmen wieder annähernd normale Umfangproportionen an.

9.14.2 Periphere Lähmungen (schlaaffe Lähmungen)

Erläuterung

Eine periphere Lähmung, auch als schlaaffe Lähmung bezeichnet, liegt immer dann vor, wenn das zweite motorische Neuron geschädigt wird.

Das zweite motorische Neuron beginnt an der motorischen Vorderhornzelle im Rückenmark und endet im

Muskel. Ist diese z. B. durch eine Infektion (Poliomyelitis) oder Blutung geschädigt, entsteht bereits eine schlaffe Lähmung, obwohl sich die Schädigung noch im Rückenmark befindet.

Andere Prädilektionsstellen für Schädigungen sind das Foramen intervertebrale (Diskusprolaps) oder anatomische Engpässe (Karpaltunnelsyndrom).

Die **Schädigungsursachen** sind mannigfaltig:

- ▶ Infektionen (Herpes zoster)
- ▶ Vergiftungen (Blei)
- ▶ Stoffwechselstörungen (Diabetes)
- ▶ Kompression (Lagerungsschaden, Gips, Tumor, Knochenfragment, Diskusprolaps, Hämatom)
- ▶ Zerreissungen
- ▶ Zerrungen oder Durchtrennungen

Als Folge entstehen die **primären Symptome Kraftlosigkeit und Gefühlsstörungen**, später können Durchblutungsstörungen, Kontrakturen, Kausalgien und Atrophien auftreten.

Bei der Schädigung eines Nervs sind drei Stadien zu differenzieren:

- ▶ **Neurapraxie:** Hier ist durch Kompression oder eine Noxe nur die Hüllstruktur betroffen. Der Nerv ist in seiner Kontinuität erhalten.
- ▶ **Axonotmesis:** Hierbei ist die Kompression so stark, dass der Axoplasmtransport im Inneren des Nervs unterbrochen wird. Bleibt die Kompression längere Zeit bestehen, stirbt das distale Ende ab. Bei Aufhebung der Kompression kann wieder eine Regeneration erfolgen.
- ▶ **Neurotmesis:** Der Nerv ist komplett durchtrennt. Es ist keine Regeneration möglich – es sei denn operativ durch eine Nervennaht.

Symptome

- ▶ Hypotonie der Muskulatur
- ▶ Abgeschwächte oder erloschene Muskeleigenreflexe
- ▶ Gefühlsstörungen

Behandlungsziele

- ▶ Verzögerung der Muskelatrophie
- ▶ Verbesserung der Durchblutung
- ▶ Anregung der Sensibilität
- ▶ Verhütung von Kontrakturen durch passives Durchbewegen und Lagerung
- ▶ bei Reinnervation: Kräftigung der betroffenen Muskulatur

Hinweis: Die **sensiblen Versorgungsgebiete** der peripheren Nerven finden sich im Anhang.

Radialisparese (C5–C8/T1)

Erläuterung

Zu einer Schädigung des N. radialis kommt es am häufigsten bei Humerusschaft-Frakturen, bei Läsionen des Plexus brachialis, beim Schlafen auf dem Oberarm (Penner- oder Parkbanklähmung), bei Kompressionsphänomenen in der Supinatorloge sowie bei Monteggia-Frakturen.

Verlauf des Nervs

Zusammen mit dem N. axillaris aus dem Fasciculus posterior kommend, zweigt er von diesem ab und zieht zum Oberarm. Dort verläuft er spiralförmig im Sulcus nervi radialis um den Oberarm und zieht zwischen dem M. brachialis und M. brachioradialis in die Ellenbeuge. Dort durchbohrt er als Ramus profundus den M. supinator. Zur Hand ziehen nur noch sensible Endäste, motorisch ist er an der Hand nicht vertreten.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen

- ▶ Knochenfragment im Sulcus nervi radialis
- ▶ Supinatorlogengengpass: Verhärtung des M. supinator, Luxation des Radiusköpfchens

Motorische Versorgung

- ▶ M. triceps brachii
- ▶ M. brachioradialis
- ▶ Mm. extensores carpi radialis brevis et longus
- ▶ M. supinator
- ▶ Mm. extensores digitorum communis et digiti minimi
- ▶ M. extensor carpi ulnaris
- ▶ M. abductor pollicis longus
- ▶ M. extensor pollicis longus
- ▶ M. extensor indicis

Symptome

- ▶ Patient kann den Ellenbogen nicht strecken
- ▶ Verlust der vollen Greiffunktion, da das Handgelenk und die Finger nicht mehr extended werden können („Fallhand“)

Lagerung zur Elektrotherapie

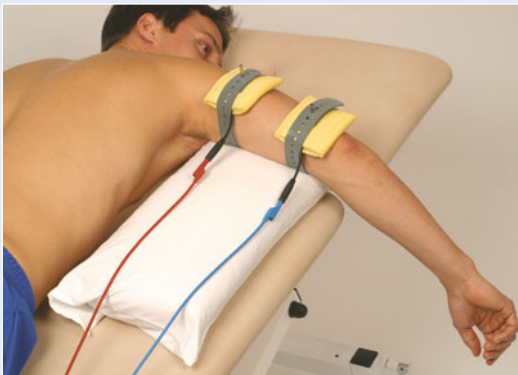
Zur Behandlung des M. triceps brachii ist die Bauchlage zu wählen, wobei der Unterarm an der Bankkante herunterhängt. Zur Vermeidung von Durchblutungsverminderung sollte die Ellenbeuge mit einem Kissen unterlagert werden. Zur Behandlung der Finger- und Handgelenksextensoren empfiehlt sich der Sitz vor der Behandlungsbank oder die Verwendung des Schulter-Arm-Tisches, wobei der Arm in Pronation aufgelegt wird.

Elektrotherapeutisches Verfahren

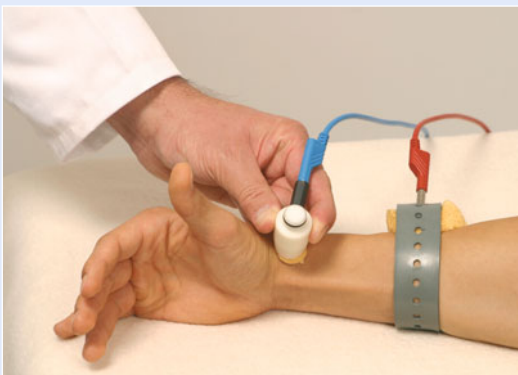
Exponentialstrom

- ▶ **Applikationsformen:**
 - monopolare indirekte Reizung über Nervenreizpunkt
 - direkte mono- oder bipolare Reizung (s. Abbildungen)
- ▶ **Impulszeit:** GI-Punkt
- ▶ **Pausendauer:** 4–6-mal so lang wie die Impulszeit des GI-Punkts
- ▶ **Behandlungsdauer:** etwa 20–40 Kontraktionen. Wenn der Muskel ermüdet (Zuckung wird schwächer), sollte die Behandlung beendet werden. Behandlung mehrmals täglich möglich.

Behandlung Radialisparese



Reizung des M. triceps brachii



Reizung des M. abductor pollicis longus

Behandlung Radialisparese (Fortsetzung)



Reizung des M. extensor pollicis longus



Reizung der Handextensoren

Axillarisparese (C5–C6)

Erläuterung

Zu einer Axillarisparese kann es durch eine Schädigung des oberen Anteils des Plexus brachialis oder durch eine Schultergelenkluxation kommen.

Symptome

- ▶ Patient kann den Arm weder nach vorne noch zur Seite heben.
- ▶ Außenrotation ist nur abgeschwächt, da der M. infraspinatus intakt ist.
- ▶ Sensible Ausfälle im Bereich über dem M. deltoideus

Verlauf des Nervs

Aus dem Fasciculus posterior kommend zieht der N. axillaris zusammen mit der A. circumflexa humeri

durch die laterale Achsellücke dorsal um den Humeruskopf herum.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen
enger Kontakt dorsal am Humeruskopf – Schädigung bei dorsaler Luxation

Motorische Versorgung

- ▶ M. deltoideus
- ▶ M. teres minor

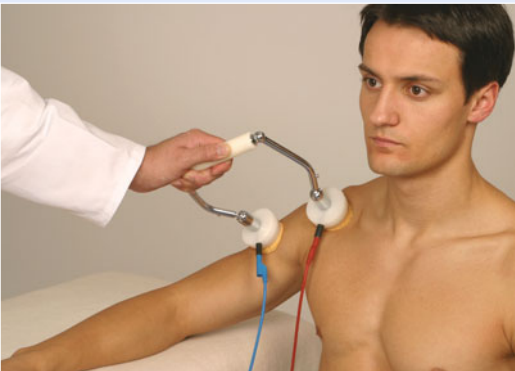
Lagerung zur Elektrotherapie

Sitz seitlich neben einem Schulter-Arm-Tisch oder einer Behandlungsbank, deren Höhe den Arm in etwa 70° Abduktion hält.

Elektrotherapeutisches Verfahren

s. Radialisparese

Behandlung Axillarisparese



Reizung des M. deltoideus, Pars clavicularis



Reizung des M. deltoideus, Pars acromialis

Behandlung Axillarisparese (Fortsetzung)



Reizung des M. deltoideus, Pars spinalis

Medianusparese (C5–T1)

Erläuterung

Zu einer Medianusparese kommt es durch Schädigung des distalen oder proximalen Anteils des Nerven. Eine proximale Schädigung entsteht durch Frakturen im Bereich des distalen Oberarms oder Ellenbogens, durch Kompression des Nerven beim Schlafen in Umarmung („Paralyse des amants“), durch Blutstillung oder durch ein Pronator-teres-Syndrom. Distale Radiusfrakturen, Suizidversuche mit Durchtrennung der A. radialis oder Kompression unter dem Lig. carpi transversum (Karpaltunnelsyndrom) führen zu einer Schädigung des distalen Anteils.

Symptome

- ▶ Bei Läsionen oberhalb des Ellenbogengelenks: Unterarm kann nicht über die Mittelstellung hinaus proniert werden.
- ▶ „Schwurhand“ (beim Auftrag, eine Faust zu machen, bleiben Zeige- und Mittelfinger sowie der Daumen in Streckung)
- ▶ Positives Flaschenzeichen (der Daumen kann durch mangelnde Abduktion nicht vollständig eine Flasche oder Ähnliches umgreifen)
- ▶ Mediale Prominenz des proximalen Interphalangealgelenks am Daumen
- ▶ Fehlende Opposition des Daumens

Verlauf des Nerven

Fasern des Fasciculus medialis und lateralis vereinigen sich vor dem Übergang zum Oberarm zum N. medianus. Dort verläuft er mit dem N. ulnaris zusammen bizepsnah im Sulcus bicipitalis zur Ellenbeuge. Dort liegt er ulnar der Bizepssehne und zieht zwischen den beiden Köpfen des

M. pronator teres (Variante: er durchbohrt den M. pronator teres) weiter zum Unterarm. Am Handgelenk zieht er unter dem Retinaculum musculorum flexorum („Karpaltunnel“) zur Hand.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen

- ▶ Osteofibröser Kanal am Lig. carpi transversum: Karpaltunnelsyndrom
- ▶ Köpfe des M. pronator teres oder Durchtrittsstelle im Muskel

Motorische Versorgung

- ▶ M. pronator teres
- ▶ M. flexor carpi radialis
- ▶ M. palmaris longus
- ▶ M. flexor digitorum superficialis
- ▶ M. pronator quadratus
- ▶ M. abductor pollicis brevis
- ▶ M. opponens pollicis
- ▶ M. flexor pollicis, Pars superficialis
- ▶ M. lumbricales I–II

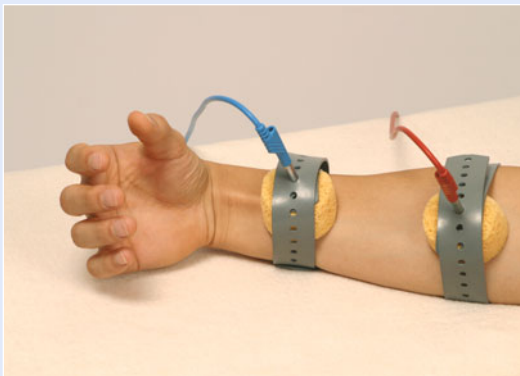
Lagerung zur Elektrotherapie

Sitz vor Behandlungsbank, Unterarm liegt supiniert auf der Bank

Elektrotherapeutisches Verfahren

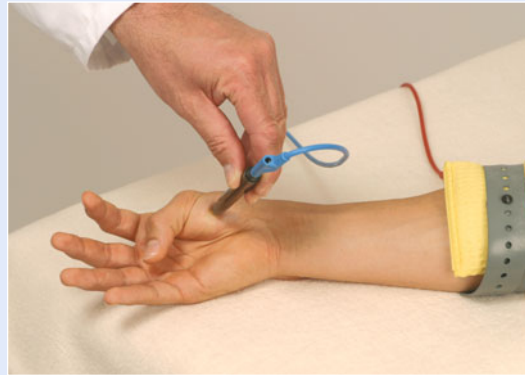
s. Radialisparese

Behandlung Medianusparese

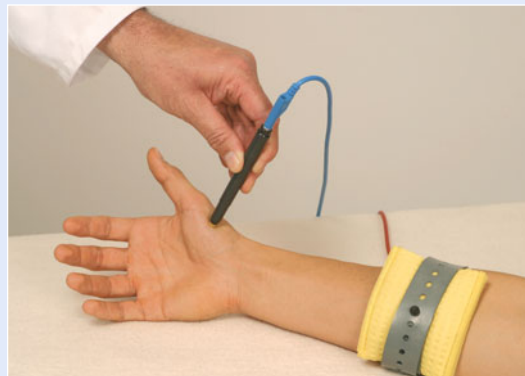


Reizung des M. flexor carpi radialis

Behandlung Medianusparese (Fortsetzung)



Reizung des M. opponens pollicis



Reizung des M. abductor pollicis brevis

Ulnarisparese (C8–T1)

Erläuterung

Zu einer Ulnarisparese kann es bei einer Läsion des unteren Anteils des Plexus brachialis oder durch eine direkte Schädigung des Nerven bei Frakturen im Bereich von Oberarm, Ellenbogen oder Unterarm kommen.

Symptome

- ▶ Atrophie der Spatia interossea metacarpi und des Hypothenar
- ▶ Überstreckung des Daumenendglieds (fehlender M. flexor pollicis brevis)
- ▶ „Krallenhand“ (fehlende Aktion der Mm. lumbricales IV und V)
- ▶ Positives Froment-Zeichen (ein Blatt Papier kann nicht zwischen Daumen und Zeigefinger ohne Flexion des Zeigefingerendglieds gehalten werden)

Verlauf des Nervs

Aus dem Fasciculus medialis kommend zieht er zusammen mit dem N. ulnaris im Sulcus bicipitalis nah zum Ellenbogen. Dort liegt er in dem Sulcus nervi ulnaris („Musikantenknochen“) sehr oberflächlich. Er zieht entlang des M. flexor carpi ulnaris zum Handgelenk, wo er sich kurz darauf in kleinere Muskeläste aufzweigt.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen
 Sulcus nervi ulnaris
Motorische Versorgung

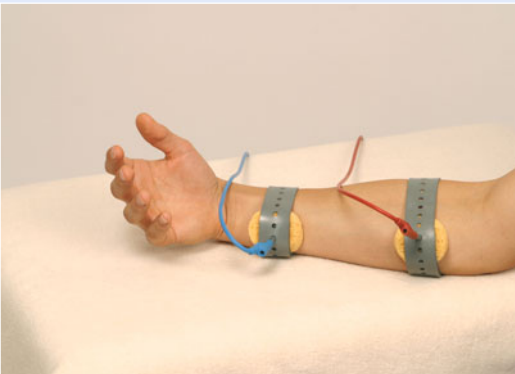
- ▶ M. flexor carpi ulnaris
- ▶ M. flexor digitorum profundus IV–V
- ▶ M. abductor digiti minimi
- ▶ M. flexor digiti minimi brevis
- ▶ M. opponens digiti minimi
- ▶ Mm. interossei dorsales et palmares
- ▶ M. adductor pollicis
- ▶ M. flexor pollicis brevis, Pars profundus
- ▶ Mm. lumbricales III–IV

Lagerung zur Elektrotherapie

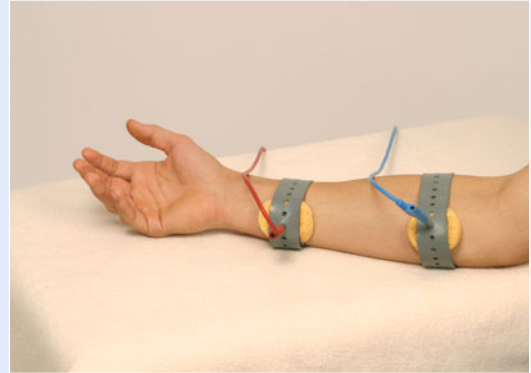
Sitz vor der Behandlungsbank, wobei der Unterarm supiniert auf der Bank liegt

Elektrotherapeutisches Verfahren

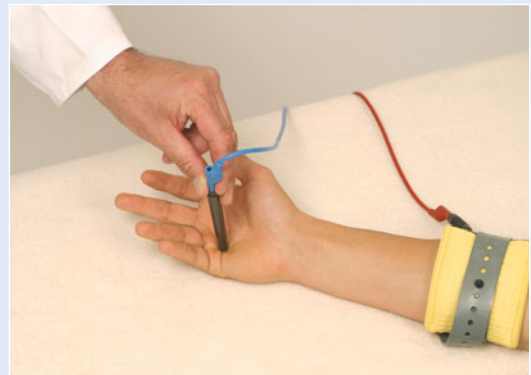
s. Radialisparese

Behandlung Ulnarisparese

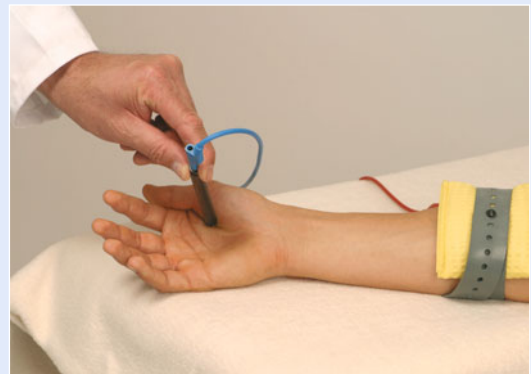
Reizung des M. flexor carpi ulnaris

Behandlung Ulnarisparese (Fortsetzung)

Reizung des M. flexor carpi ulnaris. Bei umgekehrter Polung findet keine Reaktion statt.



Reizung der Mm. lumbricales IV und V



Reizung des M. adductor pollicis

Femoralisparesie (L2–L4)

Erläuterung

Zu einer Femoralisparesie kann es durch Läsion des Nervi infolge iatrogenen (durch ärztliche Behandlung hervorgerufene) Schädigung bei abdominalen Operationen, retroperitonealer Raumforderungen, Hämatomen im Beckenraum (z. B. Psoashämatom) oder Schädigung in der Leistenregion kommen.

Symptome

- ▶ Abschwächung der Hüftbeugung (infolge Insuffizienz des M. iliopsoas)
- ▶ Fehlende Extension im Kniegelenk (das Stehen kann durch den Einsatz des M. gluteus maximus in einer geschlossenen Kette kompensiert werden)
- ▶ Kein alternierendes Treppensteigen möglich
- ▶ Aufstehen aus dem Sitz nur über gesunde Seite möglich
- ▶ Gehen mit Zirkumduktion

Verlauf des Nervi

Nach Wurzelaustritt verläuft er geschützt zwischen dem M. iliacus und dem M. psoas zur Leistenbeuge, zieht dort in der Lacuna musculorum unter dem Leistenband hindurch zum Oberschenkel, wo er den M. quadriceps femoris versorgt. Als sensibler Endast (N. saphenus) wandert er im Canalis adductorius nach distal zum Unterschenkel.

Motorische Versorgung

- ▶ M. iliopsoas
- ▶ M. pectineus
- ▶ M. sartorius
- ▶ M. quadriceps femoris

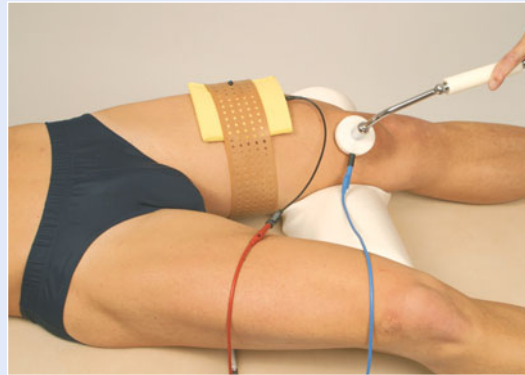
Lagerung zur Elektrotherapie

Rückenlage, Knie mit Rolle unterlagert

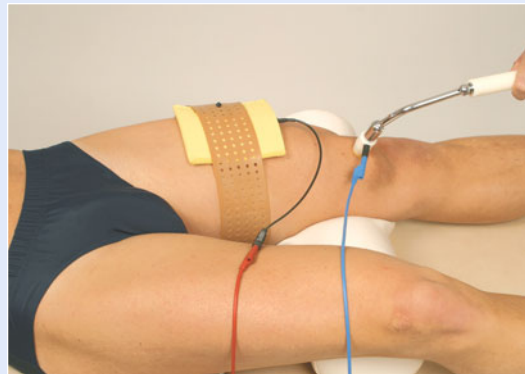
Elektrotherapeutisches Verfahren

s. Radialisparese

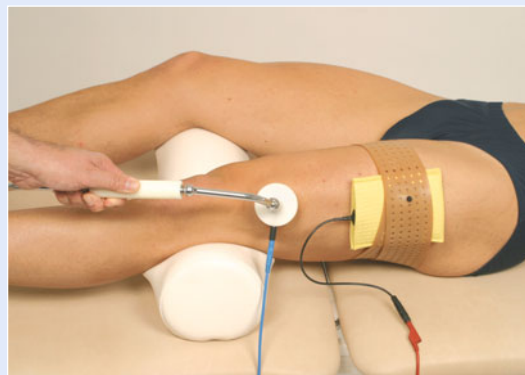
Behandlung Femoralisparesie



Reizung des M. vastus medialis am linken Bein

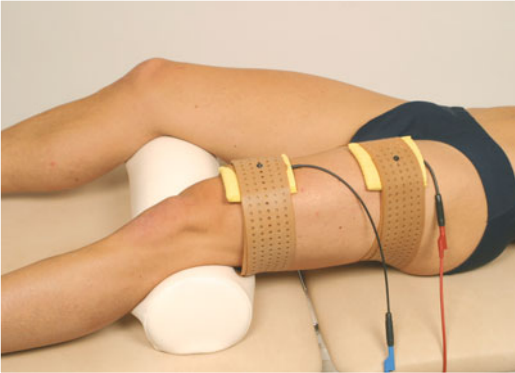


Reizung des M. vastus medialis am Muskelreizpunkt (linkes Bein)



Reizung des M. vastus lateralis am linken Bein

Behandlung Femoralisparesie (Fortsetzung)



Reizung des M. rectus femoris und M. intermedius am linken Bein

Peroneusparesie (L4–S2)

Erläuterung

Zu Schädigungen des N. peroneus kommt es am häufigsten durch iatrogene Läsionen bei Hüft-Operationen, durch Spritzenläsionen, durch Beckenfrakturen, durch Hämatombildung am Oberschenkel nach Trauma, durch Kompression infolge eines zu engen Gipsverbands sowie durch Fibulaläsionen und Unterschenkelfrakturen. Häufig tritt als Folge der Schädigung des Nerven eine Kausalgie auf.

Symptome

- ▶ „Steppergang“ (der Patient nimmt beim Gehen das Knie während der Spielbeinphase höher als normal, um nicht zu stolpern)
- ▶ Fußspitze hängt beim Gehen herunter – Spitzfußgefahr
- ▶ Pes equino varus bei länger bestehender Lähmung

Verlauf des Nerven

Als Ischiasnerv gelangt er mit dem N. tibialis durch das Foramen infrapiriforme in den dorsalen Hüftbereich, zieht dorsal der Außenrotatoren zum Oberschenkel, wo er sich eine Handbreit über der Kniekehle vom N. tibialis trennt und entlang der Sehne des M. biceps femoris zum Fibulaköpfchen zieht. Von dort wandert er weiter zum Fußgelenk und verzweigt sich am Fuß.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen
Fibulaköpfchen

Motorische Versorgung

- ▶ Caput breve des M. biceps femoris
- ▶ Mm. peronei longus et brevis
- ▶ M. tibialis anterior
- ▶ Mm. extensores digitorum longus et brevis
- ▶ M. extensor hallucis longus

Lagerung zur Elektrotherapie

Rückenlage, Knie mit Rolle unterlagert

Elektrotherapeutisches Verfahren

s. Radialisparese, S. 270; Behandlung der Kausalgie
s. Kap. 9.5.5

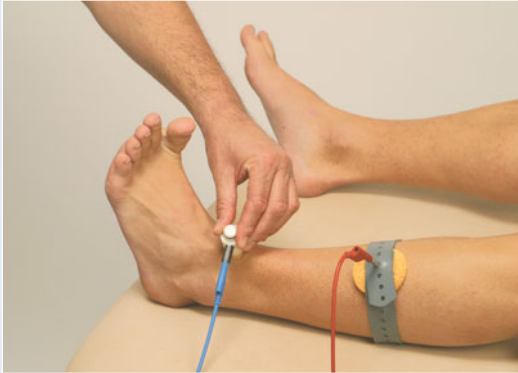
Behandlung Peroneusparesie



Reizung des M. tibialis anterior mit Exponentialstrom



Reizung des M. extensor digitorum longus mit Exponentialstrom

Behandlung Peroneusparese (Fortsetzung)

Reizung des M. extensor hallucis longus mit Exponentialstrom



Reizung der Mm. peronei mit Exponentialstrom (Bügelelektrode)



Reizung des M. tibialis anterior (monopolare direkte Technik)

Tibialisparese (L4–S3)**Erläuterung**

Eine Tibialisparese findet sich am häufigsten als Folge von suprakondylären Femurfrakturen, Tibiafrakturen, Läsionen des Ners im Bereich der Kniekehle sowie bei Polyneuropathien.

Symptome

- ▶ Kein Zehenstand möglich
- ▶ Fehlendes Abrollen beim Gehen
- ▶ Venöse Durchblutungsstörungen mit Neigung zu orthostatischen Ödemen

Verlauf des Ners

Nach Trennung vom N. peroneus verläuft er durch die Mitte der Kniekehle und zieht zwischen den tiefen Zehenflexoren und dem M. gastrocnemius und M. soleus zur Fußsohle, die er nach Passieren des Tarsaltunnels unter dem medialen Malleolus erreicht.

Engpässe/Prädilektionsstellen für Schädigungen

Osteofibröser Kanal: Tarsaltunnel unterhalb des medialen Malleolus

Motorische Versorgung

- ▶ M. gastrocnemius
- ▶ M. soleus
- ▶ M. flexor digitorum profundus
- ▶ M. flexor hallucis longus
- ▶ M. abductor hallucis
- ▶ M. flexor digitorum brevis
- ▶ M. flexor hallucis brevis
- ▶ M. lumbricales
- ▶ Mm. interossei
- ▶ M. quadratus plantae
- ▶ M. adductor hallucis
- ▶ M. abductor digiti minimi

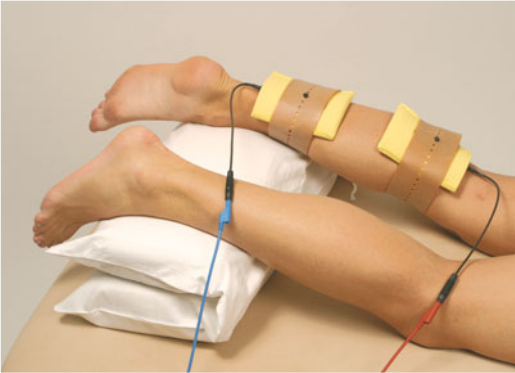
Lagerung zur Elektrotherapie

Rückenlage, Knie mit Rolle unterlagert

Elektrotherapeutisches Verfahren

s. Radialisparese

Behandlung Tibialisparese



Reizung des M. gastrocnemius



Reizung des M. plantaris



Reizung des M. flexor digitorum brevis

Facialisparese (Läsion des 7. Hirnnervs)



VORSICHT

Die elektrotherapeutische Behandlung einer zentralen Facialisparese ist in jedem Falle abzulehnen, da sie zu einem **Facialisasmus** führen kann. Dieser äußert sich in nicht unterdrückbaren Einzelzuckungen bis hin zu länger andauernden tetanischen Kontraktionen. Die Behandlung einer rein peripheren Parese ist sehr umstritten. Hier besteht die Gefahr einer **Facialis kontraktur**.

Da die Behandlung sehr umstritten ist, wird in diesem Buch nicht näher darauf eingegangen.

Überprüfen Sie Ihr Wissen

Werner Wenk

10.1 Fragen – 284

10.2 Antworten – 298

10.1 Fragen

Kapitel 2

Woraus besteht ein Atom?

Welche Bindungsarten zwischen Atomen gibt es?

Beschreiben Sie den Aufbau des Periodensystems!

Was ist ein Ion?

Welcher Teil eines Atoms beeinflusst dessen chemisches Verhalten?

Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit Strom fließt?

Wie ist Strom definiert?

Welche Möglichkeiten der „Herstellung“ von Strom gibt es?

Beschreiben Sie die Funktion eines Kondensators und einer Spule!

Nennen Sie die wichtigsten Unterschiede zwischen einer Serien und Parallelschaltung!

**Was ist Induktion?
Wie kann im Körper Strom induziert werden?**

Welche Gefahren drohen, wenn der Ultraschallkopf nicht bewegt wird?

Was geschieht im Körper, wenn Hochfrequenz appliziert wird?

Was ist Modulation und wozu wird sie verwendet?

Wie entsteht Interferenz?

Wie verändert sich der Stromfluss durch den Körper bei gleichbleibender Spannung, wenn der Hautwiderstand sinkt?

Warum ist die sensible Belästigung bei Gleichstrom bei gleicher Stromstärke bei Mittelfrequenz geringer als bei Gleichstrom?

Was ist elektrische Leistung und wie kann man sie berechnen?

Wie unterscheidet sich die elektrotherapeutische Anwendung von Nieder – und Mittelfrequenz in der Praxis von den Hochfrequenzanwendungen?

Was ist Licht physikalisch und wie wird es unterteilt?

Auf welchem Prinzip beruht die Ultraschalltherapie im Gegensatz zur Hochfrequenz? Welcher Unterschied besteht aber im Hinblick auf die Wirkung?

Was ist beim Einsatz von Lasern zu beachten?

Kapitel 3

Welche Bedienungselemente besitzt ein Elektrotherapiegerät?

**Welche Elektrodenarten gibt es
und wie werden sie am Körper fixiert?**

**Wie heißen die verschiedenen motorischen
und sensiblen Schwellen bzw. Dosierungsbereiche
und was bedeuten Sie?**

Welche Faktoren beeinflussen den Hautwiderstand ?

**Welche Applikationsformen gibt es in der
Elektrotherapie und wofür werden sie benutzt?**

Was ist Schmerz?

**Über welche Nervenfasertypen
wird der Schmerz weitergeleitet?**

**Auf welchen Ebenen des zentralen Nervensystems
kann die Schmerzweiterleitung beeinflusst werden?**

**Wie entsteht ein Ruhepotenzial
und wie ein Aktionspotenzial?**

Nennen Sie die einzelnen Phasen des Aktionspotenzials!

Welche zwei Faktoren bestimmen die Kontraktionsstärke eines Muskels bei dessen elektrischer Reizung?

Welcher Unterschied besteht zwischen galvanischer und faradischer Reizung ?

Was bedeutet EAR?

Erklären Sie die Aussage des polaren Reizgesetzes nach Pflüger!

Wie lautet die Brenner sche Zuckungsformel und was bedeutet sie?

Was bedeutet das apolare Reizgesetz für die elektrotherapeutische Praxis?

Erklären Sie bitte den Gildemeister Effekt!

**Wozu kann die Wedensky-Hemmung
therapeutisch genutzt werden ?**

**Welche therapeutische Wirkung hat
die Hochfrequenz auf den menschlichen Körper?**

Kapitel 6

**Welche Elemente enthält ein elektrotherapeutischer
Basisbefund?**

**Welche Angaben aus der Anamnese und
welche klinischen Symptome deuten auf
ein akutes, und Krankheitsgeschehen hin?**

**Welche Punkte sind im Hinblick auf die Sicherheit
eines Patienten zu befragen und zu testen?**

**Welche wichtigen Elemente enthält
die Elektrodiagnostik?**

**Welche Aussagen liefert eine Galvanopalpation
im Gegensatz zu einer Schmerzpunktsuche?**

Welche Aussagen liefert die IT-Kurve?

Welchen diagnostischen Wert der IT-Kurve benutzt man zur Therapie?

Wie sind die diagnostischen Werte einer IT-Kurve bei einem gesunden Muskel?

Warum verlaufen die DIC und RIC links vom GI-punkt bzw. der Nutzzeit annähernd parallel zueinander?

Warum reizt man mit dem GI-punkt und nicht mit der Nutzzeit?

Was ist eine Girlandenkurve, bei welcher Kurve kann man sie beobachten und worauf deutet sie hin?

Könnte man einen gelähmten Muskel auch mit der Nutzzeit behandeln?

Woran kann man bereits optisch in der IT-Kurve einen schlaff gelähmten Muskel erkennen?

Woran kann man bereits optisch in der IT-Kurve einen zentral pseudoschlaff gelähmten Muskel erkennen?

Welche Tests gibt es für die Muskulatur?

Kap. 8.1

Welche spezifischen Wirkungen hat der Gleichstrom?

Welche Gefahr besteht bei der Anwendung von Gleichstrom bei einer AVK oder ischämischen Kontraktur?

Welche drei Anwendungsformen von Gleichstrom gibt es?

Welche Hydrogalvanischen Bäder gibt es?

Welchen Vor- und Nachteil besitzt die Reizstromiontophorese?

In welcher Form können die Medikamente zur Iontophorese vorliegen?

Welche zwei Versuche belegen die Wirksamkeit von Iontophorese?

Welche Schritte müssen bei der Iontophorese durchgeführt werden?

Unter welche Elektrode kommt ein negatives geladenes Medikament?

Was versteht man unter Modulation?

Zählen Sie und drei wichtige Frequenzbereiche auf, die für die Behandlung eine charakteristische Wirkung haben!

Nennen Sie bitte zwei Unterschiede zwischen Ultrareizstrom und den DD-strömen!

Kap. 8.2

Was versteht man unter stochastischen Reizströmen?

Welche Pause muss ein Reizstrom mit der Impulszeit 5 ms haben, damit eine Frequenz von 50 Hz erreicht wird?

Zählen Sie alle niederfrequenten Ströme auf, die in irgendeiner Form einen Frequenzwechsel beinhalten!

Was bedeutet: Burst TENS?

**Welcher Impuls ist sensibel besser verträglich:
Ein langer oder ein kurzer Rechteckimpuls?**

Welche verschiedenen Anwendungen von TENS gibt es?

Was kann man tun, um den Gewöhnungseffekt (Habituation) bei der Schmerzlinderung zu vermindern?

Welche Unterschiede bestehen bei den TENS – strömen gegenüber den konventionellen nieder- und mittelfrequenten Strömen?

Wozu dienen bei faradischen Strömen die Schwellungen?

Wodurch unterscheidet sich der Hochvoltstrom von den TENS strömen und den konventionellen Strömen?

Was ist der Vorteil von Hochvoltströmen, was der Nachteil?

Wozu dient die Vektorverschiebung bzw. Vektorautomatik?

Wozu benutzt man Exponentialstrom?

Welche zwei Frequenzen enthält ein Interferenzstrom?

Kap. 8.3

Was ist der Unterschied zwischen reinem mittelfrequenterem Strom und Interferenzstrom?

Was ist der Unterschied zwischen vierpoliger und zweipoliger Interferenz?

Was ist die Wedenskyhemmung?

Welche beiden Therapiemöglichkeiten bleiben dem Interferenzstrom verschlossen?

Wie differenziert man beim Interferenzstrom zwischen akutem und chronischem Krankheitsgeschehen?

Wie kann man beim Kondensatorfeld die hohe Fettbelastung reduzieren?

Kap. 8.4

Was bewirkt die Hochfrequenz im Körper?

Wie sind die Dosisstufen nach Schliephak definiert ?

Was versteht man unter „Fettbelastung„?

Warum gibt es bei Anwendung der Mikrowelle keine Dosisstufe IV wie bei der Kurzwellen?

Welche Methode hat die größte Fettbelastung, und welche die geringste?

[illegible][illegible]

[illegible]

Wozu benutzt man die Wasserbeschallung?

Notizen:

Was sind stehende Wellen und welche Gefahr geht von ihnen aus?

Was bedeuten: Ultraphonophorese, Simultanverfahren und Ultraschalliontophorese?

10.2 Antworten

Kapitel 2

Woraus besteht ein Atom?

Protonen als Plus – Ladungsträger
Elektronen als Negativ-Ladungsträger
Neutronen keine Ladungsträger, zusammen mit den Protonen ergeben Sie das Atomgewicht

Welche Bindungsarten zwischen Atomen gibt es?

Ionenbindung- hier werden Elektronen abgegeben bzw. aufgenommen und dadurch entsteht eine Polarisierung. Diese Polarisierung hält die Atome zusammen

Beschreiben Sie den Aufbau des Periodensystems!

Die Elemente sind nach steigender Anzahl der Protonen im Kern geordnet.

In der ersten Spalte stehen alle Elemente mit einem Elektron in der Außenschale, in der zweiten Spalte alle Elemente mit zwei Elektronen in der Außenschale und so fort. Die ersten acht Spalten stellen die Hauptgruppen dar

Was ist ein Ion?

Ein Ion ist ein durch Abgabe oder Aufnahme von Elektronen positiv oder negativ geladenes Atom, das sich in Wasser auflöst (Elektrolyt)

Welcher Teil eines Atoms beeinflusst dessen chemisches Verhalten?

Die auf der äußersten Schale sich befindenden Elektronen

Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit Strom fließt?

1. Es muss eine Spannungsquelle vorhanden sein und
2. der Stromkreis muss geschlossen sein.

Wie ist Strom definiert?

Fluss von elektrisch geladenen Teilchen in Form von Elektronen oder Ionen

Welche Möglichkeiten der „Herstellung“ von Strom gibt es?

1. Chemisch (Batterie, Akku) es entsteht Gleichstrom
2. Durch Induktion (Eine Spule bewegt sich in einem Magnetfeld oder umgekehrt)
3. Mit Solarzellen

Beschreiben Sie die Funktion eines Kondensators und einer Spule!

Der Kondensator ist ein Ladungsspeicher und besteht aus zwei Platten, die durch ein Dielektrikum getrennt sind.

Die Spule ist ein zirkulär gewickelter Kupferdraht, der ein Magnetfeld erzeugt, wenn durch ihn Strom fließt

Nennen Sie die wichtigsten Unterschiede zwischen einer Serien und Parallelschaltung!

Serienschaltung:

1. Durch jeden Widerstand fließt der gleiche Strom
2. Der Gesamtwiderstand besteht aus der Summe der Einzelwiderstände
3. Die Spannung teilt sich auf die Einzelwiderstände im proportionalen Verhältnis zueinander auf. Deren Summe ergibt wiederum die Gesamtspannung

Parallelschaltung

1. Der Strom teilt sich in umgekehrtem Verhältnis der Widerstände zueinander auf. Zusammen ergibt es wieder die Gesamtstromstärke
2. Der Gesamtwiderstand ist kleiner als der kleinste Widerstand
3. Die Spannung ist an jedem Widerstand gleich

Was ist Induktion?

Wie kann im Körper Strom induziert werden?

Induktion ist das Erzeugen eines Stroms in einem Leiter, der in einem Magnetfeld bewegt wird. Hierbei handelt es sich um einen Wechselstrom.

**Welche Gefahren drohen,
wenn der Ultraschallkopf nicht bewegt wird?**

Schallwellen können am Übergang zu einem dichten Medium reflektiert werden und mit den neu ankommenden Wellen Interferenzen bilden. Diese Interferenzen (Überlagerung) können zu unkontrollierbaren Intensitätserhöhungen führen und Gewebe zerstören.

**Was geschieht im Körper,
wenn Hochfrequenz appliziert wird?**

Im Körper können sogenannte Wirbelströme erzeugt werden, wenn der Körper sich im Nahfeld einer Spule oder zwischen den Platten eines Kondensators befindet. In jedem Fall muss es sich um ein wechselndes Magnetfeld bzw. Kondensatorfeld handeln.

Ionen und polarisierte Moleküle bewegen sich im Rhythmus der applizierten Frequenz, dadurch wird Wärme erzeugt, die therapeutisch genutzt wird.

Was ist Modulation und wozu wird sie verwendet?

Modulation wird bei Reizströmen angewandt. Es sind rhythmische Veränderungen der Intensität (Schwellungen, Schwebungen) oder der Frequenz (Frequenzmodulation). Dadurch können Muskeln rhythmisch kontrahieren oder in der Schmerztherapie der Gewöhnungseffekt reduziert werden.

Wie entsteht Interferenz?

Interferenz (= dazwischen tragen) ist eine Überlagerung von zwei mittelfrequenten Strömen mit unterschiedlichen Frequenzen. Dadurch entsteht ein Strom mit einer anderen Frequenz, die zur Therapie genutzt wird.

**Wie verändert sich der Stromfluss durch
den Körper bei gleichbleibender Spannung,
wenn der Hautwiderstand sinkt?**

Die Stromstärke nimmt zu.

**Warum ist die sensible Belästigung bei Gleichstrom
bei gleicher Stromstärke bei Mittelfrequenz geringer
als bei Gleichstrom?**

Bei Gleichstrom ist der Hautwiderstand ca. hundert mal höher als bei Mittelfrequenz. Die Hautrezeptoren nehmen den schnellen Wechsel des Stroms bei Mittelfrequenz nicht so wahr wie die gleichmäßige Ionenverschiebung bei Gleichstrom.

**Was ist elektrische Leistung
und wie kann man sie berechnen?**

Elektrische Leistung ist das Produkt aus Stromstärke und Spannung. Sie wird nach der Formel $P = U \times I$ und wird in Watt gemessen.

**Wie unterscheidet sich die elektrotherapeutische
Anwendung von Nieder- und Mittelfrequenz
in der Praxis von den Hochfrequenzanwendungen?**

1. Hochfrequente Anwendungen haben eine größere Tiefenwirkung als Nieder- und Mittelfrequenz
2. Bei der Hochfrequenz haben die Elektroden keinen Kontakt zum Patienten

Was ist Licht physikalisch und wie wird es unterteilt?

Licht ist eine elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 10 Nanometern und ca 780 Nanometern. Es wird in Infrarot- und Ultraviolettstrahlung sowie Laser unterteilt

**Auf welchem Prinzip beruht die Ultraschalltherapie
im Gegensatz zur Hochfrequenz? Welcher Unterschied besteht aber im Hinblick auf die Wirkung?**

Beim Ultraschall werden die Körperstrukturen durch mechanische Wellen in Schwingungen versetzt, während dies bei der Hochfrequenz durch elektromagnetische Wellen erfolgt. Die Tiefenwirkung ist bei Hochfrequenz größer. Gemeinsam ist bei beiden die Wärmeentwicklung im Körper.

Was ist beim Einsatz von Lasern zu beachten?

Während der Therapie ist immer eine Schutzbrille sowohl vom Patienten als auch vom Theapeuten zu tragen. Bei Geräten der Schutzklasse 3b muss zusätzlich ein Schutzbeauftragter beauftragt werden. Im Umkreis von 6 m dürfen sich keine anderen Personen im Raum befinden.

Kapitel 3**Welche Bedienungselemente besitzt ein Elektrotherapiegerät?**

Dosisregler, Zeitschaltuhr, Polwender, Impuls- und Pausenzeitregler, Frequenzwahlschalter, CV oder CC - wahl-schalter, Stromwahlschalter

Welche Elektrodenarten gibt es und wie werden sie am Körper fixiert?

- ▶ Plattenelektroden mit Gummi- oder Klettband, mit Körpergewicht
- ▶ Saugelektroden mit Vakuum
- ▶ Einmalektroden mit Klebeschicht
- ▶ Rollen-, Bügel-, Punkt- bzw. Scheibenelektroden manuell

Wie heißen die verschiedenen motorischen und sensiblen Schwellen bzw. Dosierungsbereiche und was bedeuten Sie?

Sensibel oder motorisch unterschwellig: Es wird kein Strom gespürt, Muskulatur kontrahiert nicht

Sensibel oder motorisch schwellig: Es wird Strom gespürt, Muskulatur kontrolliert sich.

Welche Faktoren beeinflussen den Hautwiderstand ?

- ▶ Hautdurchblutung
- ▶ Hautfeuchtigkeit
- ▶ Fettschicht auf der Haut
- ▶ Dicke der Epithelschicht

Welche Applikationsformen gibt es in der Elektrotherapie und wofür werden sie benutzt?

- ▶ Querdurchströmung für Gelenke
- ▶ Längsdurchströmung für Wirbelsäule und Extremitäten
- ▶ Schmerzpunktbehandlung für kleine Behandlungsgebiete
- ▶ Nervenstammapplikation zur Behandlung peripherer Nerven
- ▶ Vasotrope Applikation zur Behandlung peripherer Durchblutungsstörungen
- ▶ Gangliotrope Applikation zur Behandlung des peripheren Sympathikus
- ▶ Mobile Applikation zur Schmerzpunktsuche

Was ist Schmerz?

Schmerz ist eine komplexe Sinneswahrnehmung unterschiedlicher Qualität, die durch Störung des Wohlbefindens gekennzeichnet ist und in ihrer chronischen Form ein eigenes Krankheitsbild darstellt.

Über welche Nervenfasertypen wird der Schmerz weitergeleitet?

- ▶ Schnell leitende dicke A – delta Fasern
- ▶ Langsam leitende unmyelinisierte C – Fasern

Auf welchen Ebenen des zentralen Nervensystems kann die Schmerzweiterleitung beeinflusst werden?

- ▶ Im Rückenmark segmentales präsynaptische Hemmsystem
- ▶ Im Periaquäduktregion und in den Raphekernen des Hirnstamm = Supraspinales zentrales Hemmsystem
- ▶ In der Hypophyse über den Liquor und Blutkreislauf abgegebenes Betaendorphin

Wie entsteht ein Ruhepotenzial und wie ein Aktionspotenzial?

In Ruhe ist das Zellinnerer gegenüber dem Interstitium negativ, was durch eine ungleiche Ionenkonzentration von Natrium, Kalium und Chlor hervorgerufen wird. Eine aktive Natrium- und Kaliumpumpe hält diesen Zustand aufrecht.

Aktionspotenzial ist ein Ereignis, bei dem durch einen elektrischen Reiz die Kanäle für Natrium und Kalium geöffnet werden und das bestehende Potenzial zwischen innen und außen zusammenbricht.

Voraussetzung dafür ist aber, dass der elektrische Reiz das Ruhepotenzial auf das kritische Membranpotenzial absenkt.

Nennen Sie die einzelnen Phasen des Aktionspotenzials!

1. Repolarisation
2. Overshoot
3. Depolarisation
4. Hyperpolarisation

Welche zwei Faktoren bestimmen die Kontraktionsstärke eines Muskels bei dessen elektrischer Reizung?

1. Die Stromstärke bestimmt die Anzahl der kontrahierenden motorischen Einheiten
2. Die Frequenz bestimmt die Stärke des Tetanus

Welcher Unterschied besteht zwischen galvanischer und faradischer Reizung?

Galvanische Reizung ist eine Reizung mit Einzelimpulsen, es kommt zu Einzelzuckungen, die Pause ist hierbei relativ groß

Faradische Reizung ist eine Reizung mit Serienimpulsen, es kommt zu einer tetanischen Kontraktion

Was bedeutet EAR?

EAR ist die Abkürzung für Entartungsreaktion.

Es gibt eine komplette EAR, wobei der Muskel weder faradisch noch galvanisch reizbar ist. Bei der inkompletten EAR kann der Muskel beispielsweise noch direkt gereizt werden oder es ist nur ein Teil der Muskulatur entartet. Neben dieser quantitativen Aussage gibt es auch noch eine qualitative. Hier wird die Zuckung selbst beurteilt: Sie kann verzögert, träge, wurmförmig oder impulsiv sein.

Erklären Sie die Aussage des polaren Reizgesetzes nach Pflüger!

Sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen eines Stromkreises kann eine Muskelzuckung ausgelöst werden. Dabei gehen die Schließzuckungen immer von der Kathode aus, die Öffnungszuckungen jedoch von der Anode.

Wie lautet die Brenner'sche Zuckungsformel und was bedeutet sie?

KSZ ist immer größer als die ASZ, diese wiederum größer als die AÖZ, und diese wiederum größer als die KÖZ

Was bedeutet das apolare Reizgesetz für die elektrotherapeutische Praxis?

Dadurch, dass es hier keine Anode oder Kathode und damit kein auf- und absteigend gibt, ist die Elektrodenplatzierung nicht mehr von so großer Bedeutung. Man kann einen Muskel bzw. einen Nerv sowohl längs als auch quer reizen.

Erklären Sie bitte den Gildemeister Effekt!

Bei der Reizung mit mittelfrequenten Strömen reicht eine einzelne periodische Schwingung nicht aus, um eine Kontraktion auszulösen. Es müssen erst eine gewisse Anzahl von Perioden führt zu einer Depolarisation und damit zu einer Kontraktion.

Wozu kann die Wedensky-Hemmung therapeutisch genutzt werden?

Die mit unmoduliertem mittelfrequenten Wechselstrom gereizte Nervenzelle verliert kurz nach der Reizung ihre Reizbarkeit, da sie in einer Dauerdepolarisationsphase bleibt (Plateau-effekt). Somit kann dieser Effekt ebenfalls zur Schmerzlinderung eingesetzt werden.

Welche therapeutische Wirkung hat die Hochfrequenz auf den menschlichen Körper?

Sie entwickelt in der Tiefe eine Wärme, die therapeutisch genutzt wird.

Kapitel 6

Welche Elemente enthält ein elektrotherapeutischer Basisbefund?

- ▶ Anamnese
- ▶ Inspektion
- ▶ Palpation
- ▶ Dokumentation

Welche Angaben aus der Anamnese und welche klinischen Symptome deuten auf ein akutes, und Krankheitsgeschehen hin?

Akut:

- ▶ Zeitpunkt der Erkrankung
- ▶ Temperatur des Behandlungsgebietes (warm)
- ▶ Farbe der Haut (gerötet)

Welche Punkte sind im Hinblick auf die Sicherheit eines Patienten zu befragen und zu testen?

Anamnese:

- ▶ Schmerzmittel genommen,
- ▶ eine Spritze bekommen?
- ▶ Vorhandensein einer Kontraindikation

Test:

- ▶ Sensibilität
- ▶ Optisch: offene Hautstellen, Pickel, Hauterkrankungen

Welche wichtigen Elemente enthält die Elektrodiagnostik?

- ▶ Schmerzpunktsuche: Auffinden von Muskeltriggerpunkten
- ▶ Galvanopalpation: Auffinden von aktiven Headschen Zonen
- ▶ Faradischer Test oder Mittelfrequenztest nach Lange: Reizbarkeit von Muskeln
- ▶ IT-Kurve: Finden der optimalsten Impulszeit zur Reizing gelähmter Muskeln

Welche Aussagen liefert eine Galvanopalpation im Gegensatz zu einer Schmerzpunktsuche?

Galvanopalpation liefert eine Aussage über aktive Headschen Zonen, während die Schmerzpunktsuche geschädigte, und damit hyperalgetische Zonen bzw. Muskeltriggerpunkte aufspürt

Welche Aussagen liefert die IT-Kurve?

- ▶ Ob ein Muskel peripher oder zentral gelähmt ist
- ▶ Wie stark ein Muskel gelähmt ist
- ▶ Wie man den gelähmten Muskel selektiv reizen kann

Welchen diagnostischen Wert der IT-Kurve benutzt man zur Therapie?

Den GI – punkt

Wie sind die diagnostischen Werte einer IT-Kurve bei einem gesunden Muskel?

Alpha-wert: : 2,7 bis 6

Chronaxie: 0,05 bis 1 ms

Nutzzeit: 12 bis 20 ms

Wie kann man in der IT-Kurve einen zentral von einem peripher geschädigten Muskel differenzieren ?

GI – punkt: 1 bis 20 ms

Warum verlaufen die DIC und RIC links vom GI-punkt bzw. der Nutzzeit annähernd parallel zueinander?

Weil sich Rechteck und Dreieckimpuls bezüglich ihrer Steilheit immer ähnlicher werden.

Warum reizt man mit dem GI-punkt und nicht mit der Nutzzeit?

Um gesunde Fasern in der näheren Umgebung auszuschalten und das Durchschlagen der gesunden Antagonisten zu vermeiden.

Synergist oder Antagonist, der Muskel muss homogen sein und somit keine Girlandenkurve aufweisen.

Was ist eine Girlandenkurve, bei welcher Kurve kann man sie beobachten und worauf deutet sie hin?

Eine Girlandenkurve hat mehrere Gi-punkte, weil sie zwei bis dreimal hoch und runter geht, also „Berge und Täler“ aufweist. Sie tritt bei der DIC auf und deutet auf einen Muskel mit unterschiedlich stark geschädigten Muskelfaseranteilen hin.

Könnte man einen gelähmten Muskel auch mit der Nutzzeit behandeln?

Ja, vorausgesetzt, es reagiert kein gesunder Syn- bzw. Antagonist und alle Muskelfaseranteile sind gleich schwer geschädigt (homogen geschädigt).

Woran kann man bereits optisch in der IT-Kurve einen schlaff gelähmten Muskel erkennen?

- ▶ GI-punkt und Nutzzeit liegen weiter rechts von der Mitte,
- ▶ GT und Rh – Wert liegen eng zusammen
- ▶ DIC und RIC verlaufen links von GI punkt und Nutzzeit relativ steil, manchmal kann man sie nicht mehr bis zu Ende zeichnen, da der Strombedarf bei den kleinen Impulszeiten sehr hoch ist (über 80 mA).

Woran kann man bereits optisch in der IT-Kurve einen zentral pseudoschlaff gelähmten Muskel erkennen?

- ▶ GI-punkt und Nutzzeit liegen weiter links von der Mitte,
- ▶ GT und Rh – wert liegen weit auseinander, manchmal ist der Strombedarf des GT-wertes so hoch, dass die Kurve nicht zu Ende gezeichnet werden kann – der GT wert liegt oberhalb von 80 mA.
- ▶ DIC und RIC verlaufen links von GI punkt und Nutzzeit relativ flach.

Welche Tests gibt es für die Muskulatur?

- ▶ Faradischer Test
- ▶ Mittelfrequenztest nach Lange
- ▶ Brennersche Zuckungsformel
- ▶ IT-Kurve

Kap. 8.1

Welche spezifischen Wirkungen hat der Gleichstrom?

- ▶ Schmerzlinderung durch den Anelektrotonus
- ▶ Durchblutungssteigerung von Haut und Muskulatur
- ▶ Regeneration von Ulcera, Stimulierung der Knochenheilung bei Pseudarthrosen
- ▶ Steigerung (Kathode kopfwärts) oder Minderung (Anode kopfwärts) der zentralen Erregbarkeit
- ▶

Welche Gefahr besteht bei der Anwendung von Gleichstrom bei einer AVK oder ischämischen Kontraktur?

Durch die starke Hautdurchblutung kann die Versorgung der Muskulatur beeinträchtigt werden (Durchblutungs-antagonismus von Haut und Muskulatur)

Welche drei Anwendungsformen von Gleichstrom gibt es?

- ▶ Stabile Galvanisation
- ▶ Iontophorese
- ▶ Hydrogalvanische Bäder

Welche Hydrogalvanischen Bäder gibt es?

- ▶ Stangerbad
- ▶ Monozellenbad
- ▶ Zweizellenbad
- ▶ Vierzellenbad

Welchen Vor- und Nachteil besitzt die Reizstromiontophorese?

Vorteil :
Bessere sensible Verträglichkeit, geringe Verätzungsgefahr
Nachteil:
Es gelangen weniger Medikamentwirkstoffe in die Haut

In welcher Form können die Medikamente zur Iontophorese vorliegen?

- ▶ Salbenform
- ▶ Gelform
- ▶ Emulsionen
- ▶ Flüssigkeiten

Welche zwei Versuche belegen die Wirksamkeit von Iontophorese?

- ▶ Kaninchenversuch nach Leduc
- ▶ Kartoffelversuch nach Schatzky

Welche Schritte müssen bei der Iontophorese durchgeführt werden?

- ▶ Abschmirgeln der Haut
- ▶ Beseitigung der Schmirgelrückstände und der Fettschicht auf der Haut mit Alkohol oder Seifenlösung
- ▶ Auftragen des Medikaments
- ▶ Abdecken des Behandlungsgebietes mit einer Iontophoresefolie oder einer trockenen Papierzwischenlage

Unter welche Elektrode kommt ein negatives geladenes Medikament?

Unter die Kathode

Kap. 8.2

Was versteht man unter stochastischen Reizströmen?

Die Frequenz dieser Ströme verändert sich innerhalb eines vorgegebenen Bereichs in zufälliger Reihenfolge.

Was versteht man unter Modulation?

Bei der Modulation wird ein Stromparameter in einem gewissen Bereich verändert:

- ▶ Stromstärk modulation
- ▶ Frequenzmodulation
- ▶ Impulsbreitenmodulation

Zählen Sie und drei wichtige Frequenzbereiche auf, die für die Behandlung eine charakteristische Wirkung haben!

5 -20 Hz: Schüttelfrequenzen zur Schmerzlinderung und Ödemresorption
 50 Hz: Optimale tetanische Muskelkontraktionen
 100Hz: Sympathicusdämpfung und Schmerzlinderung
 100 – 200 Hz: Muskelwogen, dadurch anschließende Detonisierung

Nennen Sie bitte zwei Unterschiede zwischen Ulrareizstrom und den DD-strömen!

Stromform und Frequenz

Welche Pause muss ein Reizstrom mit der Impulszeit 5 ms haben, damit eine Frequenz von 50 Hz erreicht wird?

$R = 15 \text{ ms}$

Zählen Sie alle niederfrequenten Ströme auf, die in irgendeiner Form einen Frequenzwechsel beinhalten!

CP, LP, FM, stochastisches TENS

Was bedeutet: Burst TENS?

Hierbei werden Impulsblöcke (Burst) erzeugt.

Welcher Impuls ist sensibel besser verträglich: Ein langer oder ein kurzer Rechteckimpuls?

Ein kurzer.

Welche verschiedenen Anwendungen von TENS gibt es?

- ▶ Hochfrequenter TENS mit 80 – 100 Hz „High rate conventional TENS“
- ▶ Niederfrequenter TENS mit 1 bis 10 Hz „Low rate acupuncture like TENS“
- ▶ Burst TENS
- ▶ Stochastisches TENS
- ▶ Impulsbreitenmoduliertes TENS
- ▶ Biphasisches TENS
- ▶ PuTENS
- ▶ TEMS
- ▶ ESA (Elektro-Stimulations-Akupunktur)

Was kann man tun, um den Gewöhnungseffekt (Habituation) bei der Schmerzlinderung zu vermindern?

- ▶ Frequenz verändern
- ▶ Stromstärke erhöhen
- ▶ Elektrode etwas anders platzieren
- ▶ Biphasische Impulse wählen
- ▶ Mit einem Frequenzbereich arbeiten z.B. 1 bis 100 Hz
- ▶ Mit Stochastischen Impulsen arbeiten
- ▶ Impulsbreitenmodulation

Welche Unterschiede bestehen bei den TENS – strömen gegenüber den konventionellen nieder- und mittelfrequenten Strömen?

- ▶ Die Impulse sind im wesentlichen kleiner als bei konventionellen Strömen
- ▶ Sie dienen primär der Schmerzbehandlung, während bei den konventionellen Ströme auch Durchblutung, Ödemresorption und Detonisierung als Wirkungsspektrum gewünscht wird
- ▶ Sie haben neue Stromformen generiert: Impulsbreitenmodulation, biphasische Impulse, Burstimpulse
- ▶ Sie haben neue Anwendungsgebiete erschlossen, z.B. die Kombination mit der Akupunktur, Einsatz in der Zahnmedizin.

Wozu dienen bei faradischen Strömen die Schwellungen?

Sie bieten dem kontrahierenden Muskel Erholungspausen, um ihn vor einer Schädigung zu bewahren

Wodurch unterscheidet sich der Hochvoltstrom von den TENS strömen und den konventionellen Strömen?

Die Impulse besitzen eine doppelt so hohe Spannung wie die anderen Ströme, die Impulszeiten sind noch kleiner als bei TENS.

Was ist der Vorteil von Hochvoltströmen, was der Nachteil?

Vorteil: Keine Hautverätzungen, Metallimplantate können behandelt werden.

Nachteil: Patienten mit Herzrhythmusstörungen und Schrittmachern können nicht behandelt werden.

Wozu benutzt man Exponentialstrom?

- ▶ Zur Lähmungsbehandlung

Kap. 8.3

Was ist der Unterschied zwischen reinem mittelfrequentem Strom und Interferenzstrom?

Mittelfrequenter Strom besitzt keine niederfrequenten Schwebungen.

Interferenzstrom entsteht durch Überlagerung von zwei mittelfrequenten Strömen, wodurch dann ein amplitudenmodulierter Strom zwischen den vier Elektroden entsteht.

Was ist die Wedenskyhemmung?

Bei Anwendung von reinem mittelfrequentem Strom werden die Zellen in einer Dauerdepolarisationsphase gehalten, sodaß diese Zellen nicht mehr erregbar sind, solange der Strom fließt. Anderer Name: Plateaueffekt.

Wozu dient die Vektorverschiebung bzw. Vektorautomatik?

Vektorverschiebung ist ein rotierendes Verfahren, bei dem die 100% ige Modulationstiefe in in jedem Gewebsbereich einmal kurzzeitig zur Wirkung kommt. Die Rotation kann von der Geschwindigkeit her eingestellt werden.

Welche zwei Frequenzen enthält ein Interferenzstrom?

1. Die Trägerfrequenz
2. Die Modulationsfrequenz (Schwebungsfrequenz)

Was ist der Unterschied zwischen vierpoliger und zweipoliger Interferenz?

Bei der vierpoligen Interferenz entsteht die 100 % ige Modulation zwischen den vier Elektroden, nicht unter der Elektroden, bei zweipoliger Interferenz ist die 100 % ige Modulation unter den Elektroden als auch zwischen den Elektroden.

Welche beiden Therapiemöglichkeiten bleiben dem Interferenzstrom verschlossen?

1. Iontophorese
2. Lähmungsbehandlung

Wie differenziert man beim Interferenzstrom zwischen akutem und chronischem Krankheitsgeschehen?

Akut nimmt man 100 Hz konstant als Therapiefrequenz, chronisch einen Frequenzwechsel von 1 – 100 Hz

Kap. 8.4

Was bewirkt die Hochfrequenz im Körper?

Beim Kondensatorfeld bewegen sich alle polarisierten Moleküle bzw Ionen im Rhythmus
Der Hochfrequenz, was zu Wärmeentwicklung in tiefer gelegenen Strukturen führt, diese wird wiederum therapeutisch genutzt.
Beim Magnetfeld und beim Strahlenfeld werden sogenannte „Wirbelströme“, Induziert.

Was versteht man unter „Fettbelastung„?

Darunter versteht man die Energie, die im Fettgewebe in Wärme umgewandelt wird und damit den tiefer gelegenen Schichten verlorengeht.

Welche Methode hat die größte Fettbelastung, und welche die geringste?

Das Kondensatorfeld hat die größte Fettbelastung, die Mikrowelle die geringste.

Wie kann man beim Kondensatorfeld die hohe Fettbelastung reduzieren?

Indem man den Hautabstand vergrößert. Je näher die Elektroden an der Haut sind, desto mehr Energie bleibt in der Fettschicht „hängen“.

Wie sind die Dosisstufen nach Schliephak definiert ?

- Stufe I: kein Wärmegefühl
- Stufe I: gerade spürbares Wärmegefühl
- Stufe III: mittleres Wärmegefühl
- Stufe IV: sehr starkes Wärmegefühl

Warum gibt es bei Anwendung der Mikrowelle keine Dosisstufe IV wie bei der Kurzwelle?

Die Mikrowelle hat die größte Tiefenwirkung, sodass in dem subkutanen Fettgewebe, wo die Thermorezeptoren sitzen, kaum Energie resorbiert wird. Spürt der Patient starke Wärme, ist die Dosis bereits zu hoch! Deswegen ist bei Mikrowelle Vorsicht geboten mit der Anwendung der Schliephak schen Dosierung.

Sowohl bei Ultraschall als auch bei Hochfrequenz kann im Körper Wärme empfunden werden. Was ist der Unterschied zwischen den beiden Methoden in der Wirkungsweise?

Bei Ultraschall wird mechanische Energie im Körper absorbiert, was Wärme erzeugen kann, bei der Hochfrequenz sind elektromagnetische Felder in Form eines Magnetfeldes, eines Kondensatorfeldes oder eines Strahlenfeldes ursächlich für die Entstehung der Wärme. Voraussetzung dafür sind geladene Teilchen im Körper die sich nach der Polarität ausrichten.

Welche Hochfrequenzmethoden gibt es in der physiotherapeutischen Anwendung?

- ▶ Kurzwelle mit Kondensator- und Spulenfeld
- ▶ Dezimeterwelle mit einem Strahlenfeld
- ▶ Mikrowelle mit einem Strahlenfeld

Kap. 8.5

Mit welchen Frequenzen arbeitet der Ultraschall in der Physiotherapie?

Mit 0,8 Mhz, 1 und 3 Mhz

In welcher Struktur wird am meisten Ultraschall absorbiert?

Am Sehnen-Knochenübergang

Was bewirkt der Ultraschall in den Körperstrukturen?

- ▶ Durch Absorption von Energie entsteht therapeutisch nutzbare Wärme
- ▶ Durch den mechanischen Effekt werden die Zellen zu Stoffwechselateigerung und Regeneration angeregt. Reparaturvorgänge werden beschleunigt.

Was ist das Tastverhältnis und wozu dient es?

Das Tastverhältnis wird beim Impulsschall benutzt, es ist das Verhältnis von Schallzeit zu Pausen + Schallzeit.

Was ist Impulsschall und wozu dient er?

Es handelt sich um Ultraschall, der mit Pausen versehen ist. Er wird bei akuten Krankheitsgeschehen benutzt. Außerdem kann man ihn zur Beschallung über Osteosynthesen benutzen.

Was sind stehende Wellen und welche Gefahr geht von ihnen aus?

Stehende Wellen sind Intensitätsverdichtungen, die durch Reflexion von Schallwellen und Mischung mit neu ankommenden Wellen entstehen. Diese durch Interferenzen entstehenden Verdichtungen können Gewebe schädigen.

Was bedeuten: Ultraphonophorese, Simultanverfahren und Ultraschalliontophorese?

Bei der Ultraphonophorese wird mithilfe des Ultraschalls ein Medikamentwirkstoff eingeschleust, beim Simultanverfahren wird Ultraschall mit Strom kombiniert, bei der Ultraschalliontophorese wird parallel zum Ultraschall mithilfe des Stroms ein Medikament eingeschleust. Es stellt das wirkungsvollste Verfahren dar.

Wozu benutzt man die Wasserbeschallung?

Um bei unebenen Körperflächen wie z.B. Finger, Hand Fuß, Zehen eine gleichmässige Beschallung zu erreichen.



Kontaktadresse	– 310
Seltene Krankheitsbilder	– 310
IT-Kurven-Formular (Kopiervorlage)	– 311
Befundbogen (Kopiervorlage)	– 312
Zeichenvordrucke (Kopiervorlage)	– 314
Behandlungsplan (Kopiervorlage)	– 316
Die sensiblen Versorgungsgebiete peripherer Nerven	– 317
Die Nervenreizpunkte	– 318
Dermatome	– 320
Rechnen mit Hochzahlen	– 321
Frequenzspektren	– 321
Physikalische Größen und Einheiten	– 322
Symbole für Elemente eines Stromkreises	– 323
Literatur	– 325
Glossar	– 329
Sachverzeichnis	– 331

Kontaktadresse

AG Elektrotherapie im ZVK

c/o Frank-P. Bossert
 Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf
 Kirchfeldstr. 40
 40217 Düsseldorf

Seltene Krankheitsbilder

Erkrankungen der Haut

Akne
 Phlegmone
 Karbunkel
 Furunkel
 Ekzeme
 Ulcus cruris

Systemerkrankungen

Muskelrheumatismus
 Weichteilrheumatismus
 Neuralgien
 Interkostalneuralgie,
 Trigeminusneuralgie,
 Okzipitalneuralgie
 Neuritis

Erkrankungen innerer Organe

Gynäkologische Erkrankungen

Adnexitis
 Amenorrhoe
 Dysmenorrhoe

Darm

Obstipation

Blase

Inkontinenz

Herz

Angina pectoris

Lunge

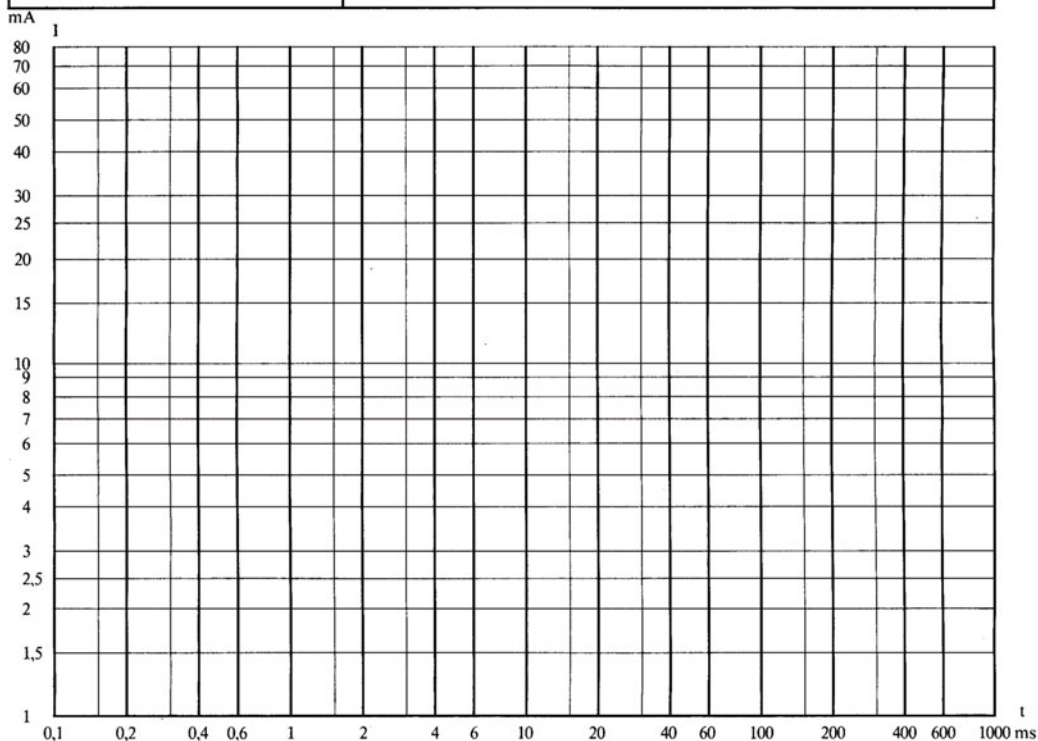
Chronische Bronchitis
 Bronchialasthma
 Pneumonie

Erkrankungen im Kopfbereich

Sinusitis frontalis
 Otitis media
 Pharyngitis, Laryngitis

BOSCH**MED-MODUL-Diagnostik**

Name: Vorname: geb.: Krbl. No.: Station:	Untersucher: Datum:	☒ Rechteck-Impuls-Charakteristik RIC ☐ Dreieck-Impuls-Charakteristik DIC
		Rheobase in mA: Chronaxie in ms: Akkomodabilität (α): Muskel oder Nerv:
Größe: Kathode Anode Lage:	Kriterium des Reizerfolges:	



Diagnose:

Anamnese:

Befund:

Befundbogen – Basisbefund und ausführliche Befunderhebung

Datum der Befundaufnahme:
 Name des Behandlers:
 Name des Patienten:
 Geburtsdatum: Alter:
 Beruf/Tätigkeit:
 Hobbies:
 Patient krank geschrieben: Ja ☐ Nein ☐
 Ärztliche Diagnose:
 Ärztliche Verordnung:
 Verordnete Medikamente:
 Verabreichte Spritzen:

Anamnese

Beginn der Erkrankung:
 Ursache der Erkrankung:

 Weiterer Verlauf:

 Sensibilitätsstörungen?
 Sonstige Erkrankungen (Herzleiden, Krebs, Osteosynthesen im Behandlungsgebiet, Hämophilie):

Inspektion der Haut

Auffällige Hautveränderungen im Behandlungsgebiet:

- Narben:
 - Offene Hautstellen, Kratzer:
 - Blaue Flecken:
 - Varizen, Ekzeme:
 - Nicht erklärable Verdickungen im Gewebe:
 - Verfärbungen der Haut (Erytheme):
 - Rötung, Schwellung:

Palpation

Muskeltonus, Widerstand beim passiven Bewegen:
 Gewebsspannung und -feuchtigkeit:
 Hauttemperatur:

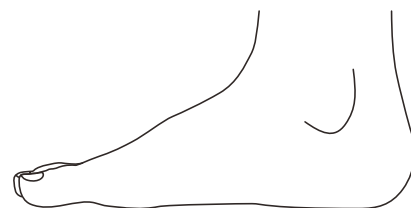
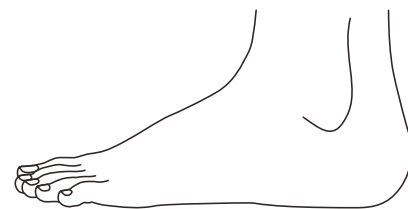
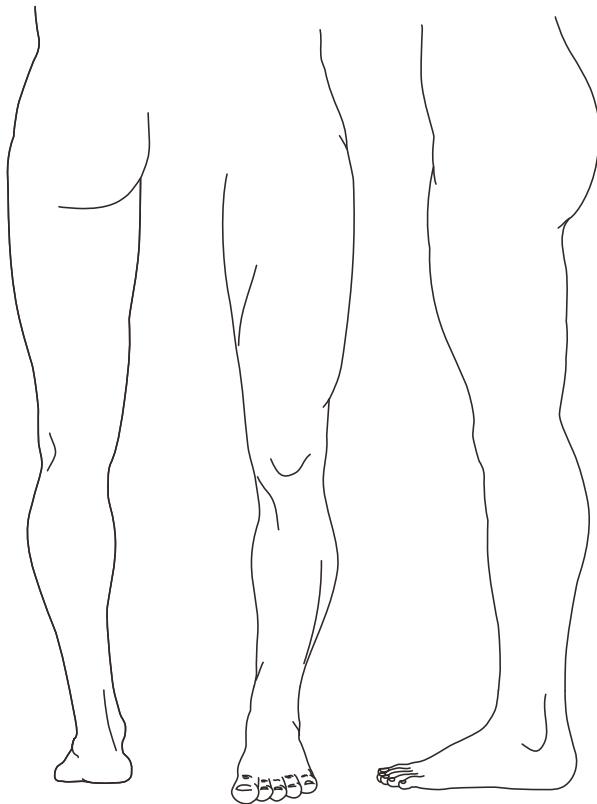
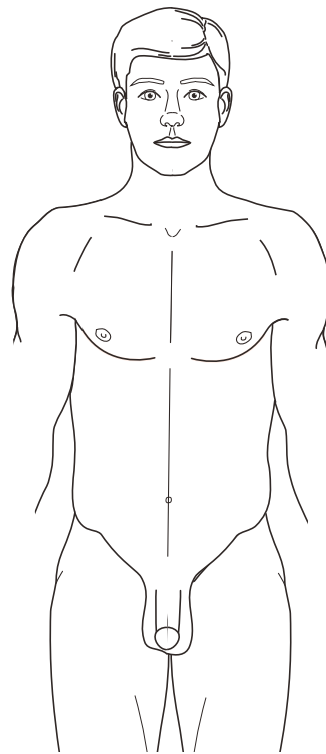
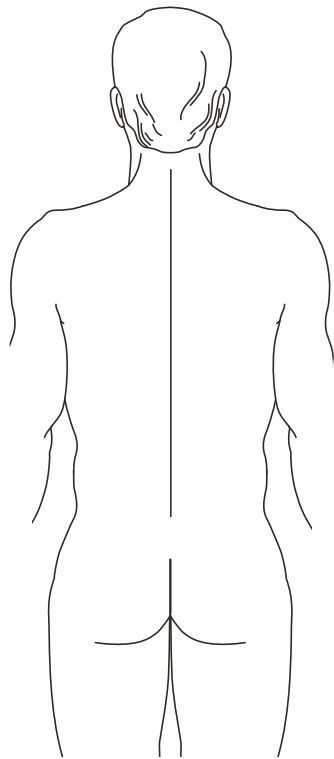
Funktionsstatus

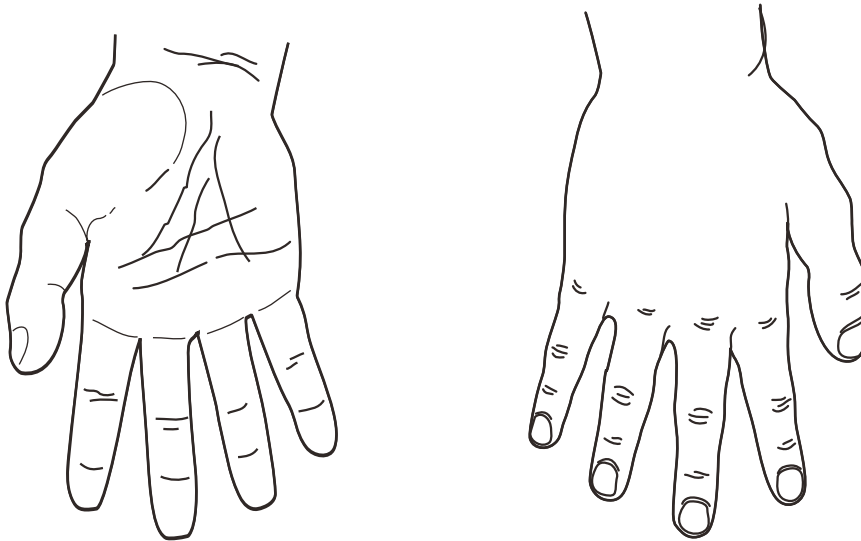
Beeinträchtigung von Alltagsfunktionen:
 Beweglichkeitseinschränkungen:

Schmerzanalyse und Sensibilität

- Schmerzhaftes Gebiet (in Zeichenvordruck eintragen)
 - Schmerzintensität (Intensitätsskala 1–10):

Muskelstatus 1–5	Faradische Reizbarkeit		MF-Test		α -Wert	GI-Punkt (Wert)	Nutzzeit (Wert)	Chronaxie (Wert)	Polung Kathode		Reflex - verhalten	
	Ja	Nein	Ja	Nein					proximal	distal	↑	↓





Behandlungsplan für die Elektrotherapie

Name des Patienten:

Ärztliche Verordnung: Beginn der Behandlung:

1. Behandler: Weitere Behandler:

Monat	Behandlungstermine															
Januar																
Februar																
März																
April																
Mai																
Juni																
Juli																
August																
September																
Oktober																
November																
Dezember																

1. Verlängerung der Behandlung ammal durch Dr.

2. Verlängerung der Behandlung ammal durch Dr.

3. Verlängerung der Behandlung ammal durch Dr.

Änderung der Verordnung ammal durch Dr.

Längere Unterbrechung der Behandlung vombis Grund:

Abbruch der Behandlung am Grund:

Datum																
Stromart																
Frequenz																
Intensität																
Behandlungszeit																
Stromart																
Frequenz																
Intensität																
Behandlungszeit																

Abkürzungslegende (für Eintrag in die Tabelle)

DF, CP, LP = Stromarten der diadynamischen Stromformen

DW = Dezimeterwelle

G = Gleichstrom Iph = Iontophorese

HV = Hochvoltstrom

IG = Impulsgalvanisation

KW-K = Kurzwellen-Kondensatorfeld

KW-S = Kurzwellen-Spulenfeld

L = Laser

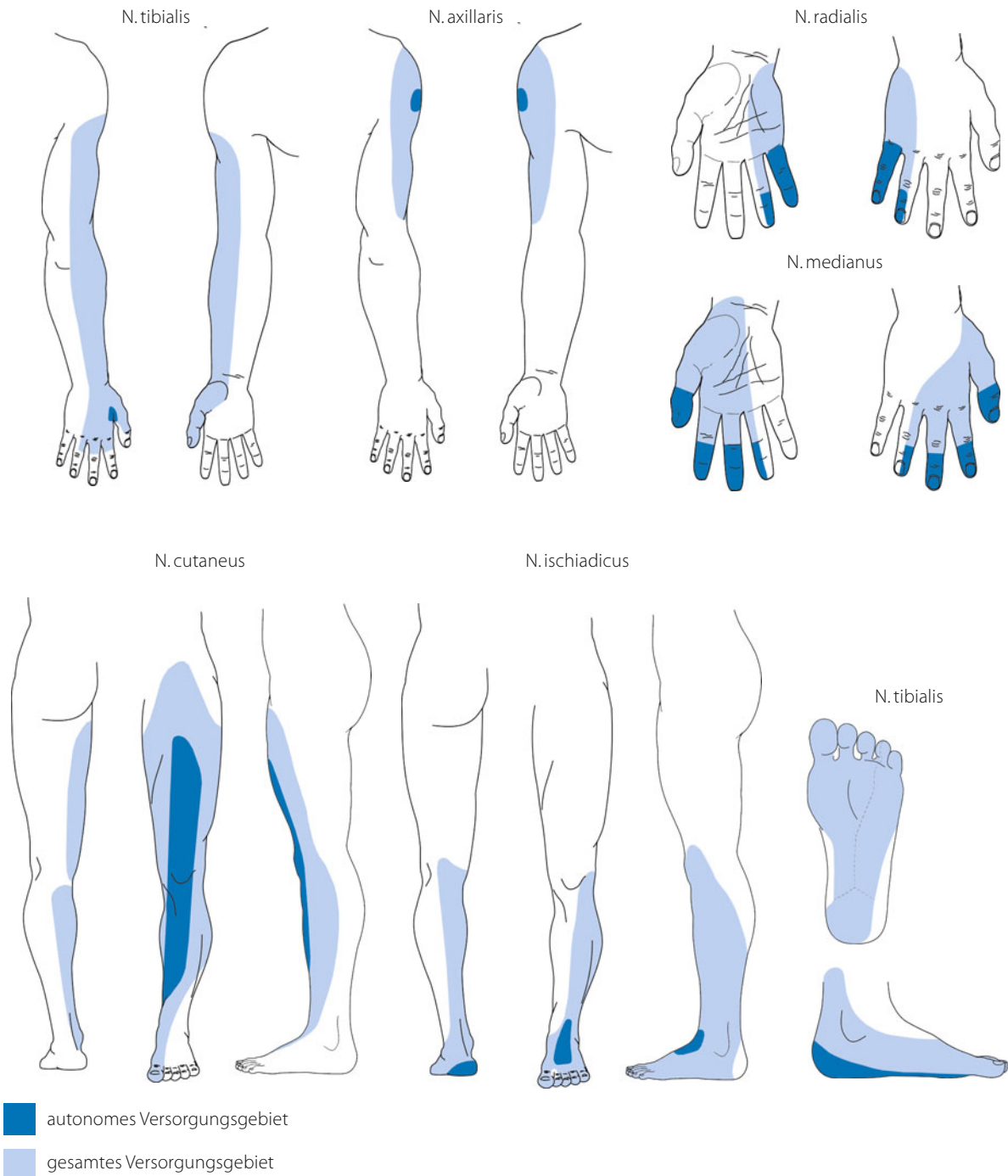
MW = Mikrowelle T = TENS

SV = Simultanverfahren

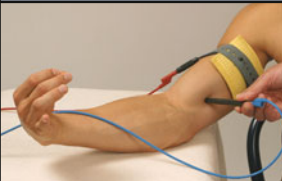
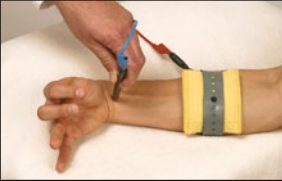
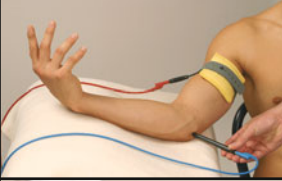
Uph = Ultraphonophorese

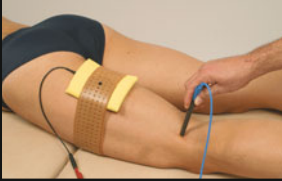
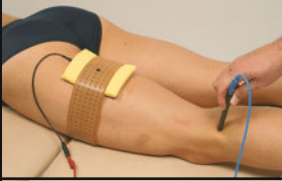
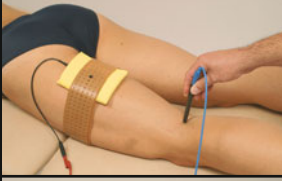
UR = Ultrareizstrom US = Ultraschall

Die sensiblen Versorgungsgebiete peripherer Nerven

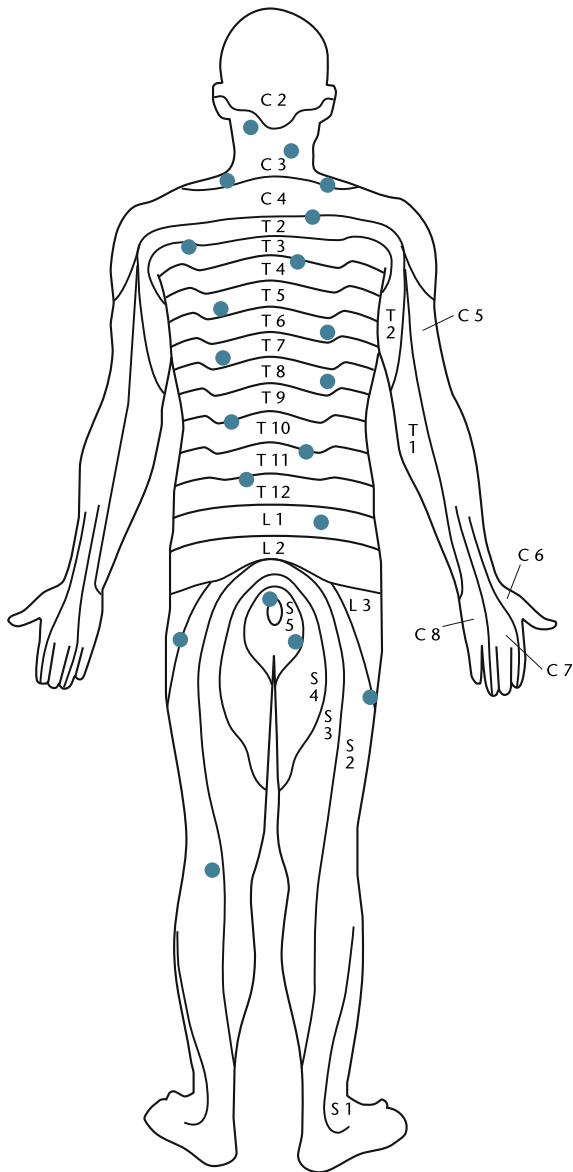


Die Nervenreizpunkte

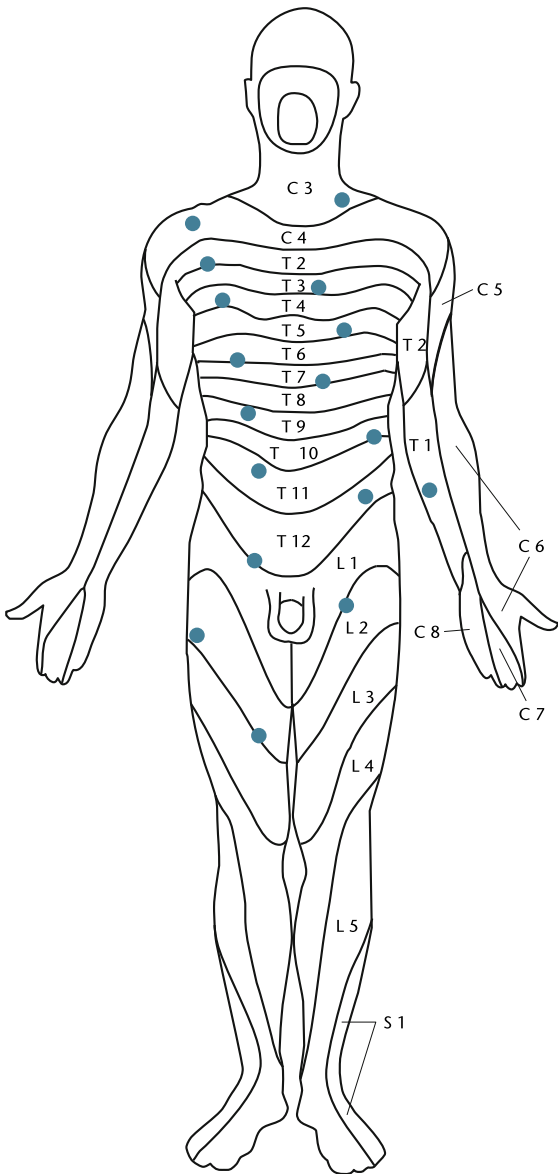
Nerv	Reizungspunkt	Muskelfunktion	Ausgangspunkt Reizung	Abbildung
N. medianus, proximal	ca. eine Handbreit über dem Ellenbogen zwischen M. biceps brachii und dem M. triceps brachii, mehr in Richtung Bizeps nach ventral	Pronation im proximalen Radioulnargelenk Flexion im Handgelenk	Sitz, Arm außenrotiert, Ellenbogen gebeugt, Unterarm supiniert	
N. medianus, proximal	in der Ellenbeuge lateral neben der Bizepssehne	Pronation im proximalen Radioulnargelenk Flexion im Handgelenk	Sitz, Arm außenrotiert, Ellenbogen gebeugt, Unterarm supiniert	
N. medianus, distal	1–2 Fingerbreit proximal des Handgelenks zwischen den Sehnen des M. palmaris longus und des M. flexor carpi radialis	Opposition des Daumens Flexion des Zeige- und Mittelfingers im Grundgelenk	Sitz, Arm außenrotiert, Ellenbogen gebeugt, Unterarm supiniert	
N. ulnaris, proximal	ca. eine Handbreit über dem Ellenbogen zwischen M. biceps brachii und dem M. triceps brachii, mehr in Richtung M. triceps brachii nach dorsal	ulnare Abduktion im Handgelenk Flexion im Handgelenk Flexion des Ring- und Kleinfingers im Grundgelenk	Sitz, Arm außenrotiert, Ellenbogen gebeugt	
N. ulnaris, proximal	direkt im Sulcus nervi ulnaris (Musikantenknochen)	ulnare Abduktion im Handgelenk Flexion im Handgelenk Flexion des Ring- und Kleinfingers im Grundgelenk	Sitz, Arm außenrotiert, Ellenbogen gebeugt, Unterarm supiniert	
N. ulnaris, distal	ca. 2 Fingerbreit proximal des Handgelenks medial der Sehne des M. flexor carpi ulnaris	Flexion des Klein- und Ringfingers im Grundgelenk Daumenadduktion	Sitz, Ellenbogen gebeugt, Unterarm supiniert	
N. radialis, proximal	am lateralen Oberarm zwischen M. biceps brachii und M. triceps brachii im Sulcus nervi radialis	Extension im Handgelenk Fingerextension in allen Gelenken	Sitz, Ellenbogen gebeugt, Unterarm proniert	
N. radialis, distal	zwischen Bizepssehne und M. brachialis in der Tiefe	Extension im Handgelenk Fingerextension im Grundgelenk	Sitz, Ellenbogen gebeugt, Unterarm in Mittelstellung	

Nerv	Reizungspunkt	Muskelfunktion	Ausgangspunkt Reizung	Abbildung
Plexus brachialis	oberhalb der Klavikula und unterhalb des Trapeziusrandes in der Nähe der Mm. scaleni	je nach Stellung der Punktielektrode alle Funktionen im Schultergelenk möglich: Abduktion, Flexion, Innen- oder Außenrotation. Ellenbogen: Flexion oder Extension, Pro- oder Supination	Sitz, Arm hängt neben dem Körper, um alle Reaktionen zuzulassen	
N. ischiadicus	in der Glutealfalte neben oder unterhalb des Tuberositas ischii in der Tiefe	Flexion im Kniegelenk	Bauchlage, Beine gestreckt	
N. femoralis	in der Leistenbeuge medial des M. rectus femoris	Extension im Kniegelenk	Rückenlage, Knie in leichter Flexion gelagert	
N. peroneus communis	in der Kniekehle medial der Sehne des M. biceps femoris	Extension und Pronation in den Sprunggelenken Zehenextension in allen Gelenken	Bauchlage, distaler Unterschenkel unterlagert, um Kniekehle zu entspannen	
N. peroneus	dorsal des Fibulaköpfchens	Extension und Pronation in den Sprunggelenken Zehenextension in allen Gelenken	Seitenlage, Unterschenkel und Fuß unterlagert	
N. peroneus, distal	zwischen den Sehnen des M. extensor hallucis longus und des M. tibialis anterior am Sprunggelenk	Zehenextension in allen Gelenken	Rückenlage, Fuß in Mittelstellung gelagert	
N. tibialis, proximal	in der Mitte der Kniekehle	Plantarflexion im Sprunggelenk	Bauchlage, distaler Unterschenkel unterlagert, um Kniekehle zu entspannen	
N. tibialis, distal	unter dem medialen Malleolus	Zehenflexion	Rückenlage, Kniekehle unterlagert	

Segmentale Hautinnervation (Dermatome)



Dermatome mit Maximalpunkten (●) von dorsal



Dermatome mit Maximalpunkten (●) von ventral

Rechnen mit Hochzahlen

Die Maßeinheit für die Frequenz ist Hertz (Hz); die Wellenlänge wird in Meter (m) gemessen. Vielfache oder Teile, die vielstellige Zahlen ergeben, werden durch Zehnerpotenzen ausgedrückt, z. B.:

$$1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$$

$$1000000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^6$$

Die Hochzahl gibt also an, wie oft die Grundzahl mit sich selbst multipliziert wird.

Will man eine Zehnerpotenz wieder durch eine einfache Zahl ausdrücken, (z. B. Frequenz der Kurzwelle: $27,12 \times 10^6 \text{ Hz} = ? \text{ Hz}$), so rückt man das Komma um so viele Stellen nach rechts, wie die Hochzahl angibt:

$$27,12 \times 10^6 = 27120000,0$$

Anderes Beispiel:

$$6 \times 10^3 = 6,0 \times 10^3 = 6000,0$$

Auch sehr kleine Zahlen können mit Hilfe von Hochzahlen ausgedrückt werden, z. B.:

$$0,001 = 1/1000 = \frac{1}{10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{10^3}$$

Anstelle von $1/10^3$ kann man auch 10^{-3} schreiben.

Um eine Zehnerpotenz mit negativer Hochzahl durch eine einfache Zahl auszudrücken, rückt man das Komma um so viele Stellen nach links, wie die negative Hochzahl angibt. Beispiel:

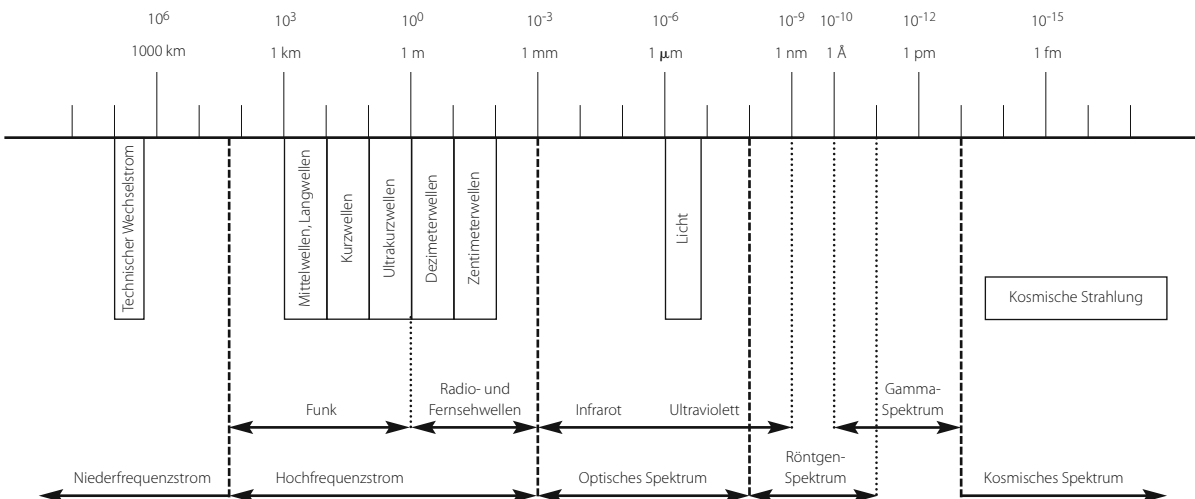
$$3,6 \times 10^{-7} = 0,00000036$$

Vorsatz	Potenz	Zahlenfaktor	
	10^{18}	eine 1 mit 18 Nullen	Trillion (Trio)
	10^{15}	eine 1 mit 15 Nullen	Billiarde (Brd)
Tera (T)	10^{12}	1000000000000	Billion (Bio)
Giga (G)	10^9	1000000000	Milliarde (Mrd)
Mega (M)	10^6	1000000	Million (Mio)
Kilo (k)	10^3	1000	Tausend (Tsd)
Hekto (h)	10^2	100	Hundert
Deka (D)	10^1	10	Zehn
	10^0	1	Eins
Dezi (d)	10^{-1}	0,1	Zehntel
Zenti (c)	10^{-2}	0,01	Hundertstel
Milli (m)	10^{-3}	0,001	Tausendstel
Mikro (μ)	10^{-6}	0,000001	Millionstel
Nano (n)	10^{-9}	0,000000001	Milliardstel
Ängström (Å)	10^{-10}	0,0000000001	
Pico (p)	10^{-12}	0,000000000001	Billionstel
Femto (f)	10^{-15}	0,000000000000001	Billiardstel
Atto (a)	10^{-18}	0,000000000000000001	Trilliardstel

Beispiel: Frequenz der Kurzwelle:

$$27,12 \text{ MHz} = 27120000 \text{ Hz} = 27,12 \times 10^6 \text{ Hz.}$$

Übersicht über die Frequenzspektren



Physikalische Größen und Einheiten

Größe	Symbol	Einheiten	häufig auch (veraltet)
Länge	l, s	1 m (Meter)	
Fläche	A	1 m ² (Quadratmeter)	qm
Volumen	V	1 m ³ (Kubikmeter) 1 l (Liter) = 1 dm ³ 1 ml = 1 cm ³	ccm
Masse	m	1 kg (Kilogramm) $1 \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ kg}$	Kilo
Zeit	t	1 s (Sekunde) 1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 h (hora, hour) = 1 Std. (Stunde)	sec = s 1' = 1 min 1'' = 1 s
Frequenz	f	1 Hz (Hertz) 1 Hz = 1 s ⁻¹ = 1/s	
Geschwindigkeit	v	$1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	
Kraft	F	1 N (Newton) $1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$	p (Pond) = 9,81 N
Arbeit, Energie	W	1 J (Joule) 1 J = 1 Nm = 1 Ws	1 cal ≈ 4,2 J 1 kcal ≈ 3600 J
Leistung	P	1 W (Watt) $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$ 1 kW = 1,36 PS (Pferdestärke)	
Druck	p	1 Pa (Pascal) $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ 1 bar = 10 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ 1 bar = 10 ⁵ Pa 1 mbar = 1 hPa	atü, atm
elektrische Stromstärke	I	1 A (Ampere) $1 \text{ A} = 1 \frac{\text{V}}{\Omega}$	
elektrische Ladung	Q	1 C (Coloumb) 1 C = 1 As	
elektrische Spannung	U	1 V (Volt) $1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{As}}$	
elektrischer Widerstand	R	1 Ω (Ohm) $1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$	
Kapazität	C	1 F (Farad) $1 \text{ F} = 1 \frac{\text{As}}{\text{V}}$	

Rechnen mit physikalischen Größen und Einheiten

$$\text{Zahl 1} \times [\text{Einheit 1}] + \text{Zahl 2} \times [\text{Einheit 1}] = \text{Zahl 1} + \text{Zahl 2} \times [\text{Einheit 1}]$$

$$3 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 7 \text{ kg}$$

$$\text{Zahl 1} \times [\text{Einheit 1}] \cdot \text{Zahl 2} \times [\text{Einheit 2}] = [\text{Zahl 1}] \cdot [\text{Zahl 2}] \times [\text{Einheit 1}] \cdot [\text{Einheit 2}]$$

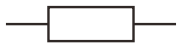
$$2 \text{ kW} \cdot 3 \text{ h} = 6 \text{ kWh}$$

$$3 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$$

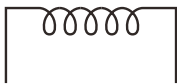
Symbole für Elemente eines Stromkreises



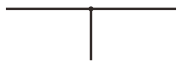
Gleichstromquelle



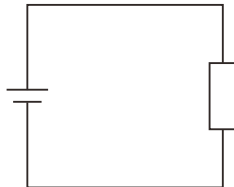
Ohmscher Widerstand (R)



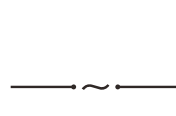
Spule



Stromabzweigung



geschlossener Stromkreis



Wechselstromquelle



Kondensator



Glühlampe



Diode



Schalter

Alternativen zu den klassischen Stromformen

Stromform	Echte Alternative	Ähnliche Alternative	Kompromiss
Gleichstrom	keine	8000 Hz MF gleichgerichtet	DF
Ultrareizstrom Modifizierter Ultrareizstrom	R/T frei wählbar: T = 2ms R = 5 ms T = 0,5 ms R = 5 ms	Hochvolt 143 Hz TENS 140 – 150 Hz AMF 140-150 Hz	
DF	keine	Hochvolt 100 Hz AMF 100 Hz IF 100 Hz TENS 100 Hz	
CP	keine	AMF 50 – 100 Hz IF 50 – 100 Hz	
LP	keine	AMF 50 – 100 Hz IF 50 – 100 Hz	
MF	keine	AMF 50 Hz IF 50 Hz	
RS	Schwellstrom mit 50 Hz und 30 Schwellun- gen/min	Burst TENS mit Burstfrequenz 30/min	
IG 30	R/T frei wählbar		
IG 50	keine	Burst TENS 8 Hz	
FM	HV stochastisch TENS stochastisch	AMF oder IF 1 – 100 Hz	
Neofaradischer Schwellstrom	Russische Stimulation	DD – stromform RS IF 50 Hz, 20 Schwellungen/min	
Low TENS High TENS Burst TENS Impulsbreitenmodulation	keine	Interferenzstrom 8-10 Hz Interferenz 80 – 100 Hz keine	
Exponentialstrom	keine	keine	keiner

IF = vierpoliger Interferenzstrom

AMF = zweipoliger Interferenzstrom

Literatur

- Al-Awami M, Schillinger M, Maca T, Pollanz S, Minar E: Low level laser therapy for treatment of primary and secondary Raynaud's phenomenon. *Journal of vascular diseases*, 33(1), 25–9, 2004
- Artner F: Ultrareizstrom in der Ambulatoriumspraxis. *Elektro-medizin* 5, S. 23, 1960
- Bates und Nathan: TENS for chronic pain. *Anaesthesia* 35, 817 ff, 1980
- Becker-Casademont R.: Hochfrequenztherapie. *Phys. Med. Baln. Med. Klim.* 18, 341–346, 1989
- Becker-Casademont: Das Stangerbad. *Physikalische Therapie* 14 (3), 168–170, 1993
- Bernard P. D.: La thérapie diadynamique. Paris, Editions „Physio“, 1962
- Bjordan JM, Couppé C, Chow RT, Tunér J, Ljunggren EA.: A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. *The Australian journal of Physiotherapy*, 49(2), 107–16, 2003
- Bretschneider A.: Die Elektrotherapie der Spastik mit einem Mehrkanalreizstromgerät bei cerebralaletischen Kindern. Promotions-Arbeit. Medizinische Akademie „Carl Gustav Carus“, Dresden 1979.
- Burghart W.: *Wiener med. Wschr.* 10, S. 603, 1952
- Byl NN et al: Ultrasound effects on wound healing. *Phys. med. rehab.*, 656–664, 1992
- Callam M.: A controlled trial of weekly ultrasound therapy in chronic leg ulceration. *Lancet*, 204–206, 1987
- Callies R., Danz J., Enders U., Steinberg R., Smolenski U.: Dosis und Dosierung in der Physiotherapie rheumatischer Krankheiten unter besonderer Berücksichtigung einer 3-Wochen-Serie. *Z. Physiother.* 38, 3–10, 1985
- Carroll D., Moore R. A., McQuay H. J., Fairman F., Tramèr M., Leijon G.: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain (Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, Issue 2, 2002, Oxford: Update Software
- Castel M. F. A.: Clinical guide to low power laser therapy. Course in laser therapy, Toronto 1986
- Conradi E., Fritze U., Hoffmann B.: Untersuchungen zur Verteilung der Wärmeenergie in verschiedenen Gewebsschichten beim Schwein nach Ultraschalltherapie im Gleich- und Impulsbetrieb. *Z. Physiother.* 35, 271–280, 1983
- Cosentino A. B., Cross D. L., Harrington R. J., Soderberg G. L.: Ultrasound effects on electroneuromyographic measures in sensory fibers of the median nerve. *Phys. Ther.* 63 (11), 1788–1792, 1983
- Crossley K, Bennell K, Green S, McConnell J.: A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome. *Clinical journal of sports medicine. Official journal of the Canadian academy of sport medicine.* 11(2), 103–10, 2001
- Danhof G.: Lasertherapie in der Allgemeinmedizin. WBV Biologisch medizinische Verlagsgesellschaft, Schondorf 1990
- De Bisschop G.: Über die Stellung der gekreuzten Ströme in der physikalischen Medizin. *Elektromedizin* Band 3 (2), 40, 65, 1958
- De Min L. et al.: Studies on mechanism of laserpuncture; regulation of function. *Proceedings of the International Congress on Laser in Medicine and Surgery*, Bologna June 26, 27, 28: 255–258, 1986
- Doering T. J., Brix J., Hausner T., Schimanski O.: Funktionelle Elektrotherapie mit Oberflächen-EMG-gesteuerten Myofeedback-Geräten bei zentralen/peripheren Paresen. *Physikalische Therapie heute* 87 (11), 425–427, 1996
- Draper D.: Immediate and residual changes in dorsiflexion range of motion using ultrasound. *Athletic training* 33, 141 – 144, 1998
- Drexel H.: Elektro- und Lichttherapie. In: *Physikalische Medizin*, Band IV. Hippokrates, Stuttgart 1993
- Ebenbichler G. R., Resch K. L., Nicolakis P., Wiesinger G. F., Uhl F., Ghanem A. H., Fialka V.: Ultrasound treatment for treating the carpal tunnel syndrome: randomised „sham“ controlled trial. *B. M. J.* 316, 731–735, 1998
- Ebenbichler G. R., Erdogmus C. B., Resch K. L., Funovics M. A., Kainberger F., Barisani G., Aringer M., Nicolakis P., Wiesinger G. F., Baghestanian M., Preisinger E., Fialka-Moser V., Weinstabl R.: Ultrasound therapy for calcific tendinitis of the shoulder. *N. E. J. M. (the New England Journal of Medicine)* 340, 1533–1538, 1999
- Edel H., Lange A., Hentschel R., Jakobi F., Gildenring H.: Die Elektrotherapie der Spastik Teil 1: Grundlagen und Methoden. *Z. Physiother.* 25, 417–426, 1975
- Edel H., Freund H. R.: Gleichstrombehandlungen chronischer Hautulzera und sekundär heilender Wunden. *Z. Physiother.* 27, 457–464, 1975
- Edel H., Fückler P.: Ein diadynamisches Kleintherapiegerät. *Z. Physiother.* 31, 299–300, 1979
- Edel H., Lange A.: Schmerzmodulation durch elektrische Reize (nieder- und mittelfrequente Impulsfolgen) und Ultraschall. *Z. Physiother.* 31, 241–247, 1979
- Edel H., Sterneck S.: Untersuchungen zur analgetischen Wirksamkeit stochastischer Impulsfolgen. *Z. Physiother.* 31, 249–252, 1979
- Edel H.: Ultraschalltherapie. In: Cordes, Arnold, Zeibig: *Physiotherapie*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1989
- Edel H.: *Fibel der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie*. Müller und Steinicke, München, 1993
- Edel H.: Elektrotherapie zur Verbesserung gestörter Wundheilung und zur Heilung chronischer Hautulzera. *Phys. Rehab. Kur. Med.* 3, 139–143, 1993

- Edel H.: Kombinationsbehandlung Elektrotherapie-Ultraschall. Krankengymnastik 47 (8), 1082–1088, 1995
- Eibenbichler G.: Ultraschall. Österreichische Zeitschrift für Physikalische Medizin und Rehabilitation, 3–8, 1996
- Erbslöh J. u. Lorentzen H.: Über die Beeinflussung der Blutzuckerregulation durch Kurzwellenströme verschiedener Intensität. Elektromedizin 3, 2280–2283, 1958
- Ericsson und Sjölund: Long term results of peripheral conditioning stimulation as analgesic measure in chronic pain. Pain 6, 25–29, 1979
- Fiedler H.: Die Interferenzstrombehandlung in Klinik und Praxis. Elektromedizin 5 (1), 4–19, 1960
- Finke W.: TENS bei Pseudoradikulären Schmerzen: Raymund Pothmann: TENS, Hippokrates, 34–38, 2003
- Flemming K. et al.: Therapeutic ultrasound for pressure sores. Cochrane review issue 3, 55–59, 2004
- Flöter T.: Die Wirksamkeit der Heimtherapie. Therapiewoche 10, 1986
- Foreman R. D., Beall J. E., Applebaum A. E., Coulter J. D., Willis W. D.: Effects of dorsal column stimulation on primate spinothalamic tract neurons. J. Neurophysiol., 39 (3): 534–546, 1976
- Gessler M. et al.: Kontra- und bilaterale Schmerztherapie mit TENS. Schmerzkonferenz, Fischer, Stuttgart, 1984
- Gierlich K., Jung A.: Die kombinierte Anwendung von Ultraschall und Reizstrom. Physik. Med. Rehab. 9, 258–261, 1968
- Gillert O.: Elektrotherapie. Pflaum, München, 1981
- Goldmann et al.: Laser therapy of rheumatoid arthritis. Lasers in Surgery and Medicine 1, 93–101, 1980
- Gorlitzer von Mundy, V.: Über Zwischenhirnkurzwellendurchflutung. Wien, Med. Wochenschr., S. 684, 1962
- Griffin J. E., Touchstone I. C.: Low intensity phonophoresis of cortisole in swine. Phys. Ther. 48, S. 1336, 1968
- Griffin J. E.: Transmissiveness of ultrasound through tap water, glycerin, and mineral oil. Phys. Ther. 60 (8), 1010–1016, 1980
- Grotwinkel J.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Ultraschalls auf die Knochenregeneration. Diss. Med. Hochschule Hannover, 1974
- Güttler P., Kleditzsch I.: Die Anregung der Kallusbildung durch Interferenzströme. Dtsch. Ges. wesen 34, 91–94, 1979
- Handwerker H. O., Iggo A., Zimmermann M.: Segmental and supraspinal actions on dorsal horn neurons responding to noxious and non-noxious skin stimuli. Pain 1 (2), 147–165, 1975
- Hankemeier U., Finke und Krizantis-Weine: Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie des Kreuzschmerzes in: Raymund Pothmann: TENS, 34–38, Hippokrates 2003
- Hankemeier U., Finke W.: TENS bei Segmentalen Schmerzen in: Raymund Pothmann: TENS, 34–38, Hippokrates 2003
- Hauswidth O., Kracmar F.: Wiener med. Wschr. 172, 1958
- Heckmann J. G. et al.: Untersuchung zur Effizienz der EMG-getriggerten Elektrostimulation in der Behandlung der spastischen Hemiparese nach zerebrovaskulärer Läsion. Krankengymnastik 48 (7), 1022–1031, 1996
- Hentschel H. D., Rusch D.: Wirkungsmechanismen und therapeutische Aspekte der Hochfrequenzbehandlung. Arch. phys. Ther. 21, 287–288, 1962
- Hille H.: Das elektrische Bad. Therapiewoche 15, 171–178, 1975
- Hillmann P., Wall P. D.: Inhibitory and excitatory factors influencing the receptive fields of Lamina 5 spinal cord cells. Exp. Brain Res. 9, 284–306, 1969
- Holzer W.: Physikalische Medizin in Diagnostik und Therapie. Wien, S. u. 6. Auflage 1947
- Hufschmidt H. J.: Die Spastik. Theoretische Überlegungen zu einer neuen Therapie. Der Nervenarzt 39, 2–11, 1968
- Jantsch H.: Ist die Elektrotherapie bei Patienten mit metallischen Implantaten grundsätzlich kontraindiziert? Hefte z. Unfallheilk., 97, S. 155, 1968
- Jantsch H., Schuhfried F.: Niederfrequente Ströme zur Diagnostik und Therapie. Wien, München, Bern 1974
- Jasnogorodskij V. G.: Sinusförmige modulierte Ströme und ihre Anwendung bei Erkrankungen des peripheren Nervensystems. Z. Physiother. 26, 199–206, 1974
- Jenkner F. L.: Swelling of arms and legs Schmerz 9, 238–240, 1988
- Jette D. U.: Effect of different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain. Phys Ther. 66 (2), 187–193, 1986
- Jorns G.: Anhebung der Abwehrkräfte durch Kurzwellenbehandlung. Med. Klein. 50, 881–883, 1955
- Kaada B. et al.: Behandlung des M. Raynaud-Syndroms mit niedrig-frequentem TENS. In: Raymund Pothmann: TENS, 62–63, Hippokrates In: Raymund Pothmann: TENS, Hippokrates 2003, 62–63, 2003
- Klinger und Kepplinger: TENS bei chronischen Schmerzen aus dem Bewegungsapparat in: Gerstenbrand: Schmerz und Bewegungssystem, 35 ff, G. Fischer Stuttgart 1984
- Knoch H.-G.: Knochenbruchheilung mit Ultraschall. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1990
- Knoch H.-G., Knauth K.: Therapie mit Ultraschall. Fischer Verlag Jena 3. Aufl. 1984
- Knoch H.-G., Knauth K.: Therapie mit Ultraschall. Gustav Fischer, Jena 1991
- Koel G., Moolenaar H.: Dosering bij lasertherapie. Nederlands Tijdschrift voor Fysiotherapie 99, 312–318, 1989
- Koeppen S.: Elektrotherapie. In: Handbuch der physikalischen Therapie, Band I, Grober J., Stieve F. E. (Hrsg.), 130–314, Stuttgart 1966
- Kokino M., Temelli Y., Tozun R., Alatlı M., Altug T., Berkman M.: Effect of laser irradiation on tendon healing. Proceedings of the International Congress on Laser in Medicine and Surgery, Bologna 26, 27, 28, 405–412, 1986
- Kowarschik J.: Elektrotherapie. Julius Springer, Berlin 1929
- Kröling P., Smolenski U., Schwark M., Schreiber U.: Phonophorese: Überblick über neuere Studien zu Wirkungen und Wirkungsmechanismen. Phys. Rehab. Kur Med. 8, 184–191, 1998
- Krötlinger M.: Zum Einsatz des Lasers in der Akupunktur. D. Z. A. 4, 1977.
- Kuhn W.: Physik, Bd. 1, Westermann, Braunschweig 1975
- Kuthert P.: Effects of slow frequency stimulation of dystrophic mice Neurol., Neurosurg. Psychiat. Journal 9, 803–809, 1980
- Kuppardt H., Borgmann H., Kanzler I.: Erfahrungen mit der Anwendung eines mittelfrequenten Reizstromes bei chronischen Kreuzschmerzen. Z. Physiother. 43, 151–154, 1991
- Lampert, H.: Arch. Phys. Ther. 17 (3), 1966 (empirische Angaben über Detonisierung der Muskulatur)
- Lange A.: Elektrotherapie im Mittelfrequenzbereich, 1. Theoretische Grundlagen, Wirkungsweise und Vorteile. Physiotherapie 84 (2), 47–50, 1993
- Lange A.: Elektrotherapie im Mittelfrequenzbereich, 2. Klinische Anwendung, Indikationen und praktische Behandlungsdurchführung. Physiotherapie 84 (3), 5–8, 1993
- Leduc S.: Les ions et les Medications ioniques. Paris 1907
- Lehmann J. F.: Diathermy. In: Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation. Edit. Krusen F. H., Kottke F. I., Ellwood Jr. P. M., 2. Auflage, S. 273–345, Philadelphia/London/Toronto, 1971

- Lehmann J. F.: Ultrasonic Diatherapy. In: Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation. Edit. Krusen F. H., Kottke F. I., Ellwood P. M. Jr. 2. Auflage, S. 273–345, Philadelphia, London, Toronto, 1971
- Lehmann J. F., de Latour B. I., Stonebridge J. B.: Heating patterns produced in humans by 433, 92 MHz round field applicator and 915 MHz contact applicator. Arch. Phys. Med. Rehab. 56, 442–448, 1975
- Lievens P., Leduc A., Dauws P.: The influence of mid-laser on the vasomotricity of blood and lymph-vessels VUB. Medical laser Report Febbraio: 33 t/m 36, 1985
- Lissner S.: Pulsoszillographische Messungen mit dem Infratonsystem nach Brecht und Boucke nach stabiler Galvanisation. Inauguraldissertation. Medizinische Akademie „Carl Gustav Carus“, Dresden 1963
- Lullies H., Trinckler, D.: Taschenbuch der Physiologie. Bd. 2, Gustav Fischer, Stuttgart 1973
- Marks R., de Palma F.: Clinical efficacy of low power laser therapy in osteoarthritis. Physiotherapy research international. The journal for researchers and clinicians in physical therapy, 4(2), 141–57, 1999
- Mahlo A.: Das Verhalten des endokrinen Systems bei Magenkranken, festgestellt mit Kurzwellenfunktionsprüfungen. Medizinische 21, S. 188, 1952
- Majewski G., Jankowsky I., Kwasniewska M., Glowack R.: Untersuchungen über die Phonophorese des Methylenblaus. Z. Physiother. 23, 175–177, 1971
- Mannheimer J. S., Lampe G. N.: Clinical Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. F. A. Davis Company, Philadelphia 1987
- Mc Lean J. R., Mortimer A. J.: A cavitation and free radical dosimeter for ultrasound. Ultrasound Med. Biol. 14 (1), 59–64, 1988
- Melzack R., Wall P. D.: Pain mechanism: a new theory. Science 150, 971–979, 1965
- Melzack R., Wall P. D.: The Challenge of Pain. New York 1983
- Mester E., Mester A. F., Mester A.: The biomedical effects of laser application. Laser in Surgery and Medicine 5, 31–39, 1985
- Mokrusch T.: Langzeiterfahrungen mit Elektrotherapie peripherer Nervenläsionen. Krankengymnastik 48 (7), 996–1006, 1996
- Neumann: Bäder und Massagen bei der Nachbehandlung von Patienten mit Hüftgelenkendoprothesenoperationen. Der Deutsche Badebetrieb, 68, 1977
- Nikolova L.: Ortop. i. Traum, Bd. 1 Nr. 4, S. 261–265, 1964
- Nikolova-Troeva L.: Physiotherapie der chirurgischen Erkrankungen, München enz., Urban & Schwarzenberg, 1970
- Nwuga VCB: Ultrasound in treatment of back pain. Arch. Phys. med. Rehab., 88–89, 1983
- Ottoson D., und Lundberg T.: Pain treatment by TENS, 45–50, Springer 1988
- Ozdemir F., Birtane M., Kokino S.: The clinical efficacy of low-power laser therapy on pain and function in cervical osteoarthritis. Clinical rheumatology, 20(3), 181–4, 2001
- Parry C.: Rehabilitation of the hand, 35–40, Butterworths, London 1981
- Partovaara A., Hamalamen H.: Vibrotactile threshold elevation produced by high transcutaneous electrical nerve stimulation. Archives of Physical medicine and Rehabilitation 53, 597–600, 1982
- Pärtran, Schmid, Warum: Wiener Klein. Wschr. H 31, Jg. 65, S. 624, 1953
- Pätzold I.: Strahlentherapie 92, S. 309, 1953
- Passariello N., Chiariello A., de Nardo L., Giorleo C., Giugliano D.: Laser-treatment and microcirculation. Department of medical pathology and clinical methodology, University of Naples
- Peters et al: Electric stimulation as an adjunct to heal diabetic foot ulcers. Arch. Phys. Med. Rehabil 82, 721–725, 2001
- Powell J., Pandyan A. D., Granar M., Cameron M., Stott D. J.: Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. Stroke 30 (7), 1384–1389, 1999
- Pratzel H. G., Rösel B.: Iontophorese mit Wechselstrom. Z. Phys. Baln. Med. Klim. 18, S. 268, 1989
- Pratzel H. G., Rösel B.: Die Ventilwirkung der Haut bei der Iontophorese mit wiederholter Umpolung. Phys. Rehab. Kur. Med. 1, 7–11, 1991
- Reid J.: On the relation between muscular contractility and the nervous system. London, Edinborough, Monthly Journ. Med. Scient. 1, 320–329, 1841
- Rubin C.: Ultrasound for healing fractures. J. Bone Surg. Am., 259–279, 2001
- Rusch D., Hentschel H.-D.: Weitere experimentelle Studien zur Dezimeterwellen-Therapie. Arch. phys. Therap. 20, 427–431, 1968
- Rusch D.: Verhalten der Hauttemperatur beim galvanischen Erythem. Z. Phys. Med. Baln. Med. Klim. 14, 293, 1985
- Rusch D.: Hochfrequenztherapie. In: E. Senn: Elektrotherapie. Georg Thieme, Stuttgart/New York, 1990
- Samuels, J.: Endogenous Endocrinotherapy. Amsterdam, 1947
- Scheminsky F., Scheminsky Fr.: Pflügers Arch. 225, S. 145, 1930
- Schliephake E.: Elektromedizin, 2 (1), 1–11, 1957
- Schmidt, K. L.: Elektrotherapie der Spastik der unteren Extremitäten bei Zerebralparese mit einem Mehrkanalreizstromgerät. Promotion-Arbeit. Medizinische Akademie „Carl Gustav Carus“, Dresden 1980
- Seichert N.: Möglichkeiten und Gefahren der Elektrotherapie bei Implantaten. Physiotherapie 80, 391–394, 1989
- Shoeler H.: Physikalische Grenzstrangblockade, Technik in der Medizin H. 1, 1972
- Smolenski U., Callies R.: Beurteilung der segmentalen Reaktion auf Ultraschall mittels Infrarotthermometrie der Hände. Z. Physiother. 38, 315–321, 1986
- Smolenski U., Manthey J., Schreiber U., Schubert H., Callies R.: Gewebetemperaturveränderungen unter Applikation von Ultraschall und Kurzwellen in der Gelenkregion – tierexperimentelle Studie. Z. Physiother. 41, 269–273, 1989
- Smolenski U., Callies R., Schubert H.: Thermische Wirkungen von relativ hohen Intensitätsstufen des Ultraschalls. Z. Physiother. 43 (3), 139–144, 1991
- Stergioulas A.: Low-level laser treatment can reduce edema in second degree ankle sprains. Journal of clinical medicine laser & surgery, 22(2), 125–8, 2004
- Steuernagel O.: Skripten zur Elektrotherapie. Band III. Hochfrequenz, Licht, Ultraschall, Laser. Verlag Elektrotherapie K. Steuernagel, Boppard 1997.
- Szehi E., David E.: Der stereodynamische Interferenzstrom – ein neues Verfahren in der Elektrotherapie. Elektromedica 48 (1), 1980
- Ter Riet G.: A randomized clinical trial of ultrasound in treatment of pressure ulcers, Phys. Ther 76, 1301 – 1311
- Trabert W.: Die Leukozytenreaktion auf Kurzwellenreize in der Diagnostik innerer Erkrankungen. Arch. Physikal. Therapie 4, S. 106, 1952
- Trnavsky G.: Rheographische Überprüfung der Durchblutungsänderung an der unteren Extremität nach perkutaner Reizung von Akupunkturpunkten. Wien. Med. Wschr. 127, 659–662, 1977
- Vasseljen O. Jr, Høeg N, Kjeldstad B, Johnsson A, Larsen S.: Low level laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. Scandinavian journal of rehabilitation Medicine, 24(1), 37–42, 1992
- Vogedes K.: Treatment of central paralysis with electrotherapy, Z. Elektrostim. Elektrother. 2 (1): 24–28, 2000
- Weintraub M.: Noninvasive laser neurolysis in carpal tunnel syndrome. Muscle & nerve, 20(8), 1029–31, 1997

- Wenk W.: Der Schlingentisch in Praxis und Unterricht. 2. Aufl. Pflaum, München 1994
- Wolcott L. E., Wheeler P. C., Hardwicke H. M., Rowley B. A.: Accelerated healing of skin ulcer by electrotherapy: preliminary clinical results. *South. Med. J.* 62 (7), 795–801, 1969
- Wolf S. H.: Interferenzstrom-Therapie. *Elektromedizin* 1 (3), S. 77, 1956.
- Wyss, O. A. M.: Die Reizwirkung mittelfrequenter Wechselströme. *Helv. Physiol. Acta* 21, 173–188, 1963
- Wyss, O. A. M.: Mittelfrequenz – Impulsreizung als Prinzip der Interferenzreizung mit mittelfrequenten Strömen. *Elektromedizin* 11, 144–150, 1966
- Yassi, M.: Muskuloskeletale Überlastungssyndrome. Raymund Pothmann: TENS, 144, Hippokrates 2003

Glossar

Anelektrotonus s. Elektrotonus

Arthrolyse Operative Mobilisierung eines fibrös versteiften Gelenks durch Entfernung intra- oder extraartikulären Gewebes; evtl. kombiniert mit Gelenkkapsel-, Muskel-, Sehneneingriffen.

Bindegewebszone Jedem Organ ist eine spezielle Bindegewebszone auf dem Rücken zuzuordnen. Funktionsstörungen verursachen Veränderungen in diesen Zonen, die sich als örtlich begrenzte Quellungen, als Einziehungen oder als verminderte Verschieblichkeit der Haut tasten lassen. Diese Bindegewebszonen geben also zunächst Hinweise auf Störungen. Werden sie bei der Bindegewebsmassage durch den Zug des Mittelfingers gereizt, kann man so die Funktion von Organen beeinflussen.

Dermatom Von einem Rückenmarksnerv versorgtes Hautsegment

Diskusprolaps Bandscheibenvorfall

Dystrophie (lat.: Dystrophia) Syndrom Durch Mangel- oder Fehlernährung bedingte Störungen und Veränderungen des ganzen Organismus bzw. nur einzelner Körperteile oder Gewebe bezeichnet, wobei hauptsächlich die Trophik betroffen ist.

Elektronarkose Narkose mittels elektrischen Stroms.

Elektrotonus Der bei der Durchströmung mit Gleichstrom sich verändernde Zustand erregbarer Strukturen (Nerven, Muskeln). Die Erregbarkeit und Erregungsausbreitung unter der Kathode wird gesteigert bzw. beschleunigt (Katelektrotonus), unter der Anode dagegen vermindert bzw. verzögert (Anelektrotonus).

Generator Gerät zur Erzeugung einer elektrischen Spannung oder eines elektrischen Stroms.

Radiofrequenzgenerator Gerät zur Erzeugung eines hochfrequenten Wechselstroms.

Idiopathisch Unabhängig von anderen Krankheiten entstanden.

Influenz Elektrische Ladungstrennung durch den Raum auf einem Gegenstand ohne dessen Berührung.

Katelektrotonus s. Elektrotonus

Kausalgie Brennende Schmerzen im Bereich eines peripheren Nervis.

Konsensuell Übereinstimmend

Konvektion Mitführen von Energie oder elektrischer Ladung durch die kleinsten Teilchen einer Strömung.

Myasthenie Krankhafte Muskelschwäche

Myotonie Lang dauernde Muskelspannung; Muskelkrampf

Myxödem (syn. Schilddrüsenunterfunktion, Hypothyreose) Mangel an Schilddrüsenhormonen (T4 und T3)

Nekrose Örtlicher Gewebstod; Absterben von Zellen, Gewebe- oder Organbezirken.

Noxe Stoff oder Umstand, der eine schädigende Wirkung auf den Organismus ausübt.

Palmaraponeurose Fächerförmige Sehnenplatte in der Hohlhand.

Parästhesie Anormale Körperempfindung (z. B. Einschlafen der Glieder, Kribbeln).

Pathogenese Krankheitsentwicklung

Photon In der Quantentheorie das kleinste Energieteilchen einer elektromagnetischen Strahlung.

Prädilektionsstelle Bevorzugte Stelle für das Auftreten einer Krankheit.

Spinalkanalstenose Einengung des Raums, in dem das Rückenmark und die Spinalnerven verlaufen.

Supraleiter Elektrischer Leiter, der in der Nähe des absoluten Nullpunkts ohne Widerstand Strom leistet.

Transformator Gerät zur Umformung elektrischer Spannungen ohne bedeutenden Energieverbrauch.

Trophik Die Ernährung bzw. der Ernährungszustand eines Gewebes, Organs oder Organismus.

Sachverzeichnis

A

Achillodynie 183
 Akkomodabilität 61,91
 Akkomodation 61,92
 Akkumulatoren 24
 Aktionspotenzial 59,60
 Alpha-Wert 90
 Amplipuls-Verfahren 148
 Anamnese 79
 Anelektrotonus 64
 Anodenöffnungszuckung 64,65
 Anodenschließzuckung 65
 Apolares Reizgesetz 68
 Applikation der Elektroden 49 ff.
 Arterielle Gefäßerkrankungen 267
 Atom 10,15,16
 AVK 267
 Axillarisparese 275

B

Batterie 24
 Befund 78,79,83
 Behandlung 48
 Behandlungen 179 ff.
 Behandlungsablauf 98
 Bezugselektrode 48
 Bipolare Technik 62,63
 Bizepssehnen-Syndrom 236
 Blockierungen der HWS 233
 Brennersche Zuckungsformel 65
 Bursitis subdeltoidea 241
 Bursitis trochanterica 206

C

Chondropathia patellae 193
 Chronaxie 91
 Coxa saltans 203
 CP (modulé en courtes periodes) 123
 CRPS I 187

D

D'Arsonval-Epoche 6
 Depolarisation 60
 Dezimeterwelle 34,70,156
 DF (diphasé fixe) 123
 Diadynamische Ströme 123 ff.

DIC, Verlauf der 91
 Distorsion der Fingergelenke 257
 Distorsion des Sprunggelenkes 185
 Dokumentation 81
 Dosierung 52,53
 Dosierungsbereiche 53
 Dreieckskurve 89,92

E

Effektivstromstärke 31
 Elektrische Energie 24
 Elektrische Leistung 24
 Elektrische Spannung 17
 Elektrischer Strom 17
 Elektrode 48
 Elektrodenarten 44 ff.
 Elektrokinesie 51
 Elektrolyse 21
 Elektrotherapiegerät 42
 Ellenbogengelenksarthrose 249
 Energie, elektrische 24
 Entartungsreaktion 63
 Epikondylitis humeri radialis 246
 Epikondylitis humeri ulnaris 248
 Exponentialstrom 138

F

Facialisparese 282
 Faraday-Epoche 4
 Faradischer Test 88
 Femoralisparese 279
 Fernfeld 162
 Franklin-Epoche 2
 Frequenzmodulation 32,128
 Frequenzspektrum 119
 Funktionsprüfung 83,86

G

Galvani-Volt-Epoche 3
 Galvanopalpation 85
 Galvano-Tetanus-Schwelle 90
 Gate-Control-Theorie 57
 Gelenkschmerzen 132
 Generator 26
 Gildemeister-Effekt 69
 GI-Punkt 91

Sachverzeichnis

Gleichrichter 26
 Gleichstrom 30, 102
 Golferellenbogen 248
 Gonarthrose 191

H

Halbwertstiefe 163
 Hämatome 270
 Handgelenksdistorsion 255
 Hautwiderstand 53
 Headsche Zonen 85
 Hochfrequente Ströme 149
 Hochfrequenz 34, 69, 70
 Hochtontherapie 148
 Hochvoltstrom 134
 Hüftkopfnekrose 200
 HWS-Syndrom 227
 Hydrogalvanische Bäder 109 ff.
 Hyperpolarisation 60

I

Impingement-Syndrom 239
 Impulsform 31
 Impulsgalvanisation 127 ff.
 Impulszeitmodulation 32
 Indikationen 74
 Induktion 25, 26
 Infrarot 35
 Inspektion 81
 Interferenz 32
 Interferenzstrom 38, 142 ff.
 Interferenz-Verfahren 145
 Interkostalneuralgie 224
 Ionen 14
 Ionenbindung 15
 Iontophorese 104 ff.
 Ischialgie 217
 ISG-Blockierung 210
 IT-Kurve 89 ff.

K

Kapazität 28
 Kapazitiver Widerstand 29
 Karpaltunnelsyndrom 261
 Katelektrotonus 64
 Kathodenöffnungszuckung 66
 Kathodenschließzuckung 64, 65
 Klonusprüfung 86
 Kompartment-Syndrom 189
 Kondensator 28
 Kontraindikationen 75, 76
 Körperwiderstand 29
 Koxarthrose 200
 Kurzwelle 34, 70, 152

L

Langfeldstrahler 157
 Laser 35, 175 ff.
 Leistung, elektrische 24
 Leiter 21
 Licht 35
 Ligamentum patellae 194

Logensyndrome 190
 LP (modulé en longues périodes) 123
 Lumbalgie 206
 Lumboischialgie 213
 Luxation der Handwurzelknochen 257

M

Magnetfeld 27
 Maximalpunkte 85
 Medianusparese 276
 Membranpotenzial 60
 Metallbindung 17
 MF (monophasé fixe) 123
 Mikrowelle 35, 70, 159
 Mittelfrequente Reizströme 140
 Mittelfrequenz 32, 67, 68,
 Mittelfrequenztest nach Lange 89
 Modulation 31, 122, 128
 Modulationstiefe 32, 33
 Moleküle 16
 Monopolare Technik 62, 63
 Monozellenbad 110
 Morbus Bechterew 220
 Morbus Dupuytren 260
 Morbus Perthes 203
 Morbus Raynaud 133
 Morbus Raynaud 267
 Morbus Scheuermann 223
 Muskelerkrankungen 264 ff.
 Muskelfaserriss 265
 Muskelreizung 59, 137
 Muskelreizungsarten 62
 Muskeltriggerpunkte 84
 Muskelzerrung 265
 Myalgien 264

N

Nemec 145
 Neofaradischer Schwellstrom 135 ff.
 Nervenstammapplikation 49
 Neuralgien 132
 Neuraltherapeutischer Aufbau 167
 Niederfrequenz 30, 67
 Nutzzeit 91

O

Ödem, posttraumatisches 269
 Öffnungszuckung 61
 Ohmsches Gesetz 20
 Omarthrose 238
 Osteochondrosis dissecans 198, 250
 Osteochondrosis dissecans Knie 198

P

Palpation 83
 Parallelschaltung 22
 Patellaspitzensyndrom 194
 Penetrationstiefe 164
 Periarthritis coxae 206
 Periarthropathia humeroscapularis 234
 Periodensystem 11 ff.
 Peroneusparese 280

Pflüger 61,64,89
 Piezoelektrischer Effekt 36
 Plateau-effekt 69
 Polares Reizgesetz 64,89
 Polarität, Test der- 89
 Polung 48
 Prolaps 213
 Protrusio 213
 Pseudoradikuläre Schmerzen 132
 Pyrodor-Strahler 157

Q

Quarzkristall 37
 Querreizung 68

R

Radialisparese 274
 Rechteckkurve 89,92
 Reflexdystrophie 187,252
 Reflexe 86
 Reflexion 37
 Refraktärphase 60
 Reihenschaltung 22
 Reizströme 30,120,121,140
 Repolarisation 60
 Rheobase 90
 Rhizarthrose 258
 RIC, Verlauf der 91
 RS (Rythme syncopé) 123
 Ruhepotenzial 59
 Rundfeldstrahler 157,159

S

Schallwellen 36
 Schlaffe Lähmung 273
 Schleudertrauma 226
 Schließzuckung 61
 Schmerz 56,57,80
 Schmerzpunktbehandlung 50
 Schmerzpunktsuche 84
 Schnellbestimmung 92
 Schulter-Arm-Syndrom 231
 Schultergelenkarthrose 238
 Schultergelenksprengung Tossy I bis III 242
 Schultertrauma 237
 Schwellstrom, neofaradischer 135
 Schwellungen 32
 Segmentale Wirbelgelenk- und Rippenblockierung 224
 Segmentinstabilitäten der LWS 212
 Sehnenscheidenentzündung 262
 Serienschaltung 22
 Simultanverfahren 168
 Spannung, elektrische 17
 Spannungsteiler 22,23
 Spastische Lähmung 272
 Spinalkanalstenosen 231
 Spitzenspannung 25
 Spitzenstromstärke 31
 Spondylarthrose 223
 Spondylitis ankylosans 220
 Spondylolisthesis 206
 Sprunggelenksarthrose 181

Spule 27
 Spulenfeld 154
 Stabile Galvanisation 102 ff.
 Stangerbad 115
 Stereodynamisches Verfahren 147
 Strom, elektrischer 17
 Stumpf und Phantomschmerz 132
 Subcapitale Humereusfraktur 243
 Sudecksche Dystrophie 187,252

T

Tendosynovitis 262
 Tendovaginitis 262
 Tennisellenbogen 246
 TENS-Verfahren 129 ff.
 Tensor-fasciae-latae-Syndrom 206
 Thoracic-outlet-Syndrom 243
 Tibialis-Logen-Syndrom 190
 Tibialisparese 281
 Tossy I bis III 242
 Triggerpunkte 84

U

Ulcerata 133
 Ulnarisparese 277
 Ultraphonophorese 168
 Ultrareizstrom nach Träbert 125 ff.
 Ultraschall 36,162 ff.
 Ultraschallgerät 165
 Ultraviolett 35
 Unkovertebralarthrose 227,231
 Untersuchung 83,86

V

Verordnung 78
 Vierzellenbad 113
 Volkmannsche Kontraktur 250

W

Wasserbeschallung 168
 Wechselstrom 25,32,33
 Wedensky-Hemmung 69
 Wellen 34,37
 Wellenlänge 34
 Widerstand 18
 Wirbelsäulenbeschwerden 132
 Wirbelströme 28
 Wirtelektrode 48
 Wirkung des Stroms 67,69
 Wymoton-Verfahren 148

Z

Zervikalsyndrom 227
 Zervikobrachialgie 231
 Zweizellenbad 112

