Zeitschrift: Physiotherapeut : Zeitschrift des Schweizerischen Physiotherapeutenverbandes = Physiothérapeute : bulletin de la Fédération Suisse des Physiothérapeutes = Fisioterapista : bollettino della Federazione Svizzera dei Fisioterapisti

Herausgeber: Schweizerischer Physiotherapeuten-Verband

Band: - (1980)

Heft: 2

Artikel: Die Wymoton-Behandlung : Elektrotherapie mit reinen Wechselströmen

Autor: Wyss, Oscar A.M. / Senn, Edward / Lenzi, Othmar

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-930558

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Wymoton-Behandlung

Elektrotherapie mit reinen Wechselströmen

von OSCAR A.M. WYSS, EDWARD SENN und OTHMAR LENZI

Aus der Rheumaklinik und dem Institut für physikalische Therapie des Universitätsspitales Zürich (Direktor: Prof. Dr. med. A. Böni)

INHALTSÜBERSICHT

1. Elektrophysiologische Grundbegriffe der biologischen Wirkungsweise der Wechselströme.
   a. Niederfrequenz: Die Reizwirkung niederfrequenter Wechselströme.
   b. Mittelfrequenz: Die besondere Wirkung mittelfrequenter Wechselströme.
2. Die technische Realisierung des Wymoton-Verfahrens.
   a. Das Drehstromprinzip.
   b. Die Elektroden.
   c. Die Kombination von Mittelfrequenzstrom mit Niederfrequenzstrom (MF + NF).
   d. Die Amplitudenmodulation.
   e. Das Wymoton-Gerät.
3. Die praktische Durchführung der Wymoton-Behandlung.
   a. Anwendungsbereich
   b. Vorbereitungen zur Behandlung
   c. Durchführung und Dosierung
   d. Erfahrungen
4. Schlussbemerkungen

Schmerzfrei wirksame Muskelaktivierung und erfolgreiche Schmerzbekämpfung ohne unangenehme Nebenerscheinungen sind die beiden Hauptziele einer zeitgemässen Elektrotherapie. Der Hinweis auf die Förderung der Durchblutung, des Stoffaustausches und eventuell auch des Stoffwechsels als direkte oder indirekte Folge von elektrischer Durchströmung gesunder oder erkrankter Gewebe lässt an weitere Wirkungsmechanismen denken, die zur Diskussion stehen.

Die Wiedereinführung des reinen Wechselstroms[1] in die Elektrotherapie (*Senn* 1980) soll diese auf Grund von neuen experimentellen Erfahrungen und elektrophysiologischen Kenntnissen von Grund auf erneuern. Dabei sollen die besonderen Vorteile, welche die Wechselströme sowohl bezüglich der Auswahl bestimmter Frequenzen als auch hinsichtlich der Applikationsart (Elektroden, Drehstrom-Prinzip) bieten, voll ausgenützt werden. Hiezu bedarf es vorerst einer kurzgefassten, umfassenden Einführung in die elektrophysiologischen Grundkenntnisse bezüglich des Verhaltens lebender erregbarer Organe und Gewebe Wechselströmen verschiedenster Frequenzen gegenüber.

1. Elektrophysiologische Grundbegriffe der biologischen Wirkungsweise der Wechselströme

Die Einwirkungen sinusförmiger[2] Wechselströme auf lebendes Gewebe im allgemeinen, sowie auf dessen Zellen und deren Membranen (und intrazellulären Organellen) im speziellen, lassen verschiedene Wirkungskomponenten unterscheiden, die in entscheidendem Masse mit den verschiedenen Frequenzen (bezw. den Periodendauern) in Zusammenhang gebracht werden können. Vorerst sind jene hohen Frequenzen (bezw. kurzen Perioden), bei denen die Wärmewirkung im Vordergrund steht[3], von der Betrachtung auszuscheiden: Sie stellen (hier

1) Die Gleichstrom-Behandlung (Galvano-Therapie) mit ihren spezifischen Besonderheiten und Anwendungsmöglichkeiten (Iontophorese u.a.) soll durch die Wiedereinführung des Wechselstroms in keiner Weise betroffen werden. Sie ist in ihrer ursprünglichen Form unersetzlich und besteht in ihrer Eigenart (Elektroden!) nach wie vor. Nur eine eventuell sich nützlich erweisende Kombination von Gleichstrom mit Wechselstrom steht als elektrophysiologisch und technisch besonderes Problem zur Diskussion.

2) «Sinus*förmig*» soll nicht heissen «sinus*rein*»; wesentlich ist Amplituden-Symmetrie mit Bezug auf die Nullinie («Nullinien-Symmetrie»).

3) Die Wärmewirkung steht als physikalischer Effekt deswegen im Vordergrund, weil die biologische Wirksamkeit, ausgehend vom Niederfrequenzbereich, mit steigender Frequenz abnimmt; nicht zuletzt aber auch deswegen, weil spezifisch-biologische Effekte der Hochfrequenz noch zu wenig bekannt sind.

biologisch betrachtet) die *Hochfrequenz* dar und damit eine separate Form der Elektrotherapie, deren Leistungsniveau (physikalisch gesehen) einer wesentlich höheren Grössenordnung angehört. Für die Hochfrequenz-Therapie liegt die untere Frequenzgrenze bei etwa 100 kHz, die obere im Bereiche der Kurzwellen (2500 MHz). Die obere Leistungsgrenze ist für die biologische Anwendung hochfrequenter Wechselströme durch die Hochfrequenz-Koagulation, die der reizlosen Gewebeausschaltung dient, gegeben und entspricht etwa 1 Watt pro Kubikzentimeter Gewebe (*Hunsperger* und *Wyss* 1953).

a) Niederfrequenz: Die Reizwirkung niederfrequenter Wechselströme

Beim niederfrequenten Wechselstrom wirkt jede einzelne Periode als Reizimpuls gemäss dem «electropolaren Erregungsgesetz» (*Pflüger* 1859). Genauer gesagt wirkt jede Stromschwankung (von -90° nach +90°) an jenem Reizpol, für welchen sie im katelektrotonischen Sinn (d.h. von Abnahme eintretenden nach Zunahme austretenden Stromes) verläuft, gemäss dem Stromumkehrprinzip (*Wyss* 1976; pp. 19-22). Beim sinusförmigen Wechselstrom ist die als Reiz wirkende Stromumkehr zeitlich verzögert, und dies umso mehr, je niedriger die Frequenz ist: Übergang zum «Zeitreiz» (*von Kries* 1884) bei sehr niedrigen Frequenzen (mit «zeitlicher Dispersion» und/oder «Repetierung» der Einzelerregungen). Die Gesamtamplitude der Stromumkehr beträgt das $2x\sqrt{2}$-fache der effektiven Stromstärke. Sie ist als Reiz wirksamer, als es die Amplitude der kathodischen «Halbwelle» für sich wäre![4)]

Niederfrequente Wechselströme wirken gemäss dem Prinzip der repetierenden Impulsreizung. Bei unipolarer Reizanordnung entspricht die Erregungssequenz der Frequenz des Wechselstroms, während bipolar alternierend von beiden Polen her die doppelte Erregungssequenz zustande kommt. Weil die Perioden des niederfrequenten Wechselstroms nach Massgabe «verzögert ansteigender» Reizimpulse wirksam sind, nimmt diese Wirksamkeit mit niedrigeren Frequenzen infolge Verlangsamung der Stromschwankung (Akkommodation), mit höheren Frequenzen infolge Verkürzung der Periodendauer (Nutzzeit) ab: Die Schwellenkurve (Intensität als Funktion der Frequenz) läuft durch ein Minimum. Das Pararesonanzprinzip mit Frequenzoptimum kommt zur Geltung (*Wyss* 1976; pp. 46-48). Die «optimale» Periodendauer ist ein Multiplum der die Zeiterregbarkeit charakterisierenden Chronaxie (ca. 20x). Die zugehörige minimale Intensitätsschwankung beträgt etwa das 1½-fache der Rheobase (*Wyss* 1944). Damit kann als erwiesen gelten, dass sich die Gesetzmässigkeiten der Reizung mit niederfrequenten Wechselströmen auf das «polare Gesetz der Erregung» (*Pflüger* l.c.), das Nutzzeitprinzip («Hyperbelgesetz»; *Hoorweg* 1892, *Weiss* 1898, *Lapicque* 1905), und das Akkommodationsprinzip (*Lucas* 1907-08, *Nernst* 1908) zurückführen lassen. Entscheidend ist dabei die Änderung der *Polarität* (im Reizkreis) im katelektrotonischen Sinn, d.h. eine «Anodenöffnung» geht unmittelbar in eine «Kathodenschliessung» über (*Nasse* 1870). Im Hinblick auf später zu besprechende andersartige Reizwirkungen von Wechselströmen ist es angezeigt, an dieser Stelle schon für die erwähnten Wirkungskomponenten der niederfrequenten Wechselströme den Begriff der *«polaritären»* Reizprinzipien einzuführen (*Wyss* 1976, p.14).

Weil die Reizung mit niederfrequenten Wechselströmen einer repetierenden Impulsreizung gleichkommt, muss jede Zunahme der Frequenz zu einem Interferieren der «Impulsfolge» mit der relativen Refraktärperiode führen. Zum reizzeit-bedingten Schwellenanstieg kommt ein reizerfolg-bedingter hinzu: Nach einer als Reiz wirksamen Periode trifft die nächstfolgende auf eine (vorübergehend) erhöhte Reizschwelle und erweist sich dieser gegenüber als unterschwellig. Jeder unterschwellige Reiz setzt aber die Reizschwelle (vorübergehend) herab, und so ergibt sich für die übernächste Periode auf alle Fälle wiederum Reizwirksamkeit. «Auf alle Fälle» bedeutet hier: welches auch das Intervall sein mag mit Bezug auf die relative Refraktärperiode. So kommt es, dass im betreffenden Frequenzbereich *Alternieren* der Reizbeantwortung auftritt, indem die einzelnen Fasern in Nerv oder Muskel nur noch mit der halben Erregungssequenz[5)] antworten und sich im Kollektivum Mehrzahl und Minderzahl nach statistischer Gesetzmässigkeit auf die alternierenden Wechselstromperioden verteilen. Mit steigender Frequenz beginnt das Alternieren am Skelettmuskel schon von etwa 100 Hz an aufwärts, am Nerven erst von mehreren 100 Hz an. Die obere Grenze liegt beim Muskel unter, beim Nerven über 1000 Hz. Begreiflicherweise lassen sich für diese Frequenzwerte keine genauen Angaben machen; sind doch die biologischen Reaktionsgeschwindigkeiten (Zeiterregbarkeit, Dauer der relativen Refraktärperiode) auch innerhalb gleichartiger Fasersorten

4) Es ist zu bedenken, dass durch Wechselstromeinwirkung der Akkommodationszustand erzwungen wird, mit herabgesetztem Membranpotential und niedriger Anodenöffnungsschwelle. So kommt es in der gesamten Stromumkehr gewissermassen zur additiven Kombination von Anodenöffnungs- mit nachfolgendem Kathodenschliessungsprinzip, und die ganze Stromschwankung wird fast dreimal so wirksam, wie es für einen Gleichstrom vom Effektivwert des Wechselstroms die Kathodenschliessung wäre! Die Nichtberücksichtigung dieser reizphysiologischen Erkenntnis hat schon vor und vor allem während dem Ersten Weltkrieg etwa 100 Patienten das Leben gekostet (vgl. Lit. bei *Senn* und *Wyss* 1977, p.83).

5) Um sprachlich korrekt sich auszudrücken, wählt man das Wort «Frequenz» für periodische Vorgänge, bei denen Perioden*dauer* und Perioden*folge* in gegenseitiger und gegensinniger Abhängigkeit zueinander stehen (Wechselstrom, EEG-Rhythmen), während *«Sequenz»* für die Repetierung sich gleichbleibender und vom Intervall unabhängiger Vorgänge reserviert ist (Kippschwingungen, Erregungsfolgen).

(Muskel bezw. Nerv) sehr verschieden. Gemeinsam und einheitlich ist aber die Feststellung, dass diese obere Frequenzgrenze durch die *absolute* Refraktärperiode bestimmt ist. Damit ist auch die obere Grenze der Niederfrequenz eindeutig definiert.

Die absolute Refraktärperiode ist praktisch identisch mit der Dauer des Erregungsprozesses. Ist die Wechselstromfrequenz so hoch, dass die auf eine erste wirksame Periode (sog. Einschalteffekt; historisch «Anfangszuckung») folgende zweite Periode in die absolute Refraktärzeit fällt, dann ist diese unwirksam und mit ihr bleiben auch alle weiteren, sich anschliessenden Perioden unwirksam. Es ereignet sich genau dasselbe, was mit einer Serie kurzer Reizimpulse entsprechend hoher Sequenz und ausreichender Intensität beobachtet wird: Der erste Reiz ist wirksam und alle nachfolgenden bleiben unwirksam. Dieses eindrückliche Phänomen wurde erstmals von *Wedensky* (1885) beschrieben und führte in der Folge zu der wichtigen Feststellung, dass die unter rasch repetierender Reizung stehende Reizstelle auf die üblichen Testreize nicht anspricht, ein absoluter Refraktärzustand also gewissermassen aufrecht erhalten bleibt. Die richtige Erkenntnis dieses Sachverhaltes veranlasste den genannten Autor zur Einführung des Begriffes der «Hemmung», und seither ist die *Wedensky-Hemmung* eine elektrophysiologisch anerkannte, phänomenologisch wohl definierte, auf der Basis der Wirkungsweise niederfrequenter Wechselströme jedoch nicht zu erklärende Erscheinung. Hiezu ist die Kenntnis einer bei höheren Frequenzen besser zum Ausdruck kommenden spezifischen Wirkung der Wechselströme unerlässlich (s.u.).

b) Mittelfrequenz: Die besondere Wirkung mittelfrequenter Wechselströme

Der Ausdruck «Mittelfrequenz» wurde von *Gildemeister* (1944) vorgeschlagen, zweifellos in der Vorahnung, dass bezüglich der Reizwirkung von Wechselströmen im Frequenzbereich zwischen einigen 1000 Hz und 100 kHz irgendwelche besonderen «Summationsverhältnisse» vorliegen müssen. Hiefür wurde von *Lullies* und *Hensel* (1951), wahrscheinlich in ähnlicher Vorahnung, die Bezeichnung «Gildemeister-Effekt» eingeführt. Der Autor selber jedoch sowie seine zahlreichen Adepten vermochten den *Begriff* der Mittelfrequenz nicht eindeutig zu definieren, geschweige denn den Mechanismus der Mittelfrequenz-Reizung zu erklären und als etwas Neues und Andersartiges den konventionellen Reizprinzipien gegenüber zu stellen. Mit den Hilfsbegriffen «Summation» und «Gleichrichter-Effekt» suchte man sich auf dem alten Boden des «polaren Erregungsgesetzes» *(Pflüger* l.c.) zu halten. Es mussten noch 100 Jahre nach *Pflüger* verflossen sein, bevor sich die wahre Erkenntnis des Sachverhaltes durchzusetzen begann.

Dies geschah gewissermassen auf dem Umweg über die Mittelfrequenz-*Impulsreizung*. Obschon diese für das hier angestrebte neue Verfahren der Elektrotherapie nicht die adaequate Grundlage sein kann, im Gegenteil vermieden werden soll, zudem in den bekannten Interferenzstrom-Verfahren *(Wollmann* 1938) bereits zur Anwendung kommt *(Wyss* 1965/66), muss sie hier zwecks Erläuterung des Mittelfrequenz-Begriffes in den wesentlichen Zügen wiedergegeben werden. Ein Mittelfrequenz- (MF)-Impuls ist ein kurzfristig an- und abschwellender Mittelfrequenzstrom, dessen Frequenz (hier «Trägerfrequenz» genannt) mindestens so hoch ist, dass der ganze Impuls (An- und Abschwellen inbegriffen) 5 bis 10 Perioden umfasst.[6] Ein solcher Impuls wirkt als *ein* einheitlicher Reiz und löst, sofern überschwellig, eine einmalige Erregung (bezw. Erregungssalve im Kollektivum, mit Einzelzuckung im Muskel) aus.

Mit MF-Impulsen vorwiegend am isolierten Nerven durchgeführte Reizversuche lieferten die folgenden wesentlichen und für die Erkenntnis des Mechanismus der MF-Reizung entscheidenden experimentellen Befunde:

1) Bei bipolarer Längsreizung wirkt ein MF-Impuls unter beiden Reizpolen in prinzipiell gleicher Weise: «*Ambipolare*» Reizung *(Wyss* 1962a).

2) Bei bipolarer Querreizung wirkt ein MF-Impuls gemeinschaftlich an beiden Reizpolen als *ein* transversaler Reiz: Echte *Quer*reizung *(Wyss* 1961,1962b).

3) Bei unipolarer Längsreizung wirkt ein MF-Impuls mit derselben Latenzzeit (Nutzzeit!) auch dann, wenn die Zuführungen zu den Reizelektroden gegeneinander vertauscht werden und damit die im MF-Impuls zeitlich starr gekoppelten Trägerperioden «umgekehrt» werden: «*Konvertibilitätsprinzip*» *(Wyss* 1963,1967).

Von diesen drei Befunden war der letztgenannte ausschlaggebend: Bei Reizung mit einem MF-Impuls kann die Auslösung einer Erregung nicht auf eine bestimmte Schwankung der Trägerfrequenz bezogen werden; m.a.W.: die Nutzzeit steht in keiner zeitlichen Beziehung zum Ablauf der Trägerperioden. Woraus die logische Schlussfolgerung zu ziehen ist, dass für die Auslösung der Erregung die Polarität mit Bezug auf die Reizelektroden, bezw.

6) Ein MF-Impuls könnte z.B. als das elektrische Korrelat eines Pfiffs im noch hörbaren bezw. im Ultraschall-Bereich betrachtet werden, womit u.a. Fledermäuse die Echolotung vornehmen.

die «Polarität im Reizkreis» nicht mehr massgebend für den Reizerfolg sein kann. Die oben genannten «polaritären» Reizprinzipien fallen damit für die Erklärung des Mechanismus der MF-Reizung ausser Betracht, und ein neues, andersartiges, «*apolaritäres*» Reizprinzip wurde postuliert *(Wyss* 1962c).

Der Begriff des «Apolaritären» ist selbstverständlich ein rein phänomenologischer und bringt lediglich eine Negation zum Ausdruck; allerdings eine wesentliche! Die Polarität der erregbaren Membran[7], die beim «polaritären» Reiz unmittelbar elektrisch betroffen wird und hierauf primär mit der Auslösung einer lokalen Erregung antwortet, erfährt beim «apolaritären» Reiz mittelbar über eine Beeinflussung der Membranstruktur eine dem Wesen nach der lokalen Erregung ähnliche, aber nicht «ausgelöste» Zustandsänderung. Während «polaritär» die Depolarisierung[8] der Membran physikalisch-elektrotonisch erfolgt, geschieht dies «apolaritär» durch Vermittlung einer Durchlässigkeitssteigerung der Membran für Natriumionen. Auf Grund von MF-Reizversuchen am Muskel mit intrazellulärer Ableitung von einzelnen Muskelfasern wurde diese «apolaritär» zustande kommende Depolarisierung als etwas Besonderes erkannt und als «*reaktive Depolarisierung*» bezeichnet *(Kumazawa* und *Wyss* 1966). Sie ist eine Reaktion der Membran, deren Polarität den raschen Schwankungen des MF-Stromes infolge elektrischer Trägheit nicht mehr zu folgen vermag, deren innere Struktur aber die genannte Veränderung erfährt.

Mit langsam zunehmender MF-Durchströmung entwickelt sich die reaktive Depolarisierung mit erheblicher Verzögerung und springt bei einer kritischen[9] Stromstärke, wie ebenfalls an der einzelnen Muskelfaser gezeigt wurde *(Senn* 1969), unter Auslösung rasch vorübergehender repetierender Erregungen auf einen fixen Depolarisationszustand, der etwa dem halben Membranpotential entspricht und auch mit weiterer Stromstärkesteigerung keine weitere Depolarisierung mehr zulässt («Plateau»). Mit diesem Plateau-Zustand geht beim Muskel eine Dauerkontraktion (physiologische Kontraktur) einher, gelegentlich begleitet in einzelnen Muskelfasern von Serien langsam repetierender Erregungen *(Senn* 1979 a,b).

Aus den eben beschriebenen, mit der MF-Impulsreizung vornehmlich am Nerven, mit der MF-Durchströmung am Muskel erhobenen Befunden und deren elektrophysiologischer Interpretation ergeben sich die für das Verständnis der besonderen Wirkungsweise der MF-Ströme am Muskel (und eventuell auch am Nerven) notwendigen Grundlagen. Jede reine MF-Durchströmung führt an den Zellmembranen zu einer für heutige Begriffe unmittelbaren Erzeugung bezw. Steigerung der Durchlässigkeit für Na^+-Ionen und der hieraus resultierenden reaktiven Depolarisierung[10] mit Übergang in den als «Plateau» bezeichneten Depolarisationszustand. Der letztere lässt sich phänomenologisch als der verlängerte absolute Refraktärzustand der Wedensky-Hemmung (s.o.) mit Unerregbarkeit gegenüber kathodischen Reizen, als der perfekte Akkommodationszustand oder auch derjenige der depressiven Kathodenwirkung betrachten; ionenkinetisch handelt es sich im wesentlichen um Durchlässigkeit der Membran für K^+- und Na^+-Ionen begleitet von sogenannter Natrium-Inaktivierung, d.h. Unfähigkeit der Membran, auf weitere Herabsetzung des Membranpotentials noch mit weiterer Durchlässigkeitssteigerung für Na^+-Ionen zu reagieren.

Niemals vergesse man jedoch, dass die erwähnten Membranveränderungen sich auf den durchströmten Bereich beziehen, und dass ausserhalb dieses letzteren liegende Faseranteile (im Nerven sowie im Muskel) ihre unbeeinflussten Membraneigenschaften beibehalten. Für die Erregbarkeit mag dies lokale Blockierung mit randständiger Erregungsauslösung bedeuten, für die Kontraktilität: Lokale Kontraktur mit angrenzendem Erschlaffungszustand.

Die besondere Wirkung mittelfrequenter Wechselströme beruht auf dem «apolaritären» Prinzip der «reaktiven» Depolarisierung bis zum maximal möglichen Depolarisationszustand, der als «Plateau» bezeichnet und auch als «Plafond» interpretiert wird, und für Nerven- und Muskelfasern etwa auf halber Höhe des Membranpotentials liegt. Das apolaritäre Prinzip bedingt die elektrophysiologische Gleichwertigkeit der Elektroden und bringt es mit sich, dass Durchströmung quer zur Faserachse mindestens so wirksam ist, wenn nicht sogar wirksamer als in Längsrichtung. Mittelfrequenz-Querdurchströmung bedeutet im allgemeinen für Nerven und Muskeln lokale Unerregbarkeit und lokale Blockierung der Erregungsfortpflanzung, bezogen auf das durchströmte Gebiet, sowie eventuell selbsttätige Erregungsauslösung aus den anschliessenden, weniger oder nicht mehr vom Strom betroffenen Übergangsbereichen. Für den Muskel im speziellen kommt die lokale physiologische Kontraktur hinzu, die ebenfalls auf das durchströmte Gebiet beschränkt bleibt. Alle diese Mittelfrequenzeffekte sind vollkommen reversibel und lassen sich ohne Nacheffekte beliebig oft wiederholen.

Die Einwirkung mittelfrequenter Wechselströme auf die Sensibilität von Haut und Mundschleimhaut sowie auf sensible Nerven wurde schon von *Monjé* (1938), dann von *Gildemei-*

---

7) Die «Polarität der Membran», auch als physiologische Polarisation der Zellmembran von Muskel- bezw. Nervenfasern (sowie Nervenzellen!) bezeichnet, beruht auf einem Membran-Diffusionspotential, woran K^+-Ionen (von innen nach aussen diffundierend) und zusätzlich bei der Muskelfaser auch Cl^--Ionen (von aussen nach innen diffundierend) beteiligt sind, und woraus sich gleicherweise Positivität nach aussen und Negativität nach innen ergibt: *Membran(ruhe)potential.*

8) *Depolarisierung* bedeutet ganz allgemein den Vorgang einer Abnahme des Membranpotentials, welches auch die Ursache dieser Abnahme sein mag. Depolari*sation* gilt sinngemäss für den *Zustand* eines herabgesetzten Membranpotentials. Gegensatz: Hyperpolarisierung, -polarisation; Repolarisierung.

9) Die Erregungsauslösung erfolgt umso später, je langsamer die (linear zunehmende!) Stromstärke ansteigt: Bei MF-Durchströmung gibt es zumindest für die Skelettmuskelfaser keine Akkommodation *(Senn* 1969).

10) Sobald die Membran (aus welchem Grund es auch sein mag) für Na^+-Ionen durchlässig wird, muss sich (nur schon physikalisch bedingt) ein Natrium-Diffusionspotential von aussen nach innen bilden mit Positivität innen gegen Negativität aussen. Diese der ursprünglichen entgegen wirkende Polarität führt zur Abnahme des Membranpotentials.

ster (1944) und von *Schwarz* (1944 a,b,c) eingehender untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die mit niederfrequenten Wechselströmen noch nachweisbare periodensynchrone Empfindung («Vibration») von 200 Hz an aufwärts von einem «asynchronen Hautgefühl», das als «Prickeln» oder «Schwirren» bezeichnet werden kann, abgelöst wird. Es steht ausser allem Zweifel, dass die Vibrationsempfindung auf dem polaritären Reizprinzip beruht, während für die asynchronen Hautempfindungen vielleicht schon im Bereich dieser höheren Niederfrequenzströme an eine Mitbeteiligung des apolaritären Prinzips zu denken ist (s.u.). Eigene neue Untersuchungen, die zwecks Vermeidung der Adaptation mit Wechselstromimpulsen angestellt wurden, ergaben als subjektive Hautempfindungen im NF-Bereich die Beurteilung von «stechend», im MF-Bereich diejenige von «dumpf» *(Senn* und *Wyss* 1980). Dazu kommt, dass mit steigender Stromstärke die Schmerzempfindung im ersteren Fall eine unbedingte Folge ist, im letzteren Fall eine vielleicht nicht unbedingte[11].

Die Abgrenzung des MF-Bereiches bietet sowohl gegen oben, d.h. gegen die Hochfrequenz, als auch gegen unten, d.h. gegen die Niederfrequenz, noch ganz besondere Schwierigkeiten. Als obere Grenze wird allgemein 100 kHz angegeben. Wird diese Frequenz am Nerven in Form einer wirksamen MF-Impulsreizung mit entsprechend kurzer Impulsdauer und hoher Sequenz appliziert, dann kommt es sehr bald zu einer Unerregbarkeit, die als reversible Wärmelähmung zu deuten ist. Bei längerer Einwirkungsdauer (d.h. mit länger dauernden Impulsen oder selbst mit kurzen Impulsen und länger anhaltender repetierender Reizung) tritt irreversible Hitzekoagulation auf (s.o.). Dasselbe gilt selbstverständlich und noch in höherem Mass für die Einwirkung eines MF-Dauerstroms. Für den letzteren liegt somit die obere Frequenzgrenze, die offensichtlich durch den Wärmeeffekt des Stromes gegeben ist, eindeutig niedriger als bei nieder-sequenter Applikation der betreffenden MF-Impulse. Für den Muskel stellen sich bezüglich Erregbarkeit und Erregung im Prinzip dieselben Probleme; nur ist dort noch zu berücksichtigen, dass der Übergang der reversiblen MF-Kontraktur in die irreversible Wärmestarre kontinuierlich und unbemerkt erfolgt, was erst nach Aufhören der Stromeinwirkung am Endeffekt ersichtlich ist. An der Haut zeigt 100 kHz-Dauerdurchströmung mit Stromstärken (bezw. Stromdichten), die etwa der Empfindungsschwelle entsprechen, bereits spürbare Wärmewirkung. Mit MF-Impulsen dagegen lässt sich bei einer Reizfolge von etwa 1 pro Sekunde und einer Impulsdauer von 1/10 Sekunde eine wirksame Hautreizung (ohne jeglichen lokalen Wärmeeffekt an der betreffenden Hautstelle[12]) auch mit einer Trägerfrequenz von 200 kHz noch realisieren, wie aus neueren eigenen Versuchen hervorgeht *(Senn* und *Wyss* 1980). Für 500 kHz liegen frühere eigene Beobachtungen vor, wonach bei lokalisierter, kurzfristiger Hautdurchströmung Warm- bezw. Heissempfindung kaum mehr zu vermeiden ist und die geringste Zunahme der Stromdichte zu Schmerz und Hautverbrennung führt. — Aus dem Gesagten ergibt sich, dass die obere Grenze des MF-Bereichs mit Dauerdurchströmung (auch abgesehen von Adaptationserscheinungen) nicht bestimmt werden kann, wohl aber mit einzelnen MF-Impulsen. Mit diesen wurden auch die Intensitätsschwellen (sowohl im Strom- als auch im Spannungskonstanzverfahren) als Funktion der Trägerfrequenz für Nerv und Muskel bis hinauf gegen 100 kHz gemessen, und es wurde in Bestätigung der Angaben zahlreicher früherer Autoren der lineare Verlauf dieser Schwellenkurve nachgewiesen und in gewissen Fällen für den höheren Frequenzbereich mit direkter Proportionalität genauer definiert *(Wyss* 1976, 40-42). Für die Hautempfindungen scheinen auf Grund von neueren Untersuchungen ähnliche Schwellenbeziehungen vorzuliegen (s.o.).

Wenn auch oben gesagt wurde, dass die obere Grenze der Niederfrequenz eindeutig durch die absolute Refraktärperiode gegeben ist, so gestaltet sich, von der Mittelfrequenz aus gesehen, die Abgrenzung dieser letzteren nach unten doch noch erheblich komplizierter, als ursprünglich angenommen wurde. Wie aus neuesten eigenen Beobachtungen und experimentellen Befunden hervorgeht, bleibt das *apolaritäre Reiz*prinzip der MF-Impulsreizung, als apolaritäres Aktivierungsprinzip auf die MF-Dauerstromaktivierung übertragen, dessen gemeinsamer essentieller Membranmechanismus die *reaktive Depolarisierung* (als Folge einer direkten Einwirkung auf die Membranstruktur) ist, nicht auf den MF-Bereich beschränkt, sondern lässt sich auch hinab in den NF-Bereich nachweisen. Zwei voneinander vollständig unabhängige Befunde haben zu dieser neuen Erkenntnis geführt: 1. Bei Reizung des Froschnerven sowie bei direkter Reizung des Froschmuskels mit Wechselstrom-Impulsen, deren Trägerfrequenzen im Übergangsbereich zwischen MF und NF (d.h. zwischen 3000 und 1000 Hz) liegen, wurde mit Hilfe des Konvertibilitätstestes an der Reizschwelle polaritäres, mit überschwelliger Reizstärke apolaritäres Verhalten festgestellt. Es besteht somit kein Zweifel, dass auch niederfrequente Wechselströme auf dem apolaritären Weg, d.h. über eine direkte Einwirkung auf die Membranstruktur, zu einer reaktiven Depolarisierung führen. Hiefür liegt aber die Intensitätsschwelle höher als diejenige der polaritären (konventionellen) Reizwirkung. Weil jedoch die apolaritäre Einwirkung gewissermassen «unter Umgehung eines polaritären Effektes» direkt die Membran*struktur* trifft, tritt beim stärkeren Strom die reaktive Depolarisierung als die primär dominierende Erscheinung auf. 2. Eine MF-Kontraktur wird verstärkt, wenn dem MF-Strom ein NF-Strom, der allein appliziert kaum wirksam ist, additiv (!) überlagert wird. Dem NF-Strom, der bei direkter Muskelreizung einen Tetanus auslöst, wurde von jeher auch eine kontrakturauslösende Wirkung zugeschrieben, in der «Kontraktur-Komponente» des Tetanus zum Ausdruck kommend. Diese auf die «allgemein depolarisierende Wirkung» der Wechselströme zu beziehen, ist naheliegend und verständlich. Der Begriff des «apolaritären Aktivierungsprinzips», worunter letzten Endes die direkte Einwirkung auf die Membranstruktur für jegliche Art rasch repetierender «Reizung» zu verstehen ist, wird hier als etwas Besonderes und dem besseren Verständnis Dienendes, dem konventionellen polaritären Prinzip zur Seite gestellt.

---

11) Wahrscheinlich wird sich aber eine MF-Impulsreizung bei stark überschwelliger Dosierung doch als schmerzhaft erweisen; jedenfalls ist eine Interferenzstrom-Behandlung ähnlich wie eine in gleicher Weise wirkende Amplitudenmodulation eines MF-Stroms bei höherer Intensität ausgesprochen unangenehm. Das Wesen des Unangenehmen liegt offensichtlich in dem auf der starren Reiz-Erregungs-Beziehung beruhenden *Impulsprinzip!*

12) Nicht zu übersehen ist die Tatsache, dass jeder wirksame MF-Impuls hoher Trägerfrequenz im Moment der Einwirkung zu lokaler Temperatursteigerung führt, und dass durch diese die Erregbarkeit am Reizort erhöht und damit eine zu niedrige Reizschwelle vorgetäuscht werden kann.

Die Besonderheit einer Mittelfrequenz-Durchströmung liegt allem voran in der Vermeidung polaritärer Effekte; dazu kommt die absichtliche Vermeidung von raschen Amplitudenmodulationen und damit des MF-Impulsprinzips; wirksam bleibt das apolaritäre Aktivierungsprinzip. Was mit der MF-Durchströmung vermieden wird, dient der Schmerz*freiheit,* selbst bei hohen Stromstärken. Was mit der MF-Aktivierung allein jedoch nicht unbedingt und unmittelbar erreicht wird, ist die Schmerz*bekämpfung.* Hiezu ist die polaritäre Komponente einer nicht zu tiefen Niederfrequenz erforderlich. Weil die apolaritäre Aktivierung nicht ausschliesslich der MF-Durchströmung, sondern auch der NF-Durchströmung zukommt, muss eine Kombination von Mittelfrequenz mit Niederfrequenz durch additive Überlagerung behufs Aktivierungseffekt eine Unterstützung der ersteren durch die letztere, behufs Schmerzdämpfungseffekt durch Zugabe der letzteren zur ersteren, den Anforderungen einer zeitgemässen Elektrotherapie entsprechen: Schmerzfreie Aktivierung der Muskulatur vereint mit Schmerzlinderungseffekt. Die Niederfrequenz soll mit mindestens 200 Hz keine periodensynchrone «Vibrations»-komponente mehr enthalten, die Mittelfrequenz mit etwa 10 kHz im höheren Frequenzbereich der niedrigsten Intensitätsschwellen liegen.

2. Die technische Realisierung des Wymoton-Verfahrens

a) Das Drehstrom-Prinzip

Ein erster Vorteil, in der Elektrotherapie reine Wechselströme zu verwenden, ergibt sich aus der Möglichkeit zur Applikation als Dreiphasenstrom (Drehstrom). Der Sternschaltung wird aus technischen Gründen (der Dreieckschaltung gegenüber) der Vorzug gegeben. Der gemeinsame Nulleiter der Transformatorenausgänge (3 Sekundärwindungen) ist gegen Erde isoliert (erdschlussfrei) und nicht nach aussen geführt, d.h. nicht zugänglich. Die 3 aktiven Ausgänge der 3 Sekundärwindungen geben den (aus NF und MF kombinierten s.u.) Wechselstrom mit der (zeitlichen) Phasenverschiebung von je 120° über 3 Elektroden (s.u.) an den Verbraucherkreis (Patient) ab. Der gesamte Ausgangs-Stromkreis ist somit erdschlussfrei, was bedeutet, dass ein gelegentlicher Kontakt des Körpers mit «Erde» den Stromverlauf im Inneren des Körpers nicht beeinflusst. Die drei Phasen sind bezüglich Spannung und Ausgangsimpedanz gleichwertig. Die Stromstärke wird in den 3 Zuführungen zu den Ausgangsanschlüssen mit je einem Anzeigeinstrument gemessen (Genaueres s.u.). Ihre 3 Komponenten sind selbstverständlich von den Widerständen im Verbraucherkreis (Elektroden und Gewebe) abhängig.

Die Drehstrom-Applikation gewährleistet je nach Grösse und Anordnung der Elektroden eine mehr oder weniger ausgesprochene Tiefenwirkung des Stromes. Das Drehstrom-Prinzip bringt es auch mit sich, dass die Elektroden nahe nebeneinander angelegt werden können, ohne dass störende Randeffekte sich bemerkbar machen. Als Maximaleffekt kann die gesamte Muskulatur eines Extremitätenquerschnitts auf ihrer ganzen Länge aktiviert werden (Mantelspannung). Dabei ist im Auge zu behalten, dass mit einer grossflächig-diffusen Durchströmung der Muskulatur die Muskelfasern direkt, d.h. unter Umgehung bezw. Ausserachtlassung ihrer Innervation, aktiviert werden. Für denervierte oder sonstwie in ihrer Innervation beeinträchtigte Muskeln erweist sich daher die Drehstromanwendung als ein besonders vorteilhaftes Verfahren.

b) Die Elektroden

Flächenelektroden verschiedenster Grösse stehen zur Verfügung. Sie können so angelegt werden, dass die Hauptmasse der Muskulatur quer durchströmt wird, oder so, dass die Durchströmung vorwiegend in Längsrichtung erfolgt. Die verschiedensten Kombinationen sind zulässig. Für die Durchströmung von Gelenken kommt ebenfalls sowohl Quer- als auch Längsrichtung in Frage.

Die 3 Elektroden können gleich gross sein und anatomisch so lokalisiert werden, dass sie gleicherweise aktiv wirken: *Tripolare* Anordnung. Eine Elektrode kann besonders klein gewählt und als differente Elektrode an eine bevorzugte Stelle gelegt werden, während die andern beiden grossflächig als indifferente Elektroden dienen: *Unipolare* Anordnung. Zwei Elektroden können kleinflächig als differente Elektroden verwendet werden gegenüber der dritten, grossflächigen als indifferenter Elektrode; wirken in diesem Fall die beiden differenten Elektroden

auf dasselbe Substrat (Muskel), dann wäre die Anordnung als «*bipolar*»[13] zu bezeichnen, andernfalls, wenn verschiedene Substrate betroffen werden, als *doppelt-unipolar.* Wie vorauszusehen ist, kann in diesem letzteren Fall die eine differente Elektrode einen (kleineren) Muskel auf seiner ganzen Länge betreffen, die andere einen andern (kleineren) Muskel oder z.B. eine Gelenksstelle bezw. einen (andern) Muskelreizpunkt. Die Vielfaltigkeit der Anordnungsmöglichkeiten der Elektroden bedeutet einen weiteren Vorteil der Drehstromanwendung. Selbstverständlich ist bei gegebener Stromstärke die Stromdichte unter einer Elektrode umso grösser, je kleiner deren Fläche ist: Hautempfindung!

Die besonderen Wymoton-Elektroden sind dünne leitfähige Kautschukfolien mit Drahtgittereinlage und isolierendem Decküberzug. Sie sind biegsam und lassen sich den Körperformen anpassen. Sie werden ohne leitende Zwischenlage direkt auf die Haut aufgelegt (Näheres s.u.).

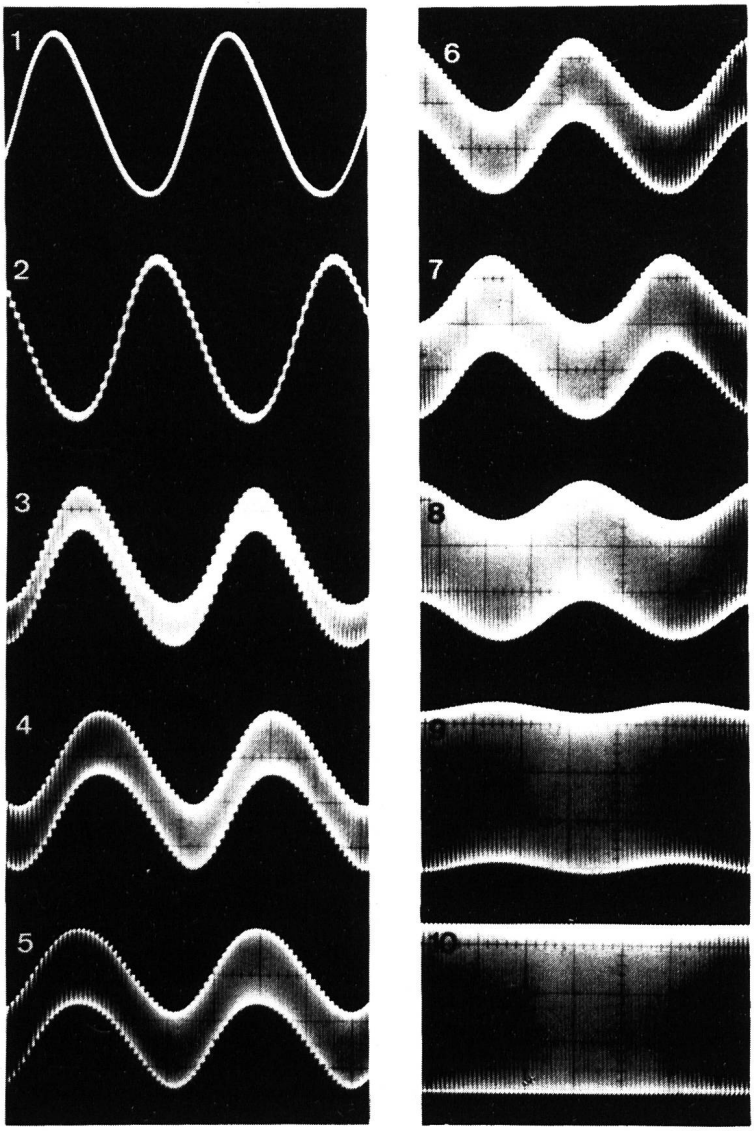

Abb. 1 Gegensinnige Amplitudenmodulation der beiden durch Addition einander überlagerten Wechselströme derselben Maximalamplitude:

Niederfrequenz NF von (1) 100% bis (10) 0% Amplitude.

Mittelfrequenz MF von (1) 0% bis (10) 100% Amplitude.

1 - 10: Zehn Übergangssituationen verteilt auf eine halbe Periode von 3 Sekunden. Zwischen 5 und 6 beträgt das Amplitudenverhältnis NF : MF = 1 : 1. Abgesehen von der Amplitudenmodulation lassen sich die Amplituden der beiden Wechselstromkomponenten NF und MF unabhängig voneinander nach Massgabe ihrer Wirkung am Patienten auf die geeigneten Werte einstellen.

c) Die Kombination von Mittelfrequenzstrom mit Niederfrequenzstrom (MF + NF)

Für den in erster Linie der Muskelaktivierung dienenden MF-Strom werden 11 kHz, für den vorwiegend der Schmerzdämpfung dienenden NF-Strom 250 Hz verwendet. Die beiden als Drehströme ausgebildeten Wechelströme werden additiv überlagert, und zwar so, dass die beiden Stromstärken unabhängig voneinander von Null aus bis zum Maximalwert stufenlos variiert werden können. In den gegensinnigen Endstellungen der beiden getrennten Stromregler ergibt sich somit entweder reiner MF-Strom oder reiner NF-Strom, dazwischen die

13) Es handelt sich nicht um eine gewöhnliche bipolare Anordnung, bei der die Stromdichte zwischen den Elektroden besonders gross ist. Die dritte Elektrode bewirkt eine breitere Stromverteilung, und die Phasenverschiebung, die erst in Verbindung mit dieser zustande kommt, verhindert bei kleinem «bipolarem» Abstand eventuelle Randeffekte.

«Mischung» der beiden je nach Bedarf (Abb. 1). Für den MF-Strom wird die (effektive) Stromstärke in den Ausgangsleitern der drei Phasen getrennt angezeigt bezw. gemessen, für den NF-Strom die (effektive) Spannung, ebenfalls separat an den Ausgangstransformatoren der drei Phasen. Die Dosierung von Stromstärke bezw. Spannung geschieht jedoch nicht nach bestimmten vorgewählten Normen, sondern einzig und allein nach Massgabe des Erfolges am Patienten: Anstieg von Null aus bis zum Auftreten von Hautempfindung und Muskelkontraktion und darüber hinaus je nach Erträglichkeit. Die Ausschaltung des Stromes erfolgt durch Zurückdrehen der Stromregler oder automatisch nach Ablauf der eingestellten Behandlungszeit (s.u.).

d) Die Amplitudenmodulation

Jede Dauerkontraktion eines Muskels bedeutet eine Beeinträchtigung seiner Durchblutung. Jede Dauerdurchströmung der Haut führt zum Abklingen der Hautempfindungen (Adaptation). Weil neben den Muskeleffekten auch die letzteren elektrotherapeutisch wirksam sind, wird von jeher aus diesen beiden Gründen das «Schwellstrom»-Verfahren angewendet. Die hiefür von den meisten Personen bevorzugte Rhythmik entspricht einer Frequenz von etwa 1/6 Hz bezw. einer vollen Periodendauer von 6 Sekunden. Während der Hälfte dieser Zeit soll der Muskel erschlaffen und die Zirkulation wieder einsetzen. Hand in Hand damit soll die Hautsensibilität periodisch erneut aktiviert werden. Mit der Koinzidenz zwischen Muskelerschlaffung und Hautaktivierung hat es seine besondere Bewandtnis: Bei gleichsinniger Modulation würden MF und NF miteinander durch ihr Maximum gehen und sich additiv sowohl physikalisch als auch unmessbar empfindungsmässig so sehr verstärken, dass unerträgliche Maxima mit «leeren» Minima abwechseln würden. Dadurch, dass das Maxium des NF-Stromes in das Intervall zwischen den Maxima des MF-Stromes verlegt wird, d.h. dass sich die Maxima der beiden Wechselströme alternierend gegeneinander ablösen, lassen sich beide Komponenten voll ausnützen: Bei Einstellung der beiden Stromstärken auf gleiche Werte bleibt ihre Summe, d.h. die Gesamtstromstärke über die Perioden hinweg gleich gross, und beide Komponenten kommen in angemessener Weise zu ihrer Wirkung, ohne dass je einmal die Stromstärke infolge Addition zu gross würde. (Abb. 1). Dies schliesst selbstverständlich nicht aus, dass je nach Bedarf MF- und NF-Komponente unabhängig voneinander beliebig auf stärker oder schwächer eingestellt werden können. Während die Frequenz der Amplitudenmodulation auf den gegebenen Wert von 1/6 Hz eingestellt ist, lässt sich deren Grad von Null aus bis zum Maximum (100%, d.h. für NF bezw. MF Stromlosigkeit im Minimum) kontinuierlich variieren. Diese Verhältnisse zu kennen ist wichtig deshalb, weil jede Höherstellung des Modulationsreglers (s.u.) eine Zunahme der maximalen und eine Abnahme der minimalen Stromstärke bewirkt, was für den Patienten gesamthaft gesehen eine verstärkte Aktivierung bedeutet! Es hat sich auch als zweckmässig erwiesen, jede Stromapplikation mit einem mittleren Amplitudenmodulationsgrad zu beginnen (s.u.).

e) Das Wymoton-Gerät[14)]

Das hier vorgestellte Therapiegerät entspricht den Anforderungen, die, wie aus dem (sub 2 a-d) Vorausgesagten hervorgeht, an eine zeitgemässe Elektrotherapie gestellt werden müssen. Diese sind:

1. Verwendung reiner Wechselströme
   — von 11 kHz Mittelfrequenz (MF) für schmerzfreie Muskelaktivierung;
   — von 250 Hz Niederfrequenz (NF) für Schmerzbekämpfung;
   — von 1/6 Hz für Amplitudenmodulation.
2. Applikation der Wechselströme MF + NF als Dreiphasenstrom (Drehstrom).
3. Additive Überlagerung von Mittelfrequenz- und Niederfrequenzstrom (MF + NF).
4. Gegensinnige Amplitudenmodulation für MF- und NF-Komponente, gemeinsam dosierbar.
5. Unabhängige Stromstärke-Einstellung für MF- und NF-Komponente.
6. Verwendung von 3 direkt der Haut anliegenden Flächenelektroden.
7. Anzeigeinstrumente für die 3 Phasen für MF- und NF-Komponente.
8. Automatische (geräuschlose) Zeitschaltung für Behandlungsdauer.

14) ✠ Patent Nr. 262'350; angem. 10745/78. Auslandpatente.
Patentinhaber und Herstellerfirma: H. Leuenberger AG., Fabrik elektrischer Apparate. CH-8154 Oberglatt ZH.

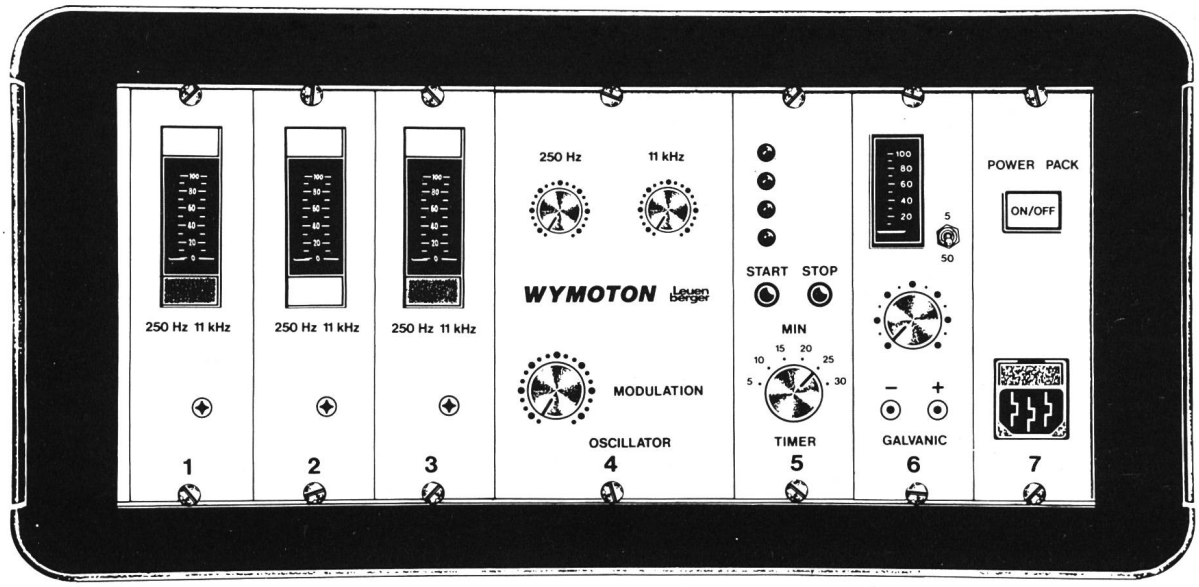

Abb. 2 Frontansicht des Wymoton-Gerätes. Beschreibung im Text.

An Hand von Abb. 2 lassen sich auf der siebenteiligen Frontplatte die wesentlichen Anteile des Gerätes erkennen:

Im mittlren Abschitt (4) mit doppelter Frontplattenbreite sind die drei Oscillatoren (11 kHz, 250 Hz, 1/6 Hz) untergebracht mit den Stromstärke-Reglern für 11 kHz und 250 Hz sowie dem Modulationsregler. Dieser Abschnitt enthält ausserdem die beiden Phasenverschieber (120°) für die Behandlungsfrequenzen und denjenigen (180°) für die Modulationsfrequenz.

In den drei schmalen Abschnitten linkerhand (1,2,3) befinden sich die drei Ausgangsverstärker für die drei Phasen der beiden Behandlungsfrequenzen und die Vorrichtungen für deren Addition, zudem die drei Doppel-Messinstrumente und Ausgangsbuchsen.

Der rechterhand anschliessende schmale Abschnitt (5) enthält den automatischen Zeitgeber mit Stufenschalter für die Einstellung der Behandlungsdauer (5-30 Minuten), sowie Start-und Stop-Taste. Bei Betätigung der ersteren leuchten die darüber angeordneten Lämpchen (Leuchtdioden) miteinander auf und erlöschen langsam nacheinander von oben nach unten bis zur automatischen Ausschaltung. Betätigung der letzteren dient zu vorzeitiger Abschaltung.

Der rechterhand an den Zeitgeber anschliessende schmale Abschnitt (6) ist ein separater Gleichstromanteil für galvanische Behandlung. Er enthält einen Stromstärke-Regler mit Umschalter auf schwachen bezw. starken Strom und Messinstrument (5 bezw. 50 mA Vollausschlag) sowie Ausgangsbuchsen grösseren Kalibers. (Für galvanische Behandlung sind konventionelle Elektroden mit feuchter Zwischenlage zu verwenden!). Der Gleichstromanteil ist an den Zeitgeber angeschlossen.

Der rechterhand endständige schmale Abschnitt (7) führt zum eingebauten Netzanschlussgerät mit Einsteckdose und Hauptschalter.

(Schluss folgt)