Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 15

Artikel: Dynamische, elektrophysikalische Messverfahren für biomedizinische Systeme

Autor: Zweifel, H.-J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904435

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: 09.07.2025

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

Dynamische, elektrophysikalische Messverfahren für biomedizinische Systeme

H.-J. Zweifel

Wechselwirkungen zwischen technischen und biologischen Systemen finden eine immer grössere Beachtung. Bioelektronische Messverfahren ermöglichen, den dynamischen Zustand von biologischen Systemen zu erfassen. Dabei ist zu beachten, dass diese im Gegensatz zu den technischen offene Systeme sind. Am Beispiel der Elektroakupunktur, bei der dynamische elektrophysikalische Messgrössen berührungsbehaftet erfasst werden, wird ein diagnostisches und therapeutisches Verfahren erläutert, das dem ganzheitlichen medizinischen Systemdenken aus westlicher Sicht entspricht.

Neue theoretische Modelle der Biophysik müssen in der Praxis auf ihre Anwendbarkeit überprüft werden. Dazu braucht es weitgehend dynamische, elektrophysikalische Messverfahren, die Messgrössen biologischer Systeme nichtzerstörend erfassen. Sie sollen die Daten zur Lösung der bestehenden Widersprüche zwischen technischen und biologischen Systemen liefern.

De plus en plus on tient compte des interactions entre systèmes techniques et systèmes biologiques. Des procédés de mesure bioélectroniques permettent de déterminer l'état dynamique de systèmes biologiques, systèmes ouverts, contrairement aux systèmes techniques. Comme exemple d'un procédé diagnostique et thérapeutique l'électroacuponcture, où les grandeurs de mesure électrophysiques dynamiques sont saisies par contact, est expliquée, une technique, qui corresponde à la conception intégrale ouest-européenne.

L'utilisation en pratique des nouveaux modèles théoriques de la biophysique doit être contrôlée par des procédés de mesure électrophysiques dynamiques, qui peuvent saisir des grandeurs de mesure de systèmes biologiques, sans détruire ceux-ci et qui permettent de résoudre les nombreuses contradictions actuelles entre systèmes techniques et systèmes biologiques.

Adresse des Autors

Prof. Dr. *H.-J. Zweifel*, Interstaatliche Ingenieurschule, Neu-Technikum Buchs, Abt. Medizintechnik, 9470 Buchs.

1. Einleitung

Die Welt des Lebendigen interessiert den Menschen von jeher. Fragen nach dem Ursprung, Zweck und Sinn des Lebens stellen heute nicht nur die Geistes-, sondern auch die Naturwissenschafter [1; 2; 3]. Drei Gründe sind dafür verantwortlich:

1. Die Technik des Menschen beeinflusst heute in nicht mehr zu vernachlässigender Weise die Biosphäre und bedroht so in vielen Fällen die Quelle allen Lebens. Kurzfristige, vermeintlich ökonomische Vorteile werden vielfach mit langfristigen, ökologisch und biologisch tiefgreifenden Nachteilen und Problemen erkauft, die unter Berücksichtigung der Zusammenhänge durchaus schon zu vermeiden wären, bevor sie ein irreversibles Mass erreichen.
2. Der technikorientierte Mensch hat die heute anstehenden Probleme der Technik in der Biosphäre geschaffen oder zumindest nicht vermieden. Folglich muss er sie auch wieder lösen. Die sehr grosse Zahl an Individuen, die heute eine zu wenig an die Biosphäre angepasste Technik einsetzen, überlasten oft schon das grosse Kompensationsvermögen der Natur. Versuchstiere dieses globalen, langfristigen Experiments sind Menschen, Tiere und Pflanzen. Der Ausgang des Experimentes kann zwar mit vielen, zum Teil recht unbekannten Grössen auf dem Rechner simuliert werden, bleibt aber weitgehend offen, nicht zuletzt, weil zu hoffen ist, dass der Mensch rechtzeitig erkennt und handelt.
3. Der moderne Mensch muss lernen, sein rein technisches und wirtschaftliches Denken in Richtung biotechnischer Systeme zu erweitern, soll es ihm gelingen, die entstandenen Schäden und ungelösten Probleme mit neuen, erweiterten Systemansätzen und neuen Technologien zu beheben.

Dazu muss er in der Lage sein, die Zusammenhänge und Wechselwirkungen der Technik mit der Biosphäre soweit wie möglich quantitativ zu erfassen. Der vorliegende Aufsatz soll zur Diskussion anregen, wie technische und biologische Systeme zu definieren sind, dass sie, wenn auch sehr beschränkt, dynamischen elektrophysikalischen Messungen mit elektronischen Mitteln zugänglich werden.

2. Technische und biologische Systeme

Systeme sind nach *Capra* [1] integrierte Ganzheiten, deren Eigenschaften sich nicht auf kleinere Einheiten reduzieren lassen. Statt auf Grundbausteine oder Grundsubstanzen konzentriert sich die Systemlehre auf grundlegende Organisationsprinzipien.

Technische Systeme sind in Form von Maschinen, Geräten, Apparaten usw. bekannt. Im physikalischen Sinne sind sie meistens *geschlossene* Systeme. Sie können nach *Koller* [4] durch das Verhalten von *Energie, Stoff und Signal* an den Eingangs- und Ausgangsschnittstellen definiert werden (Fig. 1). Die Gesamtfunktion eines Systems wird dann durch die Summe aller entsprechenden Zusammenhänge zwischen den einzelnen Ein- und Ausgangsgrössen beschrieben. Im allgemeinen sind diese Grössen zeit- und ortsabhängig, wobei das System Eigenschafts- oder Zustandsänderungen zwischen Ein- und Ausgang verursacht.

Komplexere technische Systeme können zudem strukturiert, hierar-

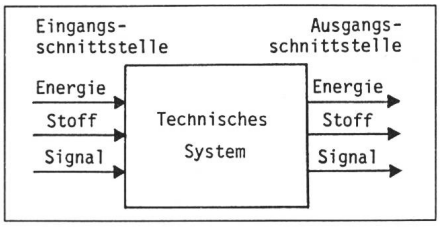


Fig. 1 Technisches System in Form von Maschinen, Geräten und Apparaten

Als geschlossenes System ist es durch das Verhalten von Energie-, Stoff- und Signalgrössen an den Eingangs- und Ausgangsschnittstellen beschreibbar [4].

chisch gegliedert und zeitlich-örtlich organisiert sein. Damit nähern sie sich den biologischen Systemen, erreichen aber bei weitem nicht deren Effizienz bei der gleichzeitigen Verarbeitung von Energie, Stoffen und Signalen.

Biologische Systeme sind *offene* Systeme [1; 5]. Sie sind charakterisiert durch:

- einen permanenten Energie-, Stoff- und Informationsaustausch zwischen System und Umgebung
- eine Begrenzungsstruktur, welche die Bestandteile zusammenhält und verhindert, dass die für das System notwendigen Bestandteile hinausdiffundieren
- Fliessgleichgewichtszustände, damit die notwendigen Flüsse zur Erhaltung des Stoffaustausches über die Begrenzung hinweg ein- und austreten können
- dissipative Strukturen nach *Prigogine* [6], die aus dem Nichtgleichgewicht eines biologischen Systems und geeigneter Zuführung von Energie zu einer Quelle höherer Ordnung werden, so dass irreversible Prozesse zu einer neuen Art dynamischer Zustände der Materie führen
- eine dynamische Selbstregulation mit Regulationsvorgängen nach Nagl und Popp [7], die auf elektromagnetischen Wechselwirkungen von Biophotonen mit der Umgebung beruhen, damit ein lebensnotwendiges, hohes Mass an Ungleichgewicht erreicht wird, um zyklisch aus chaotischen Zuständen in höhere Ordnungen zu gelangen (Fig. 2) [8].

Der Zyklus verläuft zwischen den Antagonisten Ordnung und Chaos. Aus innerer Ordnung entstehen durch chaotische (externe) Einflüsse neue Zustände mit Entdifferenzierung und teilweisem Zerfall der inneren Strukturen unter Wärmeaufnahme und Abgabe von Biophotonen bis zum Chaos. Kohärente äussere und innere Impulse, die aus der Energiezufuhr von höher geordneten äusseren Strukturen stammen, führen über Biophotonenaufnahme, Wärmeabgabe, Strukturbildung zur Differenzierung und zu höheren Ordnungen mit intra- und extrazellulärer Kommunikation und kleinem Zellwachstum. Im Gegensatz dazu ist das Zellwachstum in der chaotischen Phase gross.

Strukturen lebender Systeme Tabelle I

Struktur	Dimensionen	Wissenschaftszweige
Atome	$10^{-6}...10^{-1}$ nm	Atomphysik
Moleküle	$10^{-1}...10^{2}$ nm	Molekularbiologie / Molekulargenetik
Zellen	0,1...20 µm	Zytologie = Zellenlehre
Gewebe	µm...mm	Histologie = Gewebelehre
Organe	mm...dm	Mikroskopische Anatomie / Anatomie
Organsysteme	cm...Dm	Makroskopische Anatomie

Leben und Lebewesen weisen nach *Laskowski* und *Pohlit* [5] folgende charakteristische Eigenschaften auf:

- Wachstum
- Vermehrungsfähigkeit
- Stoffwechselprozesse: aufgenommene, materielle Nahrung wird in neue Strukturen umgebaut.

Nicht für alle Lebewesen gilt zusätzlich:

- Bewegungsfähigkeit
- Atmung
- Verdauung
- Informationsspeicherung und -weitergabe

Nach *Capra* [1] sind lebende Systeme so organisiert, dass sie Strukturen auf mehreren Ebenen bilden, wobei jede Ebene aus Untersystemen besteht (Tab. I), die in bezug auf ihre Teile Ganzheiten sind und Teile in bezug auf die grösseren Ganzheiten. In ihnen ist das holistische (ganzheitliche) Prinzip verwirklicht. Deshalb nennt *Koestler* [9] Untersysteme, die zugleich Teile und Ganzheiten sind, Holonen. In einem biologischen (auch gesellschaftlichen) System muss jedes Holon seine Individualität behaupten, um die geschichtete Ordnung aufrechtzuerhalten, doch muss es sich auch den Anforderungen des Ganzen unterwerfen, um das System lebensfähig zu machen.

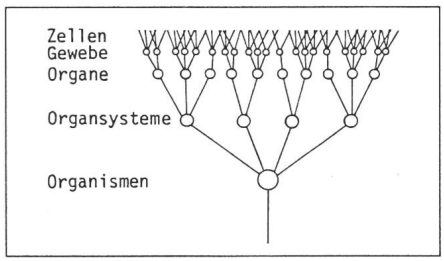


Fig. 3 Systembaum
Holistische (ganzheitliche) geschichtete Ordnung mit Untersystemen, die in bezug auf ihre Teile Ganzheiten und Teile in bezug auf grössere Ganzheiten sind. Es herrscht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Integration und Selbstbehauptung, welches das biologische System flexibel und offen für den Wandel hält [1].

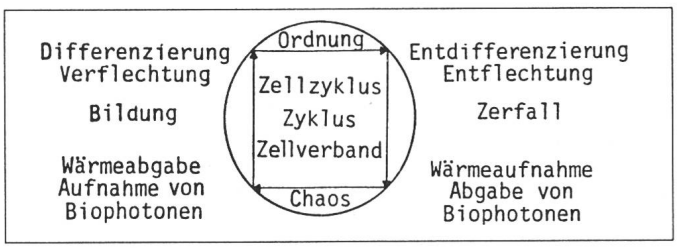
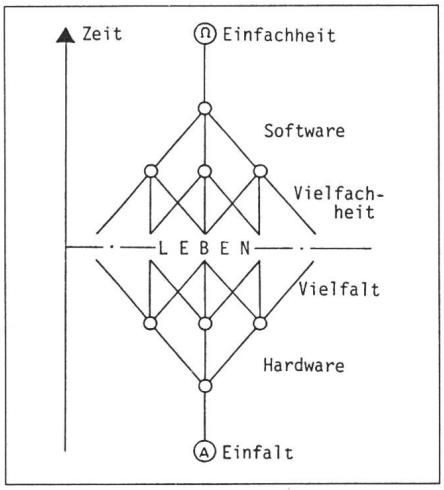


Fig. 2 Modell von Nagl und Popp zur Deutung der zyklisch ablaufenden Regulationsvorgänge in Zellen und Zellverbänden zwischen den Antagonisten «Ordnung» und «Chaos» [7a].

Fig. 4 Entwicklung von lebendigen Strukturen
Ausbreitung und Vervielfältigung im materiell-stofflichen Lebensbereich, Konzentration und Vereinfachung im nichtmateriellen Lebensbereich [3].



Beide Tendenzen sind gegensätzlich und doch komplementär. In einem gesunden System besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Integration und Selbstbehauptung, so dass das System flexibel und offen für den Wandel ist. *Capra* [1] beschreibt das Systembild des Lebens als Systembaum (Fig. 3).

Technische Systeme erreichen heute auch einen beträchtlichen Grad an Kompliziertheit und Differenziertheit, die allerdings, einmal erreicht, in gleichen Strukturen beibehalten und kaum mehr abgebaut werden (Problem der Abfallbeseitigung). Im Gegensatz dazu besitzen biologische Systeme die Fähigkeit, vom Einfachen (Keimzelle) zum Komplexen (Organismus) zu wachsen und am Ende ihrer Lebensdauer wieder zum Einfachen (Molekül, Atom) zurückzukehren (Fig. 4).

Biologen und Naturwissenschafter haben von jeher biologische Systeme beobachtet, sehr oft ihre Erkenntnisse philosophisch umgesetzt und allgemeingültig formuliert. Vor rund 40 Jahren schon hat *Teilhard de Jardin* [3] einen Systembaum des Lebens aus der philogenetischen Entwicklung des Menschen abgeleitet und gewagt, seine Erkenntnisse global und interdisziplinär auf philosophisch-weltanschaulicher Ebene weiterzuverfolgen. Gerade für den technikorientierten Spezialisten ist die Auseinandersetzung mit solchen Denkansätzen in seiner Aus- und Weiterbildung unabdingbar, will er nicht wegen seiner Spezialisierung riskieren, den Blick aufs Ganze zu verlieren.

3. Bioelektronische Messverfahren

Um quantitative Aussagen über den dynamischen Zustand und die Eigenschaften eines biologischen Systems machen zu können, braucht es Messverfahren [10; 11], die erlauben:

- das ganze System dynamisch oder aufgeteilt in Untersysteme messtechnisch zu erfassen,
- das Wachstum, die Vermehrungsfähigkeit, die Stoffwechselprozesse und die übrigen Lebensfunktionen durch die Messung weder zu beeinträchtigen noch zu beeinflussen.

Praktisch lassen sich diese Anforderungen mit keinem physikalischen Messverfahren erfüllen, weil jede Messung, wenn auch nur minime, Energieänderungen im zu messenden System verursacht.

Zwei Möglichkeiten eröffnen sich, je nach Zustand und Eigenschaften des biologischen Systems, die Systemgrössen zu messen, nämlich:

- geringe Reizung und damit minimale Wechselwirkungen mit dem System, damit die Einflüsse möglichst klein, aber doch nicht vernachlässigbar sind, so dass sich das System entsprechend anpassen kann, ohne einen vollständig neuen Zustand anzunehmen.
- bewusst massive Reizung und damit Störung des Systems, um die Systemantwort auf die Störung bestimmen zu können.

Dynamische, elektrophysikalische Effekte [12; 13] eignen sich hervorragend, den dynamischen Zustand eines biologischen Systems messtechnisch zu erfassen (Tab. IIa...IId), weil:

Anwendungen von Wandlereffekten in der Biomedizin Tabelle IIa

Mechanoelektrische Wandlung	Elektromechanische Wandlung
- Piezoelektrizität - Pyroelektrizität	- Piezoelektrizität - elektrothermische Effekte - elektrokinetische Effekte
- Ultraschalldiagnostik - Thermographie - Phonokardiographie - Audiologie	- Ultraschalldiagnostik - Ultraschalltherapie

Anwendungen von Photonen in der Biomedizin Tabelle IIc

- Photonenabsorption - Fluoreszenz - Phosphoreszenz - Biolumineszenz - Biophotonenemission
- Biophotonenmessung - Spektroskopie

Anwendungen von Leitereffekten in der Biomedizin Tabelle IIb

Ionenleitung	Protonenleitung	Elektronenleitung
- Anionenleitung - Kationenleitung	- freie H^+-Ionen in wässrigen Lösungen	- Intrinsicleitung - Extrinsicleitung - org. Supraleitung
- Iontophorese	- pH-Wert	- Elektrophorese - Strommessung - Potentialmessung - Impedanzmessung - Ladungsmessung - Elektromyographie - Elektrookulographie - Elektroretinographie

Anwendungen von elektromagnetischen Feldern in der Biomedizin Tabelle IId

Elektrische Felder	Magnetische Felder	Elektromagnetische Felder
- Coulombkräfte	- Lorentzkräfte - Elektronenspin - Kernspin	- HF-Felder - Mikrowellen
- E-Feldmessung - Elektrokardiographie - Elektroencephalographie	- H-Feldmessung - Magnetokardiographie - Magnetoencephalographie - Kernspin-Tomographie - Magnetotherapie	- HF-Therapie - Mikrowellentherapie

- die biologischen Systeme als materielle Gebilde über sehr grosse Mengen an gebundenen und freien Ladungsträgern, meistens relativ bewegliche Elektronen oder in wässrigen Lösungen Ionen und Protonen verfügen [13]
- elektrische Leitungsphänomene und Wechselwirkungen mit elektromagnetischen Feldern zu einem grossen Teil für den elektrobiologischen Zustand des Systems verantwortlich sind
- Wechselwirkungen mit der Umwelt praktisch immer über Effekte erfolgen, die die Ladungsträger im biologischen System betreffen und dynamisch genügend schnell erfassbar sind
- andere physikalische Effekte relativ einfach in elektrophysikalische gewandelt und registriert werden können
- die Messungen heute ausschliesslich mit elektronischen Messeinrichtungen durchgeführt und mit elektronischer Datenverarbeitung ausgewertet werden.

Die biomedizinische Technik, die sich zentral mit dem biologischen System Mensch befasst, verfügt heute über eine ganze Palette von elektrophysikalischen Messverfahren [14; 15], die direkt am Menschen eingesetzt werden [Tab. III]. So liefern sie einerseits zeit- und ortsabhängige Messwerte von bestimmten Körperregionen oder Organen, andrerseits zweidimensionale Bilder von physikalischen Zuständen des Körpers, die je nach Verfahren mit und ohne Wechselwirkungen mit äusseren Energieformen zustande kommen. Daneben gibt es im klinischen Labor eine ganze Reihe von elektrophysikalischen Messverfahren (pH-Wertmessung, Elektro- und Iontophorese usw.), bei denen Produkte des menschlichen Körpers quantitativ untersucht werden.

Die Auswertung der Messergebnisse und Bilder erfolgt dann weitgehendst als medizinischer Status im Rahmen der ärztlichen Diagnose. Die dabei zwangsläufig entstehende Datenreduktion kann bisweilen recht massiv ausfallen, so dass von der Fülle an Messergebnissen nur noch ein kleiner Teil genutzt wird, um den dynamischen Zustand des Systems Mensch zu

Direkte elektrophysikalische Messverfahren in der Biomedizin (Auswahl) Tabelle III

Elektrophysiologische Messverfahren	**Zielorgan**	**Messgrösse**	**Sensor**	**Information**
Elektrokardiographie (EKG)	Herz	Potential	Elektroden	Amplitude/Zeit
Elektroencephalographie (EEG)	Hirn	Potential	Elektroden	Amplitude, Frequenz/Zeit
Elektromyographie (EMG)	Muskel	Potential	Elektroden	Frequenz, Leistung/Zeit
Elektrookulographie (EOG)	Augapfel	Potential	Elektroden	Amplitude/Zeit
Elektroretinographie (ERG)	Netzhaut	Potential	Elektroden	Amplitude/Zeit
Elektroakupunktur (EAP)	Hautpunkte	Widerstand	Elektroden	Amplitude, Phase/Zeit, Ort
Elektrodermatographie (EDM)	Hautbezirke	Widerstand	Elektroden	Amplitude, Phase/Zeit, Ort
Weitere physiologische elektronische Messverfahren				
Blutdruckmessung	Kreislauf, Herz	Druck	Druckwandler	Amplitude/Zeit, Ort
Atemfrequenz	Lunge	Dehnung	Dehnungswandler	Amplitude/Zeit
Körpertemperatur	Haut	Temperatur	Thermofühler	Amplitude/Zeit
	Kern	Temperatur	Thermofühler	Amplitude/Zeit
Phonokardiographie	Herz	Schalldruck	Mikrophon	Amplitude/Zeit
Blutflussmessung mit Ultraschall	Kreislauf	Fluss (Dopplerfrequenz)	Ultraschallwandler	Amplitude, Frequenz/Zeit
elektromagnetische	Kreislauf	Magn. Induktion	Spule	Amplitude/Zeit
Nichtionisierende bildgebende elektronische Diagnoseverfahren				
Ultraschalldiagnostik (US)	Organe	Wechseldruck	Piezoel. Wandler	Amplitude, Leistung/Zeit, Ort
Kernspintomographie (NMR)	Organe	Magnetfeld	Spule	Frequenz (Zeit)/Zeit, Ort
Thermographie	Haut	Wärmestrahlung	Pyroel. Wandler	Energie/Ort, Zeit

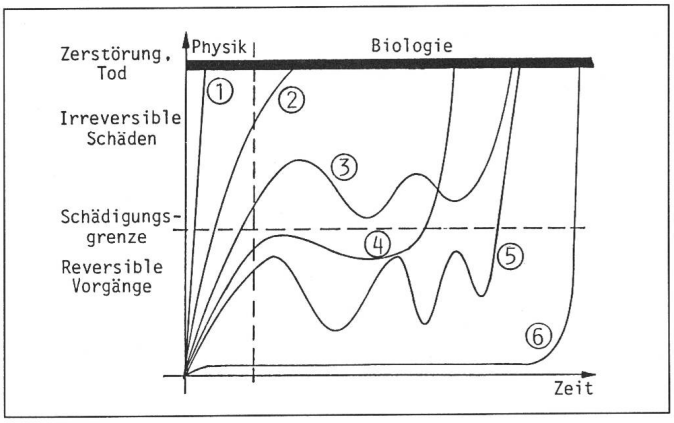


Fig. 5 Physikalisch-biologisches Verhalten von biologischen Systemen

Äussere und innere Reize beeinflussen jedes biologische System in Anlehnung an Sarvazyan [26]:

1 Kurzfristig massiver Reiz führt zu irreversiblen physikalischen Schäden, die zur Zerstörung des Systems führen (physischer Tod).
2 Massiver, weniger rasch einwirkender Reiz ergibt irreversible, morphologische Änderungen, die das Kompensationsvermögen des biologischen Systems überschreiten und so zur Zerstörung führen.
3 Längerdauernde, mehrmalige massive Reize führen zu irreversiblen Schäden und zu einer späteren Zerstörung.
4 Reize, deren Stärke unter der Schädigungsgrenze liegen, führen bei erhöhter Belastung zur Zerstörung.
5 Reize, die mehrmalig an die Schädigungsgrenze führen, können bei erneuter Belastung die Kompensationsfähigkeit des biologischen Systems erreichen und rasch zur Zerstörung führen.
6 Minime Reize bleiben im reversiblen Bereich, bis durch biologische Alterungsprozesse die Grenze erreicht wird.

beschreiben. Mit neueren elektronischen Mess- und Diagnoseverfahren wie Ultraschall-Blutflussmessungen, Kernspin-Spektroskopie usw., gelingt es, nichtinvasiv (nicht zerstörend) gewisse dynamische Zustandsänderungen des Kreislaufsystems und Stoffwechselvorgänge in den Muskeln und im Gewebe des lebenden Körpers zu bestimmen. Die dabei anfallenden zusätzlichen Daten bereiten vielerorts Schwierigkeiten, weil der Mediziner bei seiner Ausbildung wohl mit dem biochemischen Status des menschlichen Körpers, aber kaum mit der Informationsauswertung von dynamischen, biophysikalischen, elektronischen Mess- und Bildverfahren vertraut gemacht wird. Eine Neuorientierung der Medizin lässt sich nicht vermeiden, sollen diese technisch aufwendigen, in Anschaffung und Unterhalt meist sehr teuren Verfahren effizient eingesetzt werden.

Mit zunehmendem Erfolg werden eine ganze Reihe weiterer elektrophysikalischer Messverfahren, die den elektrobiologischen Systemzustand des Menschen erfassen, in Teilgebieten der Medizin eingesetzt. Dabei wird das holistische Prinzip, dass der Mensch ganzheitlich in seiner Umgebung als Teil der Biosphäre lebt, konsequent angewendet. Elektrobioklimatologische Umwelteinflüsse [16; 17] wirken wie alle anderen dauernd auf den Menschen ein, so dass der menschliche Körper permanent auf die äusseren Reize mehr oder weniger stark reagieren muss [18]. Diese zum Teil synchronisierenden Reize [19] können in sehr kurzer Zeit (z.B. Blitzschlag) oder nach längerer Entwicklung (z.B. thermische Schäden) zum Tode führen (Fig. 5). Sie können aber auch stimulierend (z.B. Sonnenlicht) oder heilend (z.B. elektromagnetische Kurzwellentherapie) wirken.

Einteilung der Akupunktur Tabelle IV

Klassische Akupunktur			Moderne Akupunktur	
Punktmassage	Nadelakupunktur	Moxatherapie	Elektroakupunktur	Laserakupunktur
- Stimulation mit Massage	- Stimulation der Akupunkturpunkte mit Nadeln - Hautnadel - Dreikantnadel - Feuernadel - Fächernadel - Nadelanalgesie	- Stimulation der Akupunkturpunkte mit Hitze	- Stimulation der Akupunkturpunkte mit elektrischem Strom	- Stimulation der Akupunkturpunkte mit Laserlicht
chin. Nadel	jap. Nadel	franz. Nadel		
- Stahl - Länge versch. - ∅ 0,2–0,8 mm	- Stahl - Länge: 30–90 mm - ∅ 0,15–0,25 mm	- Gold/Silber - Länge: 30 mm - ∅ 0,45 mm		
Diagnose:	- Befragen - Beobachten - Hören - Riechen - Tasten - Pulsdiagnostik: 12 Qualitäten rechts/links		Diagnose: - Übersichtsdiagnostik - Bioelektronische Funktionsdiagnostik - Impulsdermatographie - Punktleitwertdiagnostik - Diagnostik mit Organpräparaten/ Nosoden	
Therapie:	- Nadel - Hitze (Moxen) - Heilkräuter - Nadelanalgesie		Therapie: - niederfrequente Elektropulstherapie 0,9...10Hz - allopathische/-homöopathische Medikamente - Organpräparate - Stoffwechselprodukte - Elektrische Nadelanalgesie	

Einteilung der Elektroakupunktur nach diagnostischen und therapeutischen Gesichtspunkten Tabelle V

Diagnostik		Therapie		
Übersichtsdiagnostik	Organspezifische Diagnostik	Elektrotherapie	Elektrische Nadelanalgesie	Medikamente

- elektrische Flächenleitwertmessung
- Mehrfach-Oberflächen-Ableitungen
  - Impedanzmessung
  - Potentialmessung
  - Strommessung
- Bioelektronische Funktionsdiagnostik
- Impulsdermatographie
- Decodermessung
	- elektrische Punktleitwertmessung
	- Bestimmung
	  - Gleichstromwiderstand
	  - Wechselstrom-impedanz
	- Messstrom: ... µA
		- niederfrequenter elektrischer Strom
		  - positive Pulse
		  - negative Pulse
		  - Wechselpulse
		- Strom: µA...mA
			- Schmerzunterdrückung mit niederfrequentem elektrischem Strom
			  - Wechselpulse
			- Strom: µA...mA
				- Prüfung
				  - Verträglichkeit
				  - Dosierung
				- allopathische Medikamente
				- homöopatische Medikamente
				- Werkstoffe (Zahnmedizin, Implantate)
				- Reaktionen

4. Elektroakupunktur

Am Beispiel der Elektroakupunktur soll nun gezeigt werden, dass auch mit relativ einfachen, dynamischen, elektrophysikalischen Verfahren die elektrobiologischen Zustandsgrössen an bestimmten Punkten auf der Hautoberfläche des Menschen (auch bei Tieren) erfasst und beeinflusst werden können.

4.1. Begriffe

Die Elektroakupunktur [20; 21] ist ein Zweig der modernen Akupunktur (Tab. IV), die von *Croon, Voll, Van Nghi* und vielen anderen im Westen aus der klassischen östlichen Akupunktur entwickelt wurde [20...24] (Tab. V). Der Begriff Akupunktur stammt aus den lateinischen Wörtern acus für Nadel und pungere stechen.

Ursprünglich wurden Nadeln in umschriebene Schmerzpunkte gestochen (Locus-Dolendi-Stechen), um so den Schmerz zu lindern oder zu beseitigen. Im Laufe von Ärztegenerationen entstand dann die chinesische Akupunktur aus der Beobachtung, dass bestimmte Schmerzpunkte mit bestimmten Organerkrankungen in Verbindung stehen. Dies führte schliesslich zur reflektorischen Beeinflussung von Organen im Körperinnern durch Einstechen spitzer Nadeln in bestimmte, genau lokalisierte Stellen der Haut. Somit ist die Akupunkturlehre eine im alten China seit rund 2400 Jahren empirisch erarbeitete medizinische Systemtheorie, die den Menschen ganzheitlich in seiner Umgebung und in bezug zum Kosmos betrachtet. Sie wurde erstmals im Nei-Ching schriftlich gegen Ende der Han-Dynastie (206 v. Chr.–220 n. Chr.) niedergelegt [23]. Die zugrunde liegenden Leitvorstellungen und Ordnungsprinzipien basieren auf den drei grossen naturphilosophischen Richtungen Chinas: Tao, Yang-Yin und Fünf-Elemente-Lehre.

4.2. Ziel der Akupunktur und Elektroakupunktur

Ziel der Akupunktur ist die Wiederherstellung gestörter Körperfunktionen durch das Einstechen von Nadeln in genau festgelegte Akupunkturpunkte, die nach empirisch gefundenen Regeln definiert sind. Nach Auffassung der östlichen, ganzheitlichen Philosophie sollen dadurch die durch Krankheiten, Einwirkungen von äusseren Energien oder durch innere, seelisch bedingte Ungleichgewichte verursachten Störungen der Energieflüsse im Körper behoben werden.

Bei der Elektroakupunktur wird elektrischer Strom, der die gleiche Wirkung wie die Nadeln hat, verwendet. Die Anwendung der Elektrophysik und Elektronik ermöglicht dadurch den Übergang der rein empirischen östlichen Akupunktur zur mehr apparateorientierten, quantitativ beschreibenden westlichen Elektroakupunktur.

4.3. Leitvorstellungen und Ordnungsprinzipien der Akupunktur

Im folgenden soll kurz auf die Begriffe und ihre Bedeutung nach der Beschreibung von *H. Schmidt* [23] eingegangen werden:

Tao: Der chinesische Begriff des Tao umfasst das oberste dynamische Ordnungs- und Regulationsprinzip, das sich in allen Gegebenheiten der Welt im Mikrokosmos und im Makrokosmos ausdrückt. Dahinter steht eine holistische, ganzheitliche Betrachtungsweise, das ein Teil die gesamte Information des Ganzen enthält.

Der menschliche Organismus stellt ein Ordnungssystem dar, das auf den gleichen Gesetzmässigkeiten wie die ihn umgebende Natur beruht. Der Mensch muss im Einklang mit der sich dauernd neugestaltenden Natur befinden, um sich durch richtige Lebensführung vor Schaden zu bewahren. Dementsprechend ist die Akupunktur ein medizinisches, kombiniertes Diagnose- und Therapieverfahren, das den Ganzheitscharakter von Lebewesen betont.

Yang-Yin: Yang bedeutet ursprünglich die sonnenbeleuchtete Seite eines Berges, heute das Helle, die Wärme, die Luft, das dynamische, positive, erzeugende, männliche Prinzip. Yin bedeutet umgekehrt die Schattenseite eines Berges, das Dunkle, die Kälte, das Wasser, das passive, negative, empfangende, bewahrende, weibliche Prinzip. Yang und Yin sind in gegenseitiger Abhängigkeit Komponenten jeder Ganzheit (Tao) und somit dual zueinander. Es gibt kein reines Yin und kein reines Yang: Yin ist im Yang, Yang im Yin als Kern enthalten und geht aus diesem hervor (Fig. 6).

In der chinesischen Medizin dienten Yang und Yin als Ordnungsprinzip. Zusammen mit den Quantitätsunterschieden Fülle und Leere beschreiben

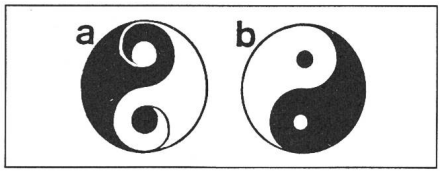


Fig. 6 Altchinesische Darstellung von Yin und Yang als Komplemente eines Ganzen

Es gibt kein reines Yin und kein reines Yang; im Yin ist das Yang, im Yang das Yin enthalten und geht aus ihm hervor.

a Tai-Chi-Symbol

b Klassische Symboldarstellung der Monade im Wechselspiel zwischen zwei Polen

sie vier Zustände und Systemgruppen (Tab. VI).

Weiter werden die dualen Begriffe
- Energie (regulierende Nervenkraft, die den Tonus von Gefässen und Gewebe reguliert) und Blut (zirkulierende Körperflüssigkeiten)
- Hitze (Fieber, Entzündung, Hitzegefühl, übermässige Durchblutung) und Kälte (Kältegefühl, mangelhafte Durchblutung)

unterschieden.

Fünf-Elemente-Lehre: Die Fünf-Elemente-Lehre fusst auf dem alten mystischen Glauben an die Macht der fünf Planeten Jupiter, Mars, Saturn, Venus und Merkur, denen die fünf Elementargottheiten Holz, Feuer, Erde, Metall und Wasser unterstanden. Diese Elemente galten in der chinesischen Naturphilosophie als Prinzipien einer fünfgliedrigen Weltordnung und fanden in Entsprechungstabellen ihren Niederschlag (Tab. VII).

In der Medizin wurden den fünf Elementen die fünf Yang-Organe, die fünf Yin-Organe und die nach ihnen benannten Meridiane sowie je fünf Meridianpunkte zugeordnet. Die Organe Herz und Kreislauf sowie Dünndarm und Drei-Erwämer (zentrales Hohlorgan in Magennähe mit Namen, aber ohne Form) wurden als zusammengehörig betrachtet. Je nach Aufeinanderfolge ergeben sich zwei Kreisläufe (Fig. 7):
- Erzeugender, helfender Kreis:
  Feuer - Erde - Metall - Wasser - Holz - Feuer
  Herz/Kreislauf - Milz/Pankreas - Lunge - Nieren - Leber - Herz/Kreislauf
  Dünndarm/Drei-Erwärmer - Magen - Dickdarm - Blase - Gallenblase - Dünndarm/Drei-Erwärmer
- Zerstörender, bedrohlicher Kreis:
  Feuer - Metall - Holz - Erde - Wasser - Feuer
  Herz/Kreislauf - Lunge - Leber - Milz/Pankreas - Nieren - Herz/Kreislauf
  Dünndarm/Drei-Erwärmer - Dickdarm - Gallenblase - Magen - Blase - Dünndarm/Drei Erwärmer

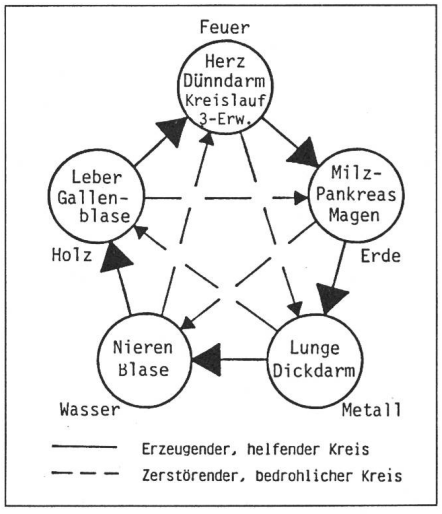


Fig. 7 Pentagramm der Organe und zugehörige Elemente

Mit erzeugendem, helfendem Kreis (ausgezogen) und zerstörendem, bedrohlichem Kreis (gestrichelt) [23].

Tao, Yang und Yin als Ordnungsprinzip [23] Tabelle VI

	Tao			
Ordnungsbegriff	Yang		Yin	
allgemein	Geist Energie Hitze		Körper Blut (Körpersäfte) Kälte	
Körperregionen	Körperoberfläche: - Haut - obere Muskelschicht obere Körperhälfte Rückseite linke Körperseite		Körperinneres: - tiefere Muskelschicht - Knochen - Körperhöhlen untere Körperhälfte Vorderseite rechte Körperseite	
Organe	Magen Dickdarm Harnblase Gallenblase Dünndarm		Milz-Pankreas Lunge Herz Nieren Leber	(rel. Yang) (abs. Yin)
Verhaltensweise	aktiv		passiv	
Gemütslage	heiter		traurig	
Krankheitsverlauf	akut, dynamisch		chronisch, schleichend	
	Yang-Fülle	Yang-Leere	Yin-Fülle	Yin-Leere

Ordnungsschema der chinesischen Fünf-Elementen-Lehre [23] Tabelle VII

Planeten	Jupiter	Mars	Saturn	Venus	Merkur
Ordnungsbegriff					
Elemente	Holz	Feuer	Erde	Metall	Wasser
Klima	Wind	Hitze	Feuchtigkeit	Trockenheit	Kälte
Organe	Leber	Herz	Milz-Pankreas	Lunge	Nieren
Hohlorgane	Gallenblase	Dünndarm	Magen	Dickdarm	Blase
Sinnesorgane	Augen	Zunge	Mund	Nase	Ohren
Körpergewebe	Muskel	Blutgefässe	Unterhaut-gewebe	Haut	Knochen

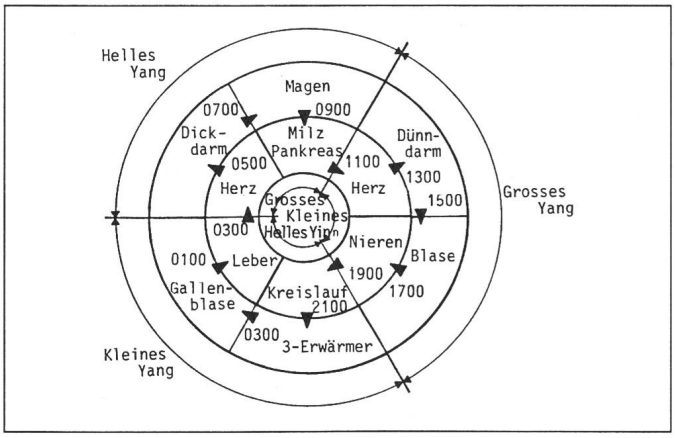


Fig. 8 Schematische Darstellung des Meridian-Energie-Kreislaufes, den die Organe im 24-Stunden-Rhythmus durchlaufen.

Beginn der Organ-Maximalzeiten (max. Arbeitsleistung eines Organs während einer Doppelstunde mit anschliessender Ruhezeit) um 0300 mit Maximalzeit der Lunge [23]. Chronobiologische Phänomene und circadiane (ungefähre Tages-)Rhythmen sind bei vielen biologischen Vorgängen bekannt [19].

4.4. Elemente der Akupunktur

In der klassischen Akupunktur werden 14 Meridiane und rund 700 Akupunkturpunkte unterschieden, die unter sich auch weiter verknüpft sein können.

Meridiane sind empirisch ermittelte Linien auf der Körperoberfläche, die bestimmte Akupunkturpunkte untereinander und mit dem entsprechenden Organ verbinden. Es gibt 12 beidseits der Mittellinie des Körpers verlaufende Meridiane, die von den Fingerspitzen über Hände, Arme oder über Zehenspitzen, Füsse, Beine zum Rumpf und über den Rumpf hinweg in Längsbahnen zum Kopf führen. Sie sind nach traditioneller Meinung die Hauptstrombahnen der Energie, die in einem 24-Stunden-Turnus einen streng definierten Rhythmus durchlaufen (Fig. 8). Daneben gibt es zwei Sondermeridiane (Gouverneur- und Konzeptionsgefäss), die entlang der Mittellinie auf der Vorder- und Rückseite des Rumpfes bis zum Kopf verlaufen und die Aufgabe haben, den Energiestrom in den übrigen Meridianen zu regeln.

Die Meridiane werden in ihrer Funktionsweise durch definierte Regeln beschrieben. Es sind dies:

- *Mutter-Kind-Regel:* Im erzeugenden, helfenden Kreis ist ein Organ die Mutter, das darauffolgende das Kind (z.B. Nieren-Mutter und Leber-Kind). Für die Therapie ergeben sich entsprechend Regeln, dass bei Unterfunktion eines Organs das in der Kreisbewegung folgende zu tonisieren (anregen), bei Überfunktion eines Organs das vorangegangene zu dispergieren (dämpfen) ist.
- *Oppositionsregel:* Im zerstörenden, bedrohlichen Kreis sind die aufeinanderfolgenden Organe Antagonisten (Gegenspieler); ein zu schwach arbeitendes Organ führt zu einer verstärkten Tätigkeit des folgenden.
- *Kopplungsregel:* Je ein Yang- ist mit einem Yin-Meridian an einer Extremität (Hand, Fuss) gekoppelt.
- *Meridianpaar-Regel:* Je ein Yin-Meridian der Hand ist mit einem Yin-Meridian des Fusses, je ein Yang-Meridian der Hand mit dem entsprechenden Yang-Meridian des Fusses gekoppelt.
- *Ehemann-Ehefrau-Regel:* funktionelle Partnerschaft zwischen Yang- und Yin-Meridian der rechten und linken Puls-Teststrecke am Vorderarm.
- *Mittag-Mitternacht-Regel:* Alle Meridiane sind funktionell in Wechselbeziehungen innerhalb der 24-Stunden-Meridianuhr (Fig. 8).

Akupunkturpunkte: Nach *Kramer* [20] liegen 360, nach *Schmidt* [23] 340 klassische Akupunkturpunkte auf den 12 Meridianen und 2 Gefässen. Die übrigen sind auf der restlichen Körperoberfläche verteilt. In der modernen Akupunktur werden weiter unterschieden: 117 Punkte ausserhalb der klassischen Meridiane, 110 neue Punkte, 18 Handpunkte und 110 Ohrpunkte.

Die Akupunkturpunkte können einzeln oder in Gruppen entlang des gleichen Meridians messtechnisch erfasst oder beeinflusst werden. Ihnen sind nach der Akupunkturlehre Zustände und Funktionen der inneren Organe zugeordnet, die je nach Therapie durch Tonisieren oder Dispergieren mit Nadeln unterschiedlicher Werkstoffe (Stahl, Gold und Silber) und Kaliber, elektrischem Strom mit unterschiedlicher Polarität, Amplitudenform und Frequenz, Laserlicht, Hitze (Moxibustion) oder Druck beeinflusst werden.

4.5 Wirkung der Elektroakupunktur

Über den Wirkungsmechanismus der Akupunktur gibt es unterschiedliche Theorien und Ansichten. Sie reichen von der Beeinflussung der elektrochemischen Wirkungskette im zentralen Nervensystem [8] durch Endorphine (vom Körper selbst erzeugte, morphiumähnliche chemische Substanzen) bis zu einem zusätzlichen analogen Reizleitungssystem, das nach Becker [25] parallel zum digitalen Nervensystem verlaufen soll. Gesichert ist allerdings, dass die Akupunktur dort wirksam ist, wo das vegetative Nervensystem beeinflusst wird [23]. Dies betrifft speziell die psychosomatischen Beschwerden, die die Medizin auch als funktionelle Beschwerden bezeichnet. Sie kann daher nur dort funktionell eingreifen, wo noch keine Zerstörungen oder Materialisationen (Steine, Tumore usw.) vorliegen.

4.6. Elektrische Messmethoden in der Elektroakupunkturdiagnostik

Heute werden in der Elektroakupunkturdiagnostik hauptsächlich die zwei elektrischen Messmethoden

- Bestimmung des Hautflächenleitwertes und
- Bestimmung der Akupunkturleitwerte

angewendet. Beide Methoden basieren auf der Messung des Gleichstromwiderstandes oder der Wechselstromimpedanz über die Hautoberfläche.

Die Haut des Menschen (auch anderer Lebewesen) ist ein sehr komplexes Gebilde [20]. Sie bildet die Systembegrenzung zur Umwelt und unterliegt mehrfachen Wechselbeziehungen mit ihr. Ihre Anatomie [20; 26] ist ebenso vielschichtig wie ihre Physiologie [27; 28], und dementsprechend vielfältig sind ihre Funktionen:

- Mehrfacher Schichtaufbau der Haut von aussen nach innen mit Oberhaut mit Deckgewebe und Lederhaut mit Bindegewebe, daran anschliessend die Unterhaut mit Bindegewebe
- Träger von Anhangsorganen wie Haaren, Nägeln, Talg- und Schweissdrüsen
- Mechanischer Schutz durch Hornhaut und Fettpolster
- Wärmeschutz: Wärmeisolation, Verdunstung, Regulation der Blutzirkulation
- Schutz vor Flüssigkeitsverlust

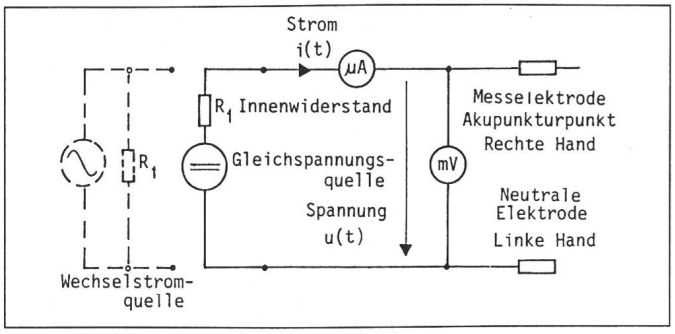


Fig. 9
Messanordnung zur Bestimmung des Hautflächen- und Punktleitwertes

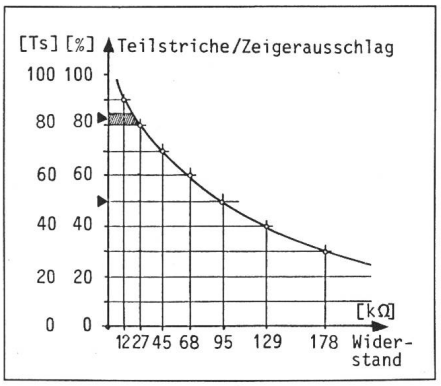


Fig. 10 Eichkurve für Elektroakupunktur-Widerstandsmessungen mit nichtlinearen Zusammenhängen

In der Medizin sind Teilstriche (Ts) die gebräuchliche Einheit. Sie entsprechen dem auf dem Instrument abgelesenen Stromspannungswert in Prozenten des Vollausschlages.

Eichwerte für Strom-Spannungszusammenhang s. Tab. VIII

Normalwert für Hautflächenleitwert:
80...85 Ts (min. etwa 20 kΩ)
Übererregter Zustand:
85...100 Ts
Untererregter Zustand:
unter 80 Ts

Normalwert für Punktleitwert:
50 Ts (etwa 100 kΩ)
Physiologischer Funktionsbereich:
42...80 Ts

- Strahlenschutz: Pigmentierung abhängig von Lichtintensität
- Bakterienschutz: mechanische Barriere, Säuremantel
- Druck-, Berührungssinn: Zug- und Druckrezeptoren
- Temperatursinn: Wärme- und Kälteempfindung
- Schmerzsinn: Oberflächen-, Tiefen-, Eingeweideschmerz

Hinzu kommen die Wechselbeziehungen des Gasaustausches (Hautatmung) und der Elektrobiologie (Elektromagnetische Felder, Ladungsträger).

Bestimmung des Hautflächenleitwertes

Die Bestimmung des Hautflächenleitwertes [20] erfolgt über die Messung des Gleichstromwiderstandes zwischen rechter und linker Hand mit Messingelektroden (Fig. 9). Dabei wird der Widerstandswert in der Grössenordnung von Kiloohm bis Megohm auf 100% Zeigervollausschlag normiert und in 100 Teilstriche eingeteilt (Fig. 10). Der Normalbereich liegt für die Hautflächenleitwertmessung für einen gesunden Menschen zwischen 80 bis 85 Teilstrichen (etwa 20 kΩ), wobei mindestens 80 Teilstriche erreicht werden müssen, falls man zuverlässige Werte für die Elektroakupunktur erhalten will. Wird der Bereich überschritten, wird der Grundzustand als übererregt bezeichnet und muss während rund 15 min abgebaut werden (Ableitung von Energie). Dies wird dadurch erreicht, dass über die Handelektroden gepulster Gleichstrom mit positiver Polarität, einer Frequenz von 9–10 Hz und kleiner Amplitude, in der Grössenordnung von einigen 10 µA, dem Körper zugeführt wird.

Wenn der Normalbereich unterschritten wird, muss der untererregte Zustand aufgebaut werden (Zuführen von Energie), bevor überhaupt zuverlässig Elektroakupunktur betrieben werden kann. In diesem Falle wird über die Handelektroden gepulster Gleichstrom mit negativer oder mit negativ-positiv wechselnder Polarität, einer Frequenz von 10 Hz oder als sinusmodulierte Frequenz von 0,9...10 Hz mit einer Halbperiode von 3 min und einer Amplitude von einigen µA bis mA in den Körper eingespeist.

Die Hautflächenleitwertmessung wurde von *Schmidt, Jahnke* und anderen zu einer eigenständigen Diagnosemethode weiterentwickelt [20; 29; 30]. Sie wird heute als Bioelektronische Funktions- und Regulationsdiagnostik bezeichnet. Die physiologischen Grundlagen dazu hat *Pischinger* [31; 8] mit seiner Theorie über das System der Grundregulation geliefert. Nach seinen Erkenntnissen sind das Bindegewebe und die extrazellulären Flüssigkeiten von zentraler Bedeutung für die dynamische und empfindliche Regelung des gesamten übrigen Systems. Die Bioelektronische Funktions- und Regulationsdiagnostik ermöglicht Hinweise über die Basisfunktion des Grundsystems mit seinem elektrolytchemischen Kolloid-Millieu [32], dessen dynamisches Fliessgleichgewicht zwischen Sol- und Gel-Zustand für die Ladungszustände der Zellmembranen und als Summe davon für das gesamte Gewebepotential (pH-Wert usw.) verantwortlich ist.

Bei der Impulsdermographie [29] wird zudem jede Messstrecke zuerst mit negativen, dann mit positiven Gleichstrompulsen von 10 Hz gereizt. Die Höhe und Form der Systemantwort gibt Aufschluss über Rückströme und Potentialdifferenzen zwischen den Elektroden, die diagnostische Interpretationen über den Zustand des elektrobiologischen Systems des Menschen und damit über seinen Gesundheitszustand zulassen. Eine Automatisierung der Mehrfach-Messstellenmessung wird mit dem Decoderdermographen erreicht, der erlaubt, mehrfache ganze Messprogramme zu registrieren.

Eichwerte für die Elektroakupunktur-Widerstandsmessung [20] Tabelle VIII

Spannung U [mV]	Strom I [µA]	Widerstand R [kΩ]
135	11,25	12
300	11,10	27
490	10,90	45
680	10,00	68
870	9,10	95
1090	8,45	129
1340	7,55	178
1640	6,60	250
2070	5,50	380

Bestimmung der Akupunkturleitwerte

Die Lage der Akupunkturpunkte [20, 21] kann durch die Messung des Gleichstromwiderstandes oder der Wechselstromimpedanz [33] der Hautoberfläche von Menschen und Tieren bestimmt werden. Wie bei der Hautflächenleitwertmessung besteht die Messeinrichtung aus einer Spannungs- oder Stromquelle, einem Messkreis mit Strom- und Spannungsmessung und einer neutralen Handelektrode aus Messing sowie einer verschiedenartig geformten Messelektrode mit unterschiedlichem Querschnitt. Statt eines

einfachen Messkreises können auch Brückenschaltungen verwendet werden, die manuell oder automatisch abstimmbar sind. Bei der Messung sind verschiedene Punkte zu berücksichtigen, sollen nicht massive Messfehler entstehen:

- Der mechanische Elektrodendruck soll ein bestimmtes Mass erreichen, aber eine genügend grosse Toleranz bei Erhöhung des Druckes aufweisen (Grössenordnung der auf die Elektrode wirkenden Kraft 100...200 Pond). Je nach Elektrodendurchmesser entstehen unterschiedliche Drücke, wobei die 3-mm-Messing-Rundkopfelektrode sehr gute Resultate ergibt [21].
- Bei Gleichstrommessungen wirkt sich über längere Messzeiten die Polarisation aus und verursacht Veränderungen der Widerstandswerte. Wechselstrom- oder Pulsstrommessungen vermeiden von vorneherein diesen allfälligen Messfehler.
- Je nach Zustand der zu messenden Hautstelle (Feuchtigkeit, Creme usw.) ergeben sich unterschiedliche Hautübergangswiderstände.
- Das Material der Elektroden muss gleich sein (Messing oder Silber), sonst ergeben sich zusätzliche Polarisations- und Thermospannungen durch die elektrolysierende Wirkung der Körpersäfte.
- Die Ablesung des Widerstandswertes darf erst nach Erreichen eines durch Druckanstieg und Anpassdauer gegebenen Plateaus erfolgen, bevor der Wert des Stromes wieder zeitlich abfällt.

Mehlhardt [33] hat verschiedene weitere Einflussgrössen untersucht, von denen einige erwähnt seien:

- Akupunkturpunkte (nach *Croon* Reaktionsstellen) haben signifikant unterschiedliche Impedanzwerte gegenüber normalen Hautstellen bei Frequenzen von 10 Hz bis 9 kHz.
- Nach Einwirken von verschiedenen Chemikalien (Kochsalz, Aqua dest., Äther, Benzin) erreichen die Akupunkturpunkte nach Minuten bis max. sechs Stunden wieder ihre ursprünglichen Impedanzwerte.
- Bei einer kreisförmigen Elektrodenkontaktfläche mit einem Durchmesser von 2,5–3 mm ändert sich der Widerstand kaum noch, wenn der Durchmesser erhöht wird. Dies entspricht der Aussage, dass der eigentliche Punktbereich im Mittel einen Durchmesser von 2–3 mm hat [20].
- Je nach Dicke der Hornhautschicht kann die Impedanz zur Reaktionsstelle massiv ändern.

4.7 Auswertung der Punktmessungen

Die Auswertung der Messresultate der Punktleitwertmessungen erfolgt im Rahmen der ärztlichen Diagnostik innerhalb der Akupunktur-Systemlehre und der übrigen, anderweitig erfassten Befunde. Grundsätzlich bleibt die Aussage der Elektroakupunktur:

Weicht an einem oder mehreren Akupunkturpunkten der gemessene Gleichstromwert massiv vom normalen Wert von 50 Teilstrichen (rund 95–100 kΩ) ab, ist das elektrobiologische Fliessgleichgewicht gestört. Der Mensch kann krank sein, so dass weiter abgeklärt werden muss. Der Arzt und sein Patient sollten dann entscheiden, ob mit der Elektroakupunkturtherapie, d.h. durch Einspeisen von gepulstem Gleichstrom bestimmter Polarität, Amplitude und Frequenz in den Körper, versucht werden soll, die durch die Krankheit verursachten Abweichungen vom Normwert zu kompensieren und diese damit zu heilen. Daneben gibt es eine Reihe weiterer Behandlungsmöglichkeiten, wie homöopatische und allopathische Medikamente, Kräuter usw., deren Dosierung und Verträglichkeit ebenfalls durch Messung der Punktleitwerte getestet werden kann (Medikamententestung) [20].

4.8. Beurteilung der Elektroakupunktur

Die Elektroakupunktur ist ein elektrophysikalisches, dynamisches Verfahren in der Medizin, das erlaubt, aufgrund von elektrischen Widerstands- und Impedanzmessungen an bestimmten, genau definierten Punkten auf der Hautoberfläche Aussagen über die elektrobiologischen Eigenschaften und den Zustand von Menschen (Tieren) zu machen und elektrischen Strom in geeigneter Form als therapeutisches Hilfsmittel einzusetzen.

Als nichtinvasive Methode ermöglicht die Elektroakupunktur, in Ergänzung zu anderen Diagnoseverfahren den dynamischen Zustand des gesamten elektrobiologischen Systems des Menschen mit einfachen Mitteln ganzheitlich zu erfassen und in Relation zum Gesamtzustand zu bringen. Die elektronischen Hilfsmittel haben dabei den Schritt von der rein empirischen Akupunktur zur quantitativen, meist reproduzierbaren Elektroakupunktur gebracht. Trotzdem ist die Schnittstelle zwischen Mensch und Messeinrichtung (Therapieeinrichtung) heute noch zu sehr von Körperparametern abhängig, deren quantitative Erfassung noch ungenügend ist.

Bei mehreren Messstellen ist der zeitliche Messaufwand mit den heutigen Geräten unterschiedlich gross. Vom untersuchenden Arzt wird sehr viel Erfahrung verlangt, welche Messungen rasch, präzise und zuverlässig durchzuführen sind, um mit genügender Genauigkeit (Messfehler ± 5%) die Messgrössen des Körpers zu erfassen und auszuwerten. Verglichen mit anderen medizinischen Diagnoseverfahren ist der Anteil der *Heilkunst* überdurchschnittlich und verlangt vom Elektroakupunkturarzt mehr technisches und physikalisches Systemdenken.

Kleine, handliche Geräte, wie z.B. das ELAC 28, werden netzunabhängig betrieben, um den notwendigen Störabstand zum Netzbrumm (minimal 90...100 dB) zu erreichen und die Patientensicherheit zu gewährleisten (gepulster Gleichstrom in der Grössenordnung von rund 4 µA bei der Punktmessung).

Der Einsatz von rechnerunterstützten Messeinrichtungen, wie sie teilweise heute erhältlich sind, bringt eine weitere Verbesserung in Richtung Mehrstellenmessung und Signalzuordnung zu den Punkten. Damit kann die Messzeit verringert werden. Allerdings bleibt zu beachten, dass mit Mehrstellenmessungen Wechselwirkungen unter den Punkten über die Messeinrichtungen entstehen, die zu Fehlern führen oder die Messung überhaupt verunmöglichen können. Ebenso können elektrostatische Aufladungen, magnetische Felder von Transformatoren und Motoren kleinerer Leistung, Hochfrequenzfelder usw., starke Wechselwirkungen mit dem zu messenden Körper verursachen, so dass massive Messfehler entstehen. Diese Empfindlichkeit des Messverfahrens lässt sich einerseits rein technisch wegen der kleinen Signalgrössen mit ihrer Störanfälligkeit, andrerseits durch das Verhalten des Körpers erklären, der im allgemeinen auf kleine und kleinste Reize stärker als auf massive reagiert.

Die Elektroakupunktur kann bei funktionellen Beschwerden, die bis zu 80% aller Befunde in der Allgemeinpraxis ausmachen können, Vorteile gegenüber anderen therapeutischen Verfahren bringen, weil durch die Art des Verfahrens Nebenwirkungen weitgehend ausgeschlossen werden und der therapeutische Erfolg jederzeit unschädlich mit neuerlichen Messungen überprüfbar wird.

5. Schluss

An einem Beispiel aus der Biomedizin wurde versucht zu zeigen, wie sich der holistische Systemgedanke von der Ebene der Philosophie über den Organismus zu den Organen und Zellen verfolgen lässt. Die Elektroakupunktur, bei der dynamisch, elektrophysikalische Messgrössen berührungsbehaftet erfasst werden, ist ein diagnostisches und therapeutisches Verfahren, das dem ganzheitlichen medizinischen Systemdenken aus westlicher Sicht entspricht, wobei Möglichkeiten und Grenzen zu berücksichtigen sind. Die Weiterentwicklung der Messmethodik in Richtung Korrelation der Messresultate in grösseren Systemzusammenhängen ermöglicht eine noch wesentlich höhere Informationsausbeute [34].

Der Übergang zu berührungslosen elektrophysikalischen Messverfahren, wie sie in der Photobiologie [35] und der Biophotonentechnik [8] angewendet werden, eröffnet neue Perspektiven. Photonen sind offenbar Träger schneller und umfangreicher Informationen über die Zustandsänderungen und Wechselwirkungen der DNS, der Chromosomen und der Zellen und vollziehen den Austausch mit der Umwelt (Sonnenlicht, Wärmestrahlung).

Um Wechselwirkungen von technischen und biologischen Systemen zu verstehen, sollten die heute laufenden Anstrengungen verstärkt werden [8; 20], physikalische Grundlagen und Modelle auf die Biologie zu übertragen. Damit die theoretisch erarbeiteten Modelle in der Praxis überprüft und die Messgrössen biologischer Systeme erfasst werden können, braucht es dynamische, elektrophysikalische Messverfahren. Bioelektronische Sensoren sind dabei ebenso erforderlich wie die Bereitschaft, in ganzheitlichen biologischen Systemen zu denken.

Literatur

[1] *F. Capra:* Wendezeit; Bausteine für ein neues Weltbild. 3. Auflage. Bern/München, Scherz-Verlag, 1983.

[2] *K. Lorenz:* Der Abbau des Menschlichen. München/Zürich, Piper-Verlag, 1983.

[3] *P. Teilhard de Chardin:* Der Mensch im Kosmos. Zürich, Buchclub Ex Libris, 1978.

[4] *R. Koller:* Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1976.

[5] *W. Laskowski* und *W. Pohlit:* Biophysik; eine Einführung für Biologen, Mediziner und Physiker. Band I/II. Stuttgart, Thieme-Verlag, 1974.

[6] *I. Prigogine:* Zeit, Struktur und Fluktuation. (Nobelvortrag). Angewandte Chemie 90(1978)9, S. 704...715.

[7a] *W. Nagl* and *F. A. Popp:* A physical (electromagnetic) model of differentiation. 1. Basic considerations. Cytobios 37(1983)145, p. 45...62.

[7b] *F. A. Popp* and *W. Nagl:* A physical (electromagnetic) model of differentiation. 2. Applications and examples. Cytobios 37(1983)146, p. 71...83.

[8] *F. A. Popp:* Neue Horizonte in der Medizin. Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1983.

[9] *A. Koestler:* Der Mensch – Irrläufer der Evolution; eine Anatomie der menschlichen Vernunft und Unvernunft. Bern/München, Scherz-Verlag, 1978.

[10] Grundbegriffe der Messtechnik. DIN 1319 Blatt 1, 2 und 3.

[11] Metrologie (Messtechnik). VDI/VDE-Richtlinien 2600 Blatt 1...6.

[12] *J. Schubert:* Physikalische Effekte. Anwendungen, Beschreibungen, Tabellen. Weinheim, Physik-Verlag, 1982.

[13] *B. Lipinski:* Electronic conduction and mechanoelectrical transduction in biological materials. New York, Marcel Dekker, 1982.

[14] *H. Kresse:* Kompendium Elektromedizin; Grundlagen – Anwendungen. 2. Auflage Berlin/München, Siemens AG, 1978.

[15] *E. Krestel:* Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Grundlagen, Technik, Bildgüte. Berlin/München, Siemens AG, 1980.

[16] *A. Varga:* Grundzüge der Elektrobioklimatologie mit besonderer Berücksichtigung der Umwelthygiene. Heidelberg, Verlag für Medizin (Ewald Fischer), 1981.

[17] *H. L. König:* Unsichtbare Umwelt. Der Mensch im Spielfeld elektromagnetischer Kräfte. 2. Auflage. München, Eigenverlag H. L. König, 1977.

[18] *G. Newi* u.a.: Biologische Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder. – Kontakt und Studium Band 106 – Grafenau/Württ., Expert-Verlag, 1983.

[19] *E. Bünning:* Die physiologische Uhr. Circadiane Rhythmik und Biochronometrie. 3. Auflage. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1977.

[20] *F. Kramer:* Lehrbuch der Elektroakupunktur. Band I/IV. Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1978...1981.

[21] *R. Voll:* Topographische Lage der Messpunkte der Elektroakupunktur. Bild- und Textbände I/III. Uelze, Medizinisch-Literarische Verlagsgesellschaft, 1976.

[22] *G. Fisch:* Akupunktur. – Goldmann Ratgeber Nr. 10815 – 3. Auflage. München, Goldmann-Verlag, 1979.

[23] *H. Schmidt:* Akupunkturtherapie nach der chinesischen Typenlehre. 2. Auflage. Stuttgart, Hippokrates, 1981.

[24] *F. R. Bahr:* Ohr-Akupunktur; neue Waffe gegen viele Leiden. – Fischer Taschenbuch Nr. 3006 – Frankfurt a/Main, Fischer Verlag, 1978.

[25] *R. O. Becker* and *A. A. Marino:* Electromagnetism and life. Albany, State University Of New York Press, 1982.

[26] *H. Lippert:* Anatomie; Text und Atlas. Deutsche und lateinische Namen. 3. Auflage. München, Urban und Schwarzenberg, 1979.

[27] *H. Bartels* und *R. Bartels:* Physiologie: Lehrbuch und Atlas für Krankenpflege- und medizinisch-technische Berufe. 2. Auflage. München, Urban und Schwarzenberg, 1979.

[28] *S. Silbernagl* und *A. Despopoulos:* Taschenatlas der Physiologie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1979.

[29] *O. Bergsmann:* Bioelektrische Funktionsdiagnostik: Physiologische und pathophysiologische Grundlagen. Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1979.

[30] *H. Pflaum:* Praktikum der bioelektronischen Funktions- und Regulationsdiagnostik (BFD). Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1979.

[31] *A. Pischinger:* Das System der Grundregulation: Grundlagen für eine ganzheitsbiologische Theorie der Medizin. 3. Auflage. Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1980.

[32] *H. Jendrissek* und *H. Jahnke:* Gesundheit und Krankheit aus kybernetischer Sicht: Kolloidale Aggregatszustände des humoralen Systems. Heidelberg, Verlag Karl F. Haug, 1976.

[33] *W. Mehlhardt:* Elektrophysikalische Grundkenntnisse der Akupunkturpunkte. Akupunktur – Theorie und Praxis 3(1975)2, S. 51...65.

[34] *W. Mehlhardt* und *H. G. Schmidt:* Statistische Analysen elektrobiologischer Messungen am Beispiel von Hautwiderstandsmessungen an Akupunkturpunkten und Reaktionsstellen nach Croon. Physikalische Medizin und Rehabilitation 21(1980)3, S. 160...162.

[35] *R. K. Clayton:* Photobiologie. Band 1: Physikalische Grundlagen. Band 2: Die biologischen Funktionen des Lichts. – Taschentext 33/34 – Weinheim, Verlag Chemie, 1975...1977.

[36] *A. P. Saravazyan:* Some general problems of biological action of ultrasound. IEEE Trans. SU 30(1983)1, p. 2...12.