

# 4 Zur Technikauffassung von Ernst Heinrich Weber und seiner Brüder Wilhelm Eduard und Eduard Friedrich Weber

Wolfgang Eisenberg\*

Wanderer, der Weg, das sind deine Tritte  
und sonst nichts, Wanderer, es gibt keinen Weg,  
der Weg kommt mit dem Gehen.

A. MACHADO

*Dem Nestor der Weber-Forschung, Herrn Dr. Karl Heinrich Wiederkehr,  
zum 75. Geburtstag gewidmet.*

## 4.1 Implizite und explizite Technikauffassung der Gebrüder WEBER. „Wellenlehre“ und „Mechanik der menschlichen Gehwerk- zeuge“. WEBERSche interdisziplinäre Tra- dition

Die Technikauffassung ist verschieden analysier- und formulierbar und daher auch unterschiedlich analysiert und formuliert worden. Ein Techniker formuliert sie sehr gegenstandsbezogen und zielspezifisch. Ein Physiker betont mehr

---

\*Thaerstraße 34, D-04129 Leipzig, BRD

die fundamentale Rolle der Physik in der Beziehung zur Technik und die gesetzlich begründete technische Nutzbarkeit und Machbarkeit mit Hilfe der physikalischen Erkenntnisse. Er nutzt auch die erkenntnisstimulierende und -bedingende Rolle der Technik in der Physikentwicklung (siehe z. B. [1]).

Eine allgemeingültige Abgrenzung von Technik ist bislang noch nicht gelungen. In den Lexika gibt es aber einige Definitionen, z. B. im Großen Brockhaus-Lexikon. Dort heißt es: „*Technik* (grch. ‚Fähigkeit, etwas zu erzeugen‘; ‚Können‘); im weiteren Sinn die Erkenntnis und Beherrschung der zweckmäßigsten und sparsamsten Mittel, die Methode, um ein Ziel zu erreichen (T. der Malerei, des Fliegens u. a.). Im engeren Sinn ist die T. auf die Erkenntnis der Natur und ihrer Gesetzlichkeit gegründet und stellt die natürliche, aber schöpferisch umgestaltete Wirklichkeit in den Dienst menschlicher Zwecke. Die T. hat im Altertum auf rein erfahrungsmäßiger Grundlage bereits einen hohen Stand erreicht und ist bis in die Zeiten der Renaissance auf dieser Basis allein entwickelt worden. Die moderne T. dagegen ruht auf den exakten Naturwissenschaften, die mit Hilfe der Mathematik die gesetzlichen Zusammenhänge in der Natur darstellen ...“ [2]. Demnach ist die Technikentwicklung, historisch betrachtet, durch den Übergang von der Technik im weiteren Sinne zu der im engeren Sinne gekennzeichnet. Ein allgemeines und vertieftes systematisches Technikverständnis läßt sich wahrscheinlich nicht aus einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin ableiten; es läßt sich vermutlich aussagekräftig nur in einem interdisziplinären Rahmen konstituieren (siehe z. B. [3]). Entsprechendes ist hinsichtlich der Analyse einer Technikauffassung, als Vorstufe eines Technikbegriffs, feststellbar. Eine Technikauffassung kann man z. B. anhand der Prototypen einer Technik, z. B. dem Werkzeug oder der Maschine, im Vergleich mit dem Menschen durch einzelne Aspekte charakterisieren. Diese Darstellungsvariante wird in diesem Artikel benutzt.

Im Gegensatz dazu wird ein Mediziner oder ein Biologe die Technikauffassung vorzugsweise mit einer Negation formulieren, und zwar rückbezüglich auf den Menschen; sie läßt sich z. B. durch den Satz „Der Mensch ist keine Maschine“ allgemein skizzieren. Dieser Satz hat natürlich weitreichende Konsequenzen hinsichtlich der Theorie, der Experimentierkunst und der Methodik des Faches. Eine „Definition“ mit einem Prototyp der Technik, hier der Maschine, erfordert darüber hinaus deren begriffliche Fixierung. Die Umkehrung des „definitiven“ Satzes „Die Maschine ist kein Mensch“ wird allerdings seltener zur Charakterisierung der Technikauffassung benutzt. Für den Mediziner wäre sie aber sicherlich eine geeignete Basis für die zu erstellende „Definition“ der Maschine. Denn diese erfordert zuerst die Explikation des „Menschen“, eine Notwendigkeit für den Mediziner, der sich mit den Menschen innerhalb

der Arzt-Patienten-Kommunikation alltäglich und wissenschaftlich auseinandersetzt.

Die Gebrüder WEBER, der Anatom und Physiologe ERNST HEINRICH, der Physiker WILHELM EDUARD und der Physiologe EDUARD FRIEDRICH WEBER suchten bei ihren wissenschaftlichen Analysen der menschlichen Bewegungsvorgänge sowohl nach dem Identitischen im Unterschiedenen als auch nach den Unterschieden im Vergleichbaren. Sie waren sich der methodischen Wirksamkeit eines Mensch-Maschine-Vergleichs wohl bewußt.

Die Grundlagenforscher ERNST, WILHELM und EDUARD WEBER realisierten ihn durch erfolgreiches interdisziplinäres Ausschöpfen der drei disziplinären, grundlegenden und methodischen Möglichkeiten und Erkenntnisse der Physik, der Anatomie und der Physiologie. So wurden sie nicht zufällig Pioniere der Physikalischen Physiologie. ERNST HEINRICH WEBER gehört darüber hinaus zu den Begründern der Psychophysik – eine Disziplinierung erfolgreicher interdisziplinärer Forschung, die die Psychologie einbezog. Auch die beiden anderen WEBER-Brüder wurden in die Diskussion um die Entwicklung der Psychophysik und der Begründung einer experimentellen Psychologie einbezogen.

Die Beschäftigung mit der Psychophysik war natürlich auch mit der Entwicklung von Psychotechniken verbunden. Lexikalisch versteht man z. B. unter Psychotechnik folgendes: *„Psychotechnik (grch.), im weitesten Sinne angewandte Psychologie, die praktisch wissenschaftliche Anwendung der Psychologie, ihrer Erkenntnisse und Methoden auf viele Bereiche des kulturellen Lebens; im engeren Sinn die Psychologie im Dienste des Wirtschaftslebens (Wirtschaftspsychologie) mit besonderer Berücksichtigung der industriellen Bedürfnisse (industrielle Psychologie)“* [4]. In dieser Technikauffassung ist die Beeinflussbarkeit des Menschen durch den Menschen in den Vordergrund gerückt. Aber auch für diese Technikauffassung kann der Mensch-Maschine-Vergleich nützlich sein, wie im vierten Abschnitt dieses Artikels ersichtlich wird, in dem auf die vom Mensch momentan realisierbaren maschinenähnlichen Funktionen hingewiesen wird.

Festgestellt werden kann zudem, daß für die WEBER-BRÜDER in all diesen genannten wissenschaftlich sehr verschiedenen Fällen ihrer Zusammenarbeit die Freude groß über das Gelingen ihrer Forschung im interdisziplinären Team sein konnte: *„Es war die Freude, die wir in einer gemeinsamen Beschäftigung fanden, und zwar in einer Beschäftigung, zu welcher jeder von uns eigenthümliche Kräfte und Hilfsmittel mitbrachte, und die von dem anderen, weil sie ihm fehlten, um so höher angeschlagen und geschätzt wurden. Der Mensch ist nie*

*fähiger und beharrlicher bei wissenschaftlicher Forschung, als bei solcher wechselseitiger Theilnahme und Anregung, die nicht erst nach vollendeter Arbeit, sondern während ihres ganzen Verlaufs Statt findet“* [5]. Auffällig war darüber hinaus, daß die interdisziplinären Forschungen mit wenigen einfachen Hilfsmitteln durchgeführt werden konnten; es waren nur „*mancherlei Instrumente aus der physikalischen Sammlung in Göttingen zu entleihen, die, wenn sie auch nicht den an die mechanische Kunst zu machenden Forderungen ganz entsprachen, doch zu dieser Untersuchung genügten*“ [6]. Ob diese Einfachheit der technischen Hilfsmittel für eine interdisziplinäre Forschung im 21. Jahrhundert noch möglich ist, muß sicher in Zweifel gezogen werden, ist aber auch nicht gänzlich auszuschließen.

Nicht nur in diesem Kontext (siehe die Problematik der Psychotechnik) ist es dann auch sinnvoll, über einen Vorschlag zur begrifflichen Abgrenzung von Technik und Natur, der auf ARISTOTELES zurückgeht, weiter nachzudenken: „*Natur ist all das, was ohne Zutun des Menschen von sich aus besteht. Technik dagegen ist das, was seine Entstehung dem menschlichen Handeln verdankt*“ [7]. Die WEBERS bevorzugten die für Grundlagenforscher typische implizite Technikauffassung, die oft den Vergleich zwischen Mensch und Maschine zum Ausgangspunkt ihrer indirekten Darstellung wählt: „*Man könnte vielleicht daran zweifeln, dass es überhaupt möglich sei, vom Gehen und Laufen eine Theorie zu geben, da wir keine Gehmaschinen sind, und also diese Bewegungen durch die Freiheit unseres Willens sehr mannigfach abgeändert werden*“ [8]. Der geübte Geher und Läufer aber bindet seine Bewegungen beim guten Gange und Laufe an bestimmte Erfahrungsregeln, die im Körperbau und den äußeren Verhältnissen begründet sind und sich aus den gefundenen Prinzipien ableiten lassen. Nur für diesen geübten und damit über längere Zeit einen Gang mit annähernd gleichen Schrittfolgen ausführenden Menschen sollte ihre Pendeltheorie gültig sein. Auf ihrer Pendeltheorie aufbauend, wurden von den WEBER-Brüdern innerhalb der impliziten Technikauffassung sogar konkrete Techniken vorgeschlagen, wie z. B. eine zwei-, vier- oder sechsbeinige, mit Dampf bewegte Maschine für den unebenen und weichen Untergrund (siehe z. B. [9]). Die in den Gesetzen der Theorie implizit enthaltenen Technikmöglichkeiten wurden in scheinbar ungewöhnlicher und technisch zukunftssträchtiger Weise vorgestellt; es wurden Grundgedanken einer naturnahen Robotik oder Kybernetik ausgesprochen (siehe z. B. [11]).

Im Vergleich der Gehmaschinen mit dem rollenden Wagen, dem schon seit vielen Jahrhunderten dominierenden Prototyp der Transporttechnik, favorisierten die WEBERS den Typ der Hybridtechnik: „*Dennoch läßt sich von einer Verbindung gehender Maschinen mit Wagen ein guter Erfolg erwarten*“ [10].

Wie die künstlich gehenden Maschinen im einzelnen auszuführen sind, das konnten sie noch nicht angeben. Fest steht nur, daß die Arm- und Kopfbewegungen in den WEBERSchen Laufmodellen ebenso nicht enthalten sind wie die psychisch bedingten Schwankungen um die „Normalbewegung“. ERNST HEINRICH WEBER beschäftigte sich mit solchen Bewegungen sowohl innerhalb der Psychophysik, z. B. bei seinen Versuchen zum Schweregefühl in den Händen, der Pathologie als auch im Leipziger Gewerbeverein bei der Analyse und Förderung handwerklicher Techniken. Die unmittelbar nachfolgende Technikentwicklung folgte diesen Ideen der Gebrüder WEBER nur sporadisch und nicht in ihrer Hauptrichtung, sofern z. B. man nicht die Orthopädie oder die Apparate zum technischen Zeichnen in die Technikbetrachtung mit einbezieht.

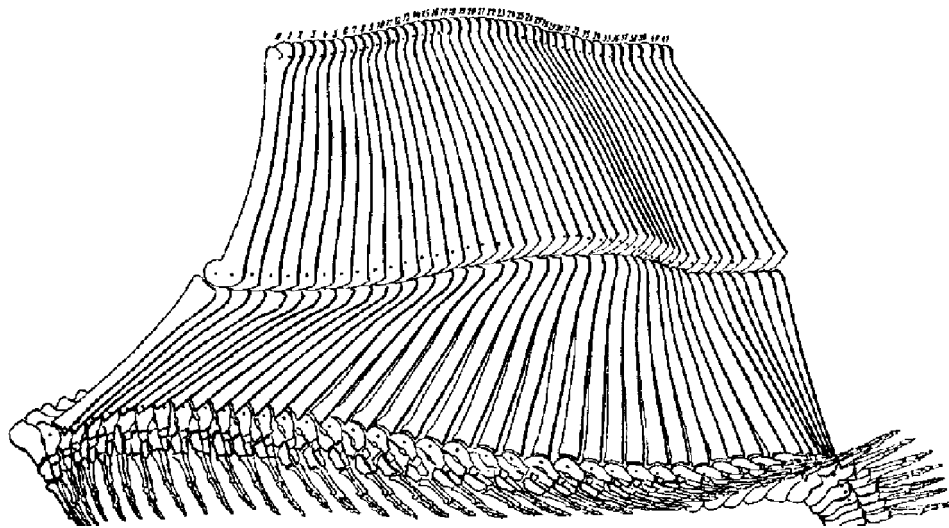
Die explizite, durch Regeln der Erfahrung gekennzeichnete Technikauffassung in der WEBERSchen Tradition ist bei den Nachfolgern WILHELM BRAUNE und OTTO FISCHER zu finden. Diese Behauptung läßt sich historisch belegen. So wurde dem Anatomen BRAUNE die Ehre zuteil, die neue Herausgabe der „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge“ – erschienen 1893 – zu besorgen. Dazu schrieb der Mathematiker OTTO FISCHER im Vorwort dieses Werkes: *„Die Herausgabe des vorliegenden Bandes der Weberschen Werke hatte W. Braune in Leipzig übernommen, welcher nicht nur dem Weber’schen Hause verwandtschaftlich nahestand, sondern auch seiner ganzen Arbeitsrichtung nach als der berufenste Herausgeber der Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge angesehen werden musste. Wie schon bei zahlreichen anderen Arbeiten, so hatte er auch diesmal Otto Fischer in Leipzig zur Mitarbeiterschaft aufgefordert“* [12]. WILHELM BRAUNE und OTTO FISCHER erweiterten die einfache WEBERSche Pendeltheorie nach ihrer ausführlichen empirisch und experimentell begründeten Kritik in der Bibel zur Ganganalyse „Der Gang des Menschen“, erschienen 1896 in Leipzig. Bei ihnen waren die Arm-, Körper- und Kopfbewegungen im mathematisch-physikalischen Grundmodell enthalten. Im Vergleich zur üblichen technisch zweckgebunden orientierten Maschine konkretisierte OTTO FISCHER seine explizite Technikauffassung mit Hilfe seiner Modelle zum Gang des Menschen und gab dazu Beispiele für diese konkreten Techniken an.

Die in der WEBERSchen Tradition stehende explizite Technikauffassung von W. BRAUNE und O. FISCHER wurde mit dem Umkehrsatz *„Die Maschine ist kein Mensch“* eingeleitet. Damit ging er weit über das traditionelle Maschinenverständnis hinaus. Erst heute wird die skizzierte Technikauffassung mit den neuen naturwissenschaftlichen und technischen Mitteln realisierbar. So gelingen mit Hilfe moderner Steuerungen, z. B. mit neuronalen Netzen oder

Fuzzy-Steuerungen, neben einfachen handgreiflichen Operationen erste Steigeroperationen in der Robotik.

Wegweisend – aber damals nicht realisiert – wurde der Hinweis O. FISCHERS – nach der Auswertung seiner optischen Experimente mit GEISSLER-Röhren –, daß zum Verstehen der Beinschwingungen beim Gehen und Laufen das analoge Bewegungsmodell des Dreifachpendels untersucht werden sollte: „*Ferner könnte man daran denken, sich ein dreigliedriges physisches Pendel zu verschaffen, welches in mechanischer Beziehung dem im Kniegelenk und Fußgelenk gegliederten Bein äquivalent wäre, und dann die Schwingung des Beins mit der Pendelbewegung dieses Modells zu vergleichen*“ [13]. Da die Schwingungen eines dreigliedrigen Pendels, wie es das Bein darstellt, ein sehr verwickelter mechanisches und mathematisches Integrationsproblem darstellen, ließ sich der Vergleich auf rechnerischen Wege von OTTO FISCHER nicht realisieren. Die Analyse des Dreifachpendels hat erst in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts begonnen, aber nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Technik (siehe z. B. [14]).

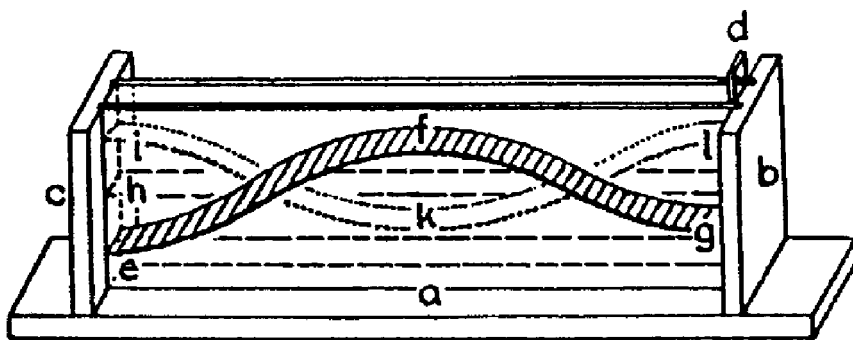
In der Robotik versuchen mittlerweile die Techniker, ein gefahrenes Dreifachpendel in der Standphase zu stabilisieren (siehe z. B. [15]). Diese Entwicklung antizipiert Möglichkeiten für eine erweiterte WEBERSche Pendeltheorie, und die Schwierigkeiten der Techniker erinnern an die natürliche Situation beim ungeübten Menschen: der Mensch kann üblicherweise das Gehen länger fortsetzen als das Stehen. OTTO FISCHER hat seinen Hinweis auf das Dreifachpendel in die Untersuchung der Frage eingebettet, ob die Schwingungsbewegung des Beins eine reine Pendelschwingung ist oder nicht. Damit ein derartiges Pendel in mechanischer Hinsicht an die Stelle des menschlichen Beins gesetzt werden kann, müßten aber die Gelenke desselben den drei Hauptgelenken der unteren Gliedmaßen gleich gebaut werden und die drei Teile des Pendels hinsichtlich der Längen, der Schwerpunktlagen und Trägheitsmomente mit den entsprechenden Beinabschnitten genau übereinstimmen. FISCHER gelang es, ein dem im Ellenbogengelenk gegliederten Arm mechanisch vollkommen äquivalentes Gelenkmodell herzustellen. Die praktische Ausführung dieser Untersuchung ist allerdings schwierig, da beim Gehen das Pendel mit beschleunigt bewegtem Aufhängepunkt (Mittelpunkt des Hüftgelenks bewegt sich auf gekrümmter Bahn) zu realisieren wäre, wenn der Vergleich realistisch sein soll. Daher mußte man sich schon zu FISCHERS Zeiten neben den empirischen chronophotographischen Analysen des Ganges eine genaue Kenntnis der Kinematik des schwingenden Beins erarbeiten, um zu verlässlichen Angaben zu kommen.



**Abb. 4.1:** Sukzessive Stellungen des Beins während der Periode des Schwingens in zeitlichen Intervallen von  $1/100$  Sekunden (entspricht Fig. 1 in: *Der Gang des Menschen. V. Teil: Die Kinematik des Beinschwingens.* Von O. FISCHER)

## 4.2 ERNST HEINRICH WEBER und seine Brüder WILHELM und EDUARD – Pioniere der Phy- sikalischen Physiologie – Begründer und kritische Förderer der Psychophysik. Implizite Techniken

Die ehrenvolle wissenschaftliche Charakteristik „Pioniere der Physikalischen Physiologie“ erarbeiteten sich die Gebrüder WEBER mit ihren interdisziplinären Forschungen zu den Themen „Wellenlehre“ und „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge“, die als Publikationen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschienen, nämlich 1825 und 1836. Diese Arbeiten basierten auf experimentellen Untersuchungen mit einfachen wissenschaftlichen Geräten, z. B. der Wellenrinne, dem Fernrohr und einer Tertienuhr, und theoretischen Modellvorstellungen und Beschreibungen aus der Dynamik, z. B. den Differentialgleichungen aus der Mechanik. Die gewählten Modelle waren einfach strukturiert, so daß die Berechnungen durchführbar und auch dem Mediziner durchschaubar blieben. Das Modell des einfachen Pendels erlaubte Folgerungen, die sich empirisch mit einfachen Mitteln überprüfen ließen.



**Abb. 4.2:** Die Wellenrinne (entspricht der Abb. 2.3 in: II. Weber-Symposium „Die Gebrüder Weber – Wegbereiter interdisziplinärer Forschung“ in Halle und Leipzig am 16. Oktober und 18. November 1993 / hrsg. vom FB Physik der MLU Halle-Wittenberg und Wilhelm-Weber-Gesellschaft e. V.)

Diese methodische Orientierung ihrer wissenschaftlichen Untersuchungen außerhalb der Spekulation hatten sie von ihrem langjährigen Freund, dem Wittenberger Privatgelehrten und Akustiker ERNST FLORENS FRIEDRICH CHLADNI – besondere regelmäßige Klangfiguren wurden nach ihm benannt. Veranlaßt wurden die Analysen zur „Wellenlehre“ durch die Beobachtung ähnlicher, verwickelter, aber regelmäßiger Figuren, die der Mediziner ERNST HEINRICH WEBER beim Umgießen des Quecksilbers beobachtet hatte. Die Ergebnisse der mit seinem jüngeren Bruder WILHELM EDUARD gemeinsam durchgeführten Experimente mit Wellen und Schwingungen nutzte ERNST HEINRICH bei der Abfassung seiner Abhandlung zur Physiologie des Blutkreislaufes. Die Einbeziehung der Pulsbewegung in die Untersuchung enthält seine zweite Schrift aus dem Jahre 1850 „Über die Anwendung der Wellenlehre auf den Kreislauf des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre“. Sie beinhaltet einen Modellversuch zum Kreislauf des Blutes mit akzeptablen Zahlenwerten. Die Pulswellen werden dabei als elastische Schlauchwellen modelliert. Die mathematische Analyse der Blutdynamik wurde anschließend vom Bruder WILHELM ausgeführt. Seine Theorie erschien 1866 in den Berichten der mathematisch-physischen Classe in der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

Der Physiker WILHELM WEBER nutzte die „Wellenlehre“ zur Modellierung von Zungenpfeifen als gekoppelte Schwingungssysteme (Dissertation 1826; Habilitation 1827 – Universität Halle). Das Verständnis des Systemverhaltens basiert auf der Anwendung physikalischer Modelle und Gesetze, fußt also auf



einem impliziten Technikverständnis, nachdem technische, innovative Strukturen im physikalischen Wissenskontext enthalten und daraus zu konzipieren sind. Damit sind zugleich die Grenzen des technisch Machbaren im groben formulierbar. Zudem sind konkretere Techniken vorstellbar, entwickelbar und realisierbar, sofern die Material- und Strukturbasis dazu gefunden werden kann.

Die Gebrüder WEBER, WILHELM und EDUARD, zeigten dann in der „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge“, daß sich nicht nur die Bewegungen des Herzens und der Lunge, sondern auch die Bewegungen des Menschen beim Gehen und Laufen für eine genaue Untersuchung eignen, *„denn es ist hierbei möglich, vieles genau zu messen und durch Anwendung der physikalischen Methoden auf die Physiologie zu sicheren Thatsachen zu gelangen, auf die man weiter fortbauen kann“* [16]. Die WEBERS hatten bei ihren Beobachtungen gehender und laufender Personen in einer windgeschützten Halle der Leipziger Anatomie und marschierender Soldaten auf einem Leipziger Waldweg typische Gangarten beobachtet. Ihr Schluß lautete: *„Der Mensch bindet seine Bewegungen an bestimmte Regeln (wenn er auch diese Regeln nicht in Worten auszusprechen weiss), und diese Regeln sind ganz auf den Bau seines Körpers und die gegebenen äußeren Verhältnisse begründet, und lassen sich daraus wieder herleiten“* [17]. Es ist die typische und durchschnittliche Gangart eines geübten Läufers, die sie mit Prinzipien und Gesetzen ihrer Pendeltheorie beschreiben wollten und konnten. Die Ableitung der Regeln gelang in befriedigender Weise u. a. aus dem WEBERSchen Prinzip der geringsten Muskelanstrengung. Im Jahre 1836 spielte die Energetik noch nicht die Rolle, die sie später erlangte und die auch von den WEBERS diskutiert wurde, sondern die Kräfte galten noch als die wichtigsten dynamischen Größen. Die Bestimmung der Zwangskräfte gehört auch heute noch zu den wichtigen Aufgaben der Gangdynamik (siehe z. B. [18]).

Allerdings war den WEBERS klar, daß die Menschen keine Gehmaschinen sind und ihre Bewegungen durch die Willensfreiheit auf die vielfältigste Art abgeändert werden können: *„In der Tat würde es ein vergebliches Bemühen sein, wenn man die Gesetze bestimmen wollte, nach denen ein erwachsener Mensch sich bewegen würde, der früher nie seine Beine gebraucht hätte und zum ersten Mal zu gehen versuchte. Ein solcher Mensch würde von der Freiheit im Gebrauch seiner Muskeln die willkürlichste und regelloseste Anwendung machen, zumal ihm kein Muster zur Nachahmung gegeben wäre“* [19]. Offensichtlich steht hinter diesen Überlegungen eine Technikauffassung, die wieder den Mensch-Maschine-Vergleich als allgemeinen Ausgangspunkt enthält. Dabei wird der geübte, vom Gangmuster geprägte Mensch mit einer Gehmaschine, die periodische, näherungsweise gleiche, reproduzierbare Gangmuster erzeugt,

verglichen. Der im Gang ungeübte und nicht trainierte Mensch wird aus dem Vergleich ausgeklammert. Mit anderen Worten, nichtperiodische und chaotische individuelle Prozesse beim Gehen und Laufen werden im Vergleich nicht berücksichtigt. Das WEBERSche Gangmodell, das einfache Pendel läßt solche Prozesse auch nicht zu. Ein Gangmodell mit Doppel- und Dreifachpendel kennt natürlich solche Prozeßschritte und läßt einen erweiterten Mensch-Maschine-Vergleich als Basis der Technikauffassung zu. Sie wird aber zunehmend eine explizite sein, da die Gesetze dieser Pendel nicht genau bekannt sind und das Beobachten, Probieren, Simulieren und Suchen von Erfahrungsregeln noch im Vordergrund stehen.

### 4.3 ERNST HEINRICH WEBER im Leipziger Gewerbeverein. Handwerkliche Techniken

ERNST HEINRICH WEBER, oft Inspirator der Gebrüder Weber, stützte sich in seiner interdisziplinären Denkweise, die einen Mediziner diesen Ranges auszeichnete, auf eine umfassende Technikauffassung, die auch handwerkliche Techniken in der Kunst und im Gewerbe einbezog. Die handwerkliche Technik stützt sich dabei intensiv auf die Handfertigkeiten und -fähigkeiten; sie nutzt also die natürlichen Voraussetzungen und Möglichkeiten des Menschen und dessen Trainingsergebnisse beim technischen Kleinprozeß. Insofern handelt es sich hier um eine Technik im weiten Sinne oder um explizite Techniken. Wissenschaftliche Einsichten erlauben Hinweise für den optimalen Gebrauch und für Verbesserungen der handwerklichen Techniken. Daher findet man in den Texten der WEBERS Bezüge und weitere Ausführungen zur Malerei, zur Akustik, zu den Gewerben und zum Handwerk. So empfahlen die WEBERS den Malern, ihre detaillierten Erkenntnisse über den menschlichen Gang zu nutzen, denn es ist leichter, die richtigen Lagen der Körperteile beim Gang anzuerkennen, als sie aufzufinden: *„Man sage nicht, dass das richtige Gefühl den Künstler schon hinreichend leite. Nicht einmal bei der Perspektive ist das überall der Fall. Denn wenn auch wirklich einige Künstler von seltener Fähigkeit die Wahrheit treffen, so ist es eben die Aufgabe der Wissenschaft, dasjenige zu lehren und durch Studium erreichbar zu machen, was ohnedem nur das Genie zu leisten vermöchte“* [20]. Fehlt bei höheren Laufgeschwindigkeiten sogar der deutliche Sinneneindruck einer synchronen Körperstrukturierung, dann kann auch der fähigste Künstler die wahren natürlichen Verhältnisse nicht ohne die wissenschaftliche Leitung erfassen. Deshalb transformiert die Anwendung der Lehre vom Gang zumindest den Schein der Wahrheit einer abgebildeten

Lebensbewegung in die Bilder der Künstler. Die Malerei folgte diesen Ideen der WEBERS z. T. in der naturalistischen Tradition, nicht aber in ihren komplementären Entwicklungslinien, insbesondere nicht in der abstrakten Kunst. Trotzdem sollte man die Hinweise der WEBERS nicht vergessen: *„Es ist nicht zu bezweifeln, dass eine recht genaue Erkenntnis des menschlichen und thierischen Körpers noch zu manchen anderen für die Wissenschaft wichtigen und für die Künste und Gewerbe nützlichen Entdeckungen führen könne“* [21].

Daher ist es nicht verwunderlich, daß ERNST HEINRICH WEBER 1836, im Jahr des Erscheinens der „Gehwerkzeuge“ seiner Brüder WILHELM und EDUARD, das Direktorat der Leipziger Polytechnischen Gesellschaft übernommen hat und drei Jahre lang innehatte. Erst 1844, als er zum Prorektor der Universität Leipzig berufen wurde, legte er das Vorstandsamt in dieser Gesellschaft nieder. Die Leipziger Polytechnische Gesellschaft wurde am 21. Oktober 1825, 6.00 Uhr abends, im Hause des Universitätsprofessors der Ökonomie und Technologie HANS FRIEDRICH POHL gegründet. H. POHL hatte sich mit der Schrift „Über das Studium der Gewerbswissenschaften auf Universitäten“ (1826, 1836) auf diesen Gründungsakt vorbereitet. Ziel des Vereins war die Beförderung und höhere Ausbildung des vaterländischen Gewerbes. Zu den Ehrenmitgliedern und auswärtigen Mitgliedern zählten noch 1865 ERNST HEINRICH WEBER (Universität Leipzig) und WILHELM EDUARD WEBER (Universität Göttingen). Im Jahre 1867 hatte die Gesellschaft immerhin 1106 Mitglieder. Schon im Jahre 1829 gehörte dem Verein zusätzlich eine Gewerbeschule nach dem Vorbild einer Sonntagsschule der Freimaurerloge Balduin zur Linde. Sowohl im Verein als auch in der Gewerbeschule wurden Themen der Gebrüder WEBER behandelt. Unter dem Direktorat E. H. WEBERS gelangte das Ausstellungswesen zur Blüte; gemeinsam mit seinem Bruder WILHELM stattete er die Bibliothek des Vereins mit wissenschaftlichen Werken aus, so mit dem SCHMIDT'schen Handbuch der mechanischen Technologie, dem BIOT'schen Lehrbuch der Experimentalphysik und der DUPIN'schen oder TSCHERNING'schen Geometrie und Mechanik für Künstler und Handwerker. In der Gewerbeschule gehörten zwar die Physik und die Mechanik zu den Hilfswissenschaften, aber der WEBER'sche Einfluß war nicht gering. Im Unterricht wurden Waagen von WILHELM WEBER, die Lehre vom Schall mit Leipziger Instrumenten, die Klangfiguren von CHLADNI, der GAUSS-WEBER'sche Telegraph, der SCHWEIGGER'sche Multiplikator, STAMPFERS stroboskopische Scheibe und ein neues Tasteninstrument, wahrscheinlich das Euphonia von CHLADNI, vorgeführt und besprochen. Auch die Gehwerkzeuge gehörten zu den Themen der Gewerbeschule. So findet man in den Blättern für Gewerbe, Technik und Industrie, herausgegeben vom Direktor der Leipziger Polytechnischen Gesellschaft,

im Jahre 1871 eine anschauliche Vergleichung der gebräuchlichen Fußmaße mit dem metrischen Maß für gewerbliche und Unterrichtszwecke. Darin wird auch ein Meßrad beschrieben, mit dem das Meßproblem beim Radfahren gelöst wurde.

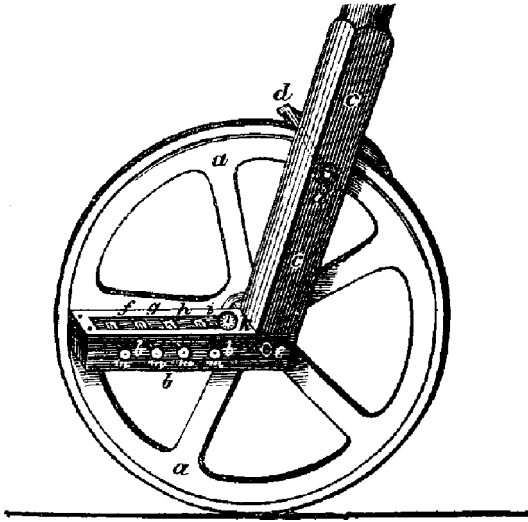


Abb. 4.3: Das Meßrad [22]

Im Lehrstundenplan der Sonntagsgewerbeschule findet man zudem neben den Naturwissenschaften Physik und Chemie Freihandzeichnen, geometrisches Zeichnen, architektonisches Zeichnen, Maschinenzeichnen und Modellieren. Welche Wertschätzung die Gebrüder WILHELM und ERNST HEINRICH WEBER in der Polytechnischen Gesellschaft erfuhren, sei an zwei Beispielen dokumentiert. In der Informationsschrift des Vereins „Die Leipziger polytechnische Gesellschaft ihren Mitgliedern und Freunden“, die auch die obigen genannten Informationen enthalten, findet man in der Nr. 1 der Jahre 1862/63 auf der Seite 1 im Bericht über die Londoner Industrierausstellung: *„Fragen wir nach dem Grunde des schnellen Aufschwungs, der bedeutenden Errungenschaften und Fortschritte, deren sich die Industrie in den letzten fünfzig Jahren zu erfreuen hatte, so können wir denselben nur in den Erfindungen eines Watt, Stephenson und Weber suchen. Dampfmaschinen, Eisenbahnen und Telegraphen sind die Riesen der Zeit, unter deren Zusammenwirken die Cultur und mit ihr natürlich auch die Industrie immer schneller vorwärtsschreiten wird.“* Zu nennen ist hier auch die Würdigung ERNST HEINRICH WEBERS in der Festschrift der Polytechnischen Gesellschaft „Hundert Jahre Vereinsarbeit für vaterländisches Gewerbe“ aus dem Jahre 1925.

#### **4.4 In der WEBERSchen Tradition: „Der Gang des Menschen“ von WILHELM BRAUNE und OTTO FISCHER. Medizinische Physik. Explizite Techniken**

In der seit 1895 erschienenen Publikationsfolge „Der Gang des Menschen“ (I bis VI) gelang den WEBERSchen Traditionalisten WILHELM BRAUNE und OTTO FISCHER ein tiefer Einblick in die mechanische Bewegung des menschlichen Körpers als Ganzes. Die Bewegung des Gesamtschwerpunktes und die Kenntnis der äußeren Kräfte in den einzelnen Bewegungsphasen konnten sie dem WEBERSchen Gangbild hinzufügen. Die äußeren Kräfte sind z. T. vorgegeben, z. T. vom menschlichen Willen innerhalb gewisser Grenzen durch die Spannung eines Muskels oder eines Gelenkbandes willkürlich in der Größe veränderbar (Gegendruck, Reibungswiderstand, Luftwiderstand). Diese erweiterten Gangmodelle von O. FISCHER enthalten von Anfang an die Mehrgliedrigkeit, insbesondere die Zweifach- und Dreifachgelenke, mehrgliedrige Muskeln, Sehnen und die Verknüpfungen mit den Knochen. BRAUNE und FISCHER ersetzten das WEBERSche mathematische Pendel durch das physische Pendel und Körperabschnitte mit massiven festen und elastisch beweglichen Verbindungsstrukturen im inneren und äußeren Kräftespektrum der menschlichen Bewegungen. Die WEBERSchen anatomischen, physiologischen und dynamischen Ergebnisse wurden empirisch und experimentell genauer hinterfragt und, wenn möglich, in den neuen synthetischen Modellbildungen zur Ganganalyse berücksichtigt.

Auch hier wird die Technikauffassung der Autoren im Kräftebild und im Mensch-Maschine-Vergleich skizziert und mit analoger Begrifflichkeit beschrieben. So enthält der Abschnitt über Muskelkräfte die Diskussion kraftübertragender Elemente, wie z. B. der Sehnen, und Kraftmaschinen besonderer Art. In diesen Fällen ist gewissermassen die Kraftmaschine von der Stelle entfernt, an welcher die Arbeit verrichtet wird, und die Kraft durch Transmission dahin übertragen, wie es so vielfach im Maschinenbetriebe vorkommt. Dieser Vergleich mit expliziten maschinenbetrieblichen Techniken wird von Anfang an gesucht; das Muskelkraftwerk und der Muskelbetrieb werden zielbewußt mit der analogen Betriebstechnik, die einfacheren Zwecken dient, verglichen. Die Autoren der Bibel zur Ganganalyse sind sogar zur Systembetrachtung und zum Systemvergleich übergegangen. Sie sahen eine enge Analogie zwischen dem menschlichen Bewegungssystem und einer maschinellen Produktion.

Das ist eine ganz neue Qualität der Technikkonkretisierung in der WEBERSchen Tradition, auch eine zeitbedingte. Noch konkreter formulierte

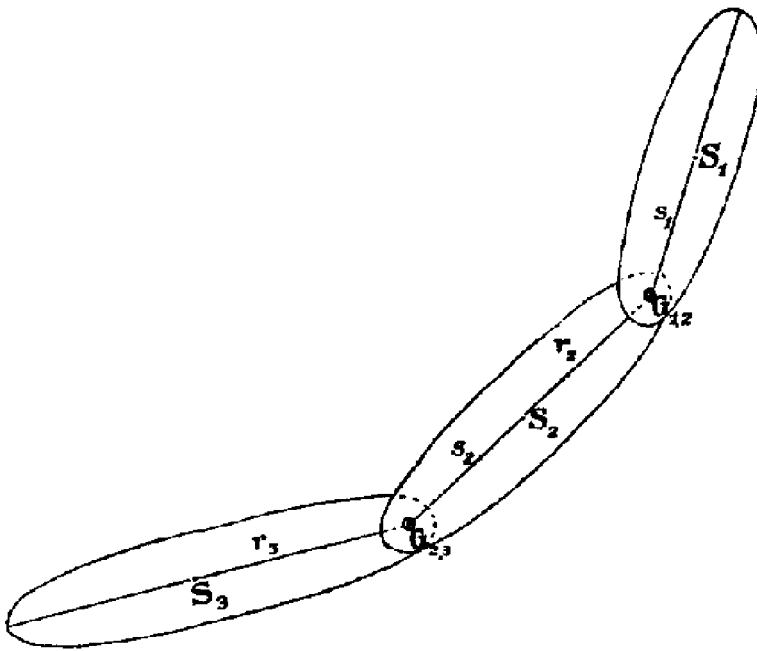


Abb. 4.4: Das ebene dreigliedrige Gelenksystem – Skizze

O. FISCHER im Jahre 1913 seine Technikauffassung in der Schrift „Medizinische Physik“, in der er die nicht im Elementarunterricht behandelten und für den Mediziner wichtigen Lehren der Physik auf dem Niveau des Nichtmathematikers darstellte. In der medizinischen Physik formulierte er die Bewegungsgesetze des menschlichen Körpers in elementarer und faßlicher Weise mit den Begriffen der Mechanik, der Akustik und der Optik. Er behandelte zuerst die zwei- und dreigliedrigen Gelenksysteme, um das Verständnis für die Bewegungen  $n$ -gliedriger Gelenksysteme vorzubereiten. Laufende Menschen wollte er z. B. durch 12gliedrige Gelenksysteme modellieren.

Die Grundlage der Formulierung seiner Technikauffassung ist natürlich wieder der Mensch-Maschine-Vergleich. Für ihn hat die übliche Maschine nur einen Freiheitsgrad der Formveränderung, sie ist eindimensional; die Kinematik der Maschine ist eine Zwanglauflehre (siehe z. B. [23]). Die Explikation der „Maschine“ wird dabei dem genannten Vergleich vorangestellt. Nachgeordnet ist die Explikation des „lebenden Organismus“, zu der ja der Mensch zählt. Dieser besitzt eine große Freiheit in der Formänderung; darüber hinaus ist er aber

momentan in eine bestimmte Maschine verwandelbar. Technisch gesehen ist somit der Mensch ein System mit vielen Freiheitsgraden und momentan realisierbaren maschinellen Strukturen. Offen bleiben die Schalt- oder Steuerstruktur und die Stabilitätsfrage dieser Strukturen. Andererseits kann auch der menschliche Wille andere Arten der Muskelanregung zur Gelenkwirkung bringen, so daß FISCHER zu Recht einen großen Unterschied zwischen dem lebenden Organismus und einer üblichen Maschine konstatierte, insbesondere auch deswegen, weil dieser mögliche „Komplex von Maschinen“ die Vielseitigkeit und Vollkommenheit der Leistungen der einzelnen Maschinen nicht einschränkt. Die zur mechanischen komplementäre Seite der Beschreibung des Menschen in seinen Bewegungen und Handlungen aus medizinischer Sicht sollte man nach FISCHER im „Handbuch der medizinischen Physik“ von WILHELM WUNDT, dem Begründer der experimentellen Psychologie, nachlesen (siehe z. B. [24]).

Damit war eine große Herausforderung für die Wissenschaft und Technik konzeptionell dargestellt, eine explizite Technikauffassung formuliert, die erst heute in der Kybernetik, der Informatik, der Robotik oder der Automatisierungstechnik usw. in Ansätzen und mit ersten Erfolgen benutzt wird. Die erforderliche Wissenschaft und Technik für diese komplexen Systeme ist eine Aufgabe auch des 21. Jahrhunderts; sie sollte auch nachhaltige Techniken oder Technologien ermöglichen. Unschwer ist aber zu erkennen, daß der Maschinenkomplex FISCHERS z. T. mit der nichtlinearen Dynamik modellierbar ist; bei komplexen dynamischen Systemen lassen sich nämlich periodische, fast-periodische und chaotische Bewegungen unterscheiden und analysieren. Die Technikauffassung von FISCHER ist letztlich eine explizite Auffassung, in die die Simulation des menschlichen Willens einbezogen ist. Der menschliche Wille übernimmt die Schalt- und Stabilisierungsfunktion im menschlichen System. Der lebende Organismus erscheint bei ihm im Horizont der Möglichkeiten als eine „Maschine“ größter Vielseitigkeit. Diese Formulierung entspringt der sehr genauen Analyse menschlicher Bewegungen, die das Zwanghafte in diesen Bewegungen herausstellt, verursacht durch die Struktur der Gelenkverbindungen, die Art der Gliederverkettung und der willensbedingten Art der Anregung von Muskeln in ihrer Wirkung auf die Gelenke.

## 4.5 Ausblick. WEBERSche Traditon und neue Technikansätze

Zum Schluß sei noch einmal zusammenfassend die explizite und implizite Technikauffassung – in der WEBERSchen Traditionslinie – gegenübergestellt.

### **Implizite Technikauffassung (ITA)**

1. Physikalische Gesetze und Theorien (Gesetzessysteme) im Zentrum der ITA
2. Ableitung der Regeln zur Beschreibung konzipierbarer Techniken und ihrer Funktionen
3. Angabe grober Grenzen technischer Machbarkeit
4. Gewinnen der Gesetze aus der Analyse natürlicher Systeme und Strukturen
5. Der menschliche Gang ist nicht der einer Gehmaschine (Mensch-Maschine-Vergleich)
6. Der menschliche Gang wird durch die Freiheit unseres Willens vielfältig abgeändert
7. Die meisten Menschen benutzen einen guten Gang und den vorteilhaftesten Gehmechanismus
8. Nachhaltige Tradierung des Ganges (Nachahmung, Gewohnheit, Kraft-/Energieminimum)
9. ITA umfaßt zufällige Elemente und Schwankungen um gewisse Normalwerte

### **Explizite Technikauffassung (ETA)**

1. Erfahrungsregeln im Zentrum der ETA
2. Konstruktion von konkreten Techniken und deren Studium im Gebrauch
3. Kennenlernen der Grenzen technischer Machbarkeit in der Evolution der Techniken
4. Gewinnen der Regeln aus der Beobachtung und Analyse natürlicher Systeme
5. Die Gehmaschine schöpft den menschlichen Gang nicht aus
6. Der menschliche Gang enthält willkürliche und regellose Abschnitte



7. Der individuelle Gang und das besondere typische Gangmuster ist ein Regelfall
8. Evolutionäre Auslese des vorteilhaftesten Ganges
9. ETA umfaßt beliebige Schwankungen und Kuriositäten

Wie ersichtlich wird, knüpft diese Klassifizierung der Technikauffassungen in explizite und implizite an die lexikalische in mittelalterliche und moderne Technik an, reduziert sich aber entsprechend der tatsächlichen Evolution in Wissenschaft und Technik nicht auf sie. Sie regt aber zum Nachdenken über die Einschätzung der gesellschaftlichen, wissenschaftlichen und technischen Evolutionsphasen an, insbesondere im Zusammenhang mit den heute weltweit diskutierten nachhaltigen Konzeptionen zur Gestaltung der folgenden Evolutionsschritte in der menschlichen Gesellschaft und deren Wissenschafts- und Technikausprägungen. Die Gegenüberstellung der expliziten und impliziten Technikauffassung stößt darüber hinaus wie jeder Klassifikationsversuch natürlich auch an die Grenzen der Praktikabilität und des Sinnvollen. Insbesondere seit der Entdeckung des deterministischen Chaos, das schon begrifflich im Spannungsfeld von Gesetz und Zufälligkeit angesiedelt ist, muß man von Entwicklungsstrategien in der Technik und entsprechend von einer Technikauffassung ausgehen, die implizite und explizite Auffassungen zur Technik umfaßt. Ermöglicht wird diese Verknüpfung beider Auffassungen durch die Entwicklung der Computertechnik und effektiver Simulationstechniken, die komplementär zu den analytischen, empirischen Techniken und gesetzesorientierten Technikauffassungen einzubeziehen sind. Die Notwendigkeit von Überlegungen zur Reformulierung der Gesetzes- oder Determinismusbegriffe bemerkt man spätestens bei der Konzipierung moderner Sicherheitstechniken, die nachhaltig (generationenübergreifend, lebens- und überlebenswert) genutzt werden können.

Prototypisch kann eine solche nachhaltige Technikauffassung durch die Analyse und technische Umsetzung des Doppel- und des Dreifachpendels als Repräsentant komplexer Bewegungen und Steuerungen mit deterministischen und chaotischen Bereichen demonstriert werden. In Ansätzen wird dies auch schon getan. Natürlich wird in einer solchen TA der Mensch-Maschine-Vergleich detaillierter und konkreter zu formulieren sein. Trotzdem sind neue Überlegungen beim Nutzen solcher Techniken nötig, was auch in der Publikation „Überfordert uns die Technik? – Nein, aber ...“ hinsichtlich der technischen Entwicklungs- und Handlungsvoraussetzungen eingefordert wird. Der Autor dieser Schrift meint, daß es doch nicht gut sein kann, „eine Technik für den Menschen zu

*schaffen, ohne ihn selbst, den Menschen, in seinem Verhalten zur Technik richtig zu kennen. Das Marktverhalten allein reicht für zukünftiges Handeln mit Sicherheit nicht aus. Sowohl Ethik und Moral müssen gleichrangig neben das ökonomische Nutzendenken gestellt werden. Denn nur so ist gewährleistet, daß es in Zukunft nicht nur Technik geben wird, sondern daß sie auch genutzt werden kann – zum Wohl der Menschen“ [25].*

## Literaturverzeichnis

- [1] *Geschichte der Technikwissenschaften* / hrsg. von Gisela Buchheim und Rolf Sonnemann. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 1990, S. 12
- [2] *Der Große Brockhaus*. Leipzig: F. A. Brockhaus, 1934, S. 509
- [3] Baron, Waldemar M.: *Technikfolgenabschätzung*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 1995, S. 36 ff.
- [4] *Der Große Brockhaus*. Leipzig: F. A. Brockhaus, 1934, S. 209
- [5] W. E. Weber und E. F. Weber: *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. In: W. Webers Werke / hrsg. von der Königlichen Gesellschaft zu Göttingen, Sechster Band, Berlin 1894, S. IX
- [6] Ebenda, S. X
- [7] Baron, Waldemar M.: *Technikfolgenabschätzung*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 1995, S. 36
- [8] W. E. Weber und E. F. Weber: *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. In: W. Webers Werke / hrsg. von der Königlichen Gesellschaft zu Göttingen, Sechster Band, Berlin 1894, S. X
- [9] Ebenda, S. 4
- [10] Ebenda, S. 5
- [11] *Synergie, Syntropie, nichtlineare Systeme* / hrsg. von W. Eisenberg ... – H. 4. Wiener-Symposium. Leipzig: Verlag im Wiss.-Zentrum, 1996, S. 239
- [12] W. E. Weber und E. F. Weber: *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. In: W. Webers Werke / hrsg. von der Königlichen Gesellschaft zu Göttingen, Sechster Band, Berlin 1894, S. VIII
- [13] Fischer, Otto: *Der Gang des Menschen*. V. Teil: *Die Kinematik des Beinschwingens*. Leipzig: B. G. Teubner, 1903, S. 322

- [14] *Synergie, Syntropie, nichtlineare Systeme* / hrsg. von W. Eisenberg ... – H. 1. Dynamik und Synergetik. Leipzig: Verlag im Wiss.-Zentrum, 1995, S. 77
- [15] Unbehauen, H.; Meier zu Farwig, H.: *Automatisierungstechnik* 38 (1990), Nr. 6, S. 216–222 und 38 (1990), Nr. 7, S. 264–265
- [16] W. E. Weber und E. F. Weber: *Mechanik der menschlichen Gewerkezeuge*. In: W. Webers Werke / hrsg. von der Königlichen Gesellschaft zu Göttingen, Sechster Band, Berlin 1894, S. IX
- [17] Ebenda, S. 10
- [18] Dähnert, Klaus: *Biomechanik ebener Skelettsysteme*. Dissertation zur Promotion B. Universität Leipzig, 1976, S. 6
- [19] W. E. Weber und E. F. Weber: *Mechanik der menschlichen Gewerkezeuge*. In: W. Webers Werke / hrsg. von der Königlichen Gesellschaft zu Göttingen, Sechster Band, Berlin, 1894, S. X
- [20] Ebenda, S. 6
- [21] Ebenda, S. 3
- [22] *Blätter für Gewerbe, Technik und Industrie*, 1871, S. 12
- [23] Fischer, Otto: *Medizinische Physik*. Leipzig: Hirzel, 1913, S. 316
- [24] Wundt, Wilhelm: *Handbuch der medizinischen Physik*. Erlangen: Ferdinand Enke, 1867
- [25] Kuhlmann, Albert: *Überfordert uns die Technik? – Nein, aber ...* Leipzig: Fachbuchverlag, 1992, S. 148