

Bewegungsbad und Bad als indizierte und dosierte Therapie: Faktoren – Wirkungen- Wirksamkeit

Bernd Hartmann

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Universitäts-Klinikum Freiburg,
Balneologie Außenstelle Bad Krozingen

ZUSAMMENFASSUNG

Hydrostatik und Hydrodynamik, Molekül-Dichte und Temperatur sind die Wirkfaktoren beim Bad („Head-Out-Water-Immersion“). Die Abnahme der Schwerkraft bei gleichzeitiger Druckapplikation beeinflusst Zirkulation, Atmung, Neuro-Endokriniem und Niere sowie Stoffwechsel. Bei Bewegung intensiviert die Molekül-Dichte die Muskel-Aktivität. Wassertemperaturen unter- und oberhalb der Thermoneutralität modifizieren Wirkungen, Wirksamkeit, Indikationen und Kontra-Indikationen.

Das als Einzel- und Serien-Applikation richtig dosierte Bad und Bewegungsbad wirkt „klinisch-“ therapeutisch nach Kriterien der „Evidence“: bewiesen u. a. Ödemen mit Ausnahme kardialer, bei Schmerz (-Syndromen) des Muskel-Skelett-Systems wie „low back pain“, Hüft- und Knie-Erkrankungen ohne Operations-Indikation beziehungsweise post-operativ, Venenleiden, arterieller Verschlusskrankheit der Stadien I bis III, arterieller Hypertonie, Herzinsuffizienz der (NYHA-)Stadien I und II, Atemwegsleiden (COPD und Asthma bronchiale) und Vertigo, es ist geeignet zum Anti-Sturz-Training und zur Therapie der morbidem Adipositas (Bariatric). Die Balneotherapie hat eine sehr hohe Compliance, intrinsische Placebo-Effekte („Auftrieb für die Seele“) und keine negative Nebenwirkungen, sofern die Kontraindikationen ausgeprägte Herzinsuffizienz und akute Infekte berücksichtigt werden. Immersion und Bewegung im Wasser sind geeignete Therapieverfahren definierter Krankheiten und Funktionsstörungen. Fortschritte der Biometrie und konkurrierender pharmakologischer, physikalischer und chirurgisch-interventioneller Behandlungsverfahren erfordern eine permanente Rechtfertigung dieser Therapie, deren „Evidence“ nach gültigen, sich dynamisch ändernden Kriterien zu verifizieren beziehungsweise zu falsifizieren ist.

AQUATIC EXERCISE AND HEAD-OUT WATER-IMMERSION: FACTS, EFFECTS AND EFFECTIVENESS OF AN INDICATED AND DOSABLE THERAPY

Hydrostatics, hydrodynamics, molecule-density and temperature cause the treatment effects in head-out water-immersion. The reduction of gravity and simultaneous pressure application affects perfusion, respiration, the neuroendocrine system, kidney and metabolism. Muscle activity is intensified by the molecule density during movements. The water temperature above and below the thermoneutral zone modifies effects, effectiveness, indications and contraindications.

Immersion, correctly applied as a single or a series of baths or as exercise in water is clinically effective. This statement is supported by evidence of effectiveness in treating edema (exception cardiogenic edema), pain syndromes of the musculo-skeletal system such as non specific low back pain, osteoarthritis of the hip or knee (when surgery is not yet indicated) or post surgery. It is also effective in venous disease and peripheral obstructive angiopathy, arterial hypertension, heart failure NYHA state I and II, chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma and vertigo. It may be used for prevention of falls and as treatment option in severe obesity. The compliance for balneotherapy is high, it shows intrinsic placebo effects („buoyancy for the soul“). Immersion in water does not have unwanted side effects as long as contra-indications such as unstable and severe heart failure or acute infections are followed. Immersion and aquatic exercise are appropriate treatment modalities for well defined diseases and functional disorders. Advances in biostatistics and competing pharmacological, physical, surgical and interventional modalities demand a continuous evaluation of hydro- and balneotherapy in order to obtain evidence of its effectiveness, which must be verified or falsified with respect to dynamically changing criteria.

Einleitung

Wasser ist zusammen mit Luft und Erde (Peloid) uraltes empirisches Heilmittel, historisch vor allem wegen fehlender medikamentöser und interventioneller Alternativen. Hydrotherapie und Balneologie beschreiben Wirkungen und Wirksamkeit ohne exakte De-

finition der Faktoren und Wirkmechanismen. So war lange vor Erfindung von Thermo- und Hygro-Meter oder der analytischen Chemie erfolgreiche Hydro- und Balneotherapie möglich. Physik, Chemie, Physiologie und „klinische“ Medizin waren im 19. und Anfang des

20. Jahrhunderts eng mit Balneologie und Klimatologie korreliert. Inzwischen definieren Physiologie und Pathophysiologie Wirkmechanismen und Wirkungen, „klinische“ Studien die therapeutische Wirksamkeit. Die Empirie reicht zur Rechtfertigung der zeitaufwendigen Interventionen nicht aus: Hydrotherapie einschliesslich Hydrokinesiotherapie konkurrieren mit neuen Verfahren: für alle Interventionen gelten dieselben Kriterien der „Evidence“, die randomisierte kontrollierte Studie, unangeführt durch van Helmont Anfang des 17. Jahrhunderts.

Sportwissenschaft und Weltraumphysiologie haben zur Aufklärung der Wirkfaktoren, Wirkungen und präventiven und rehabilitativen Wirksamkeit wesentlich beigetragen. Die Balneologie kann diese Daten als Grundlage einer „evidence-basierten Balneotherapie und „Balneokinesiotherapie“ nutzen.

Faktoren, Mechanismen, Wirkungen, therapeutische Wirksamkeit

Die biologischen Wirkungen des Eintauchens des Körpers in Wasser, der Immersion, basieren auf den Prinzipien der Hydro- und Thermodynamik: Diese können differenziert werden in

- Dichte aufgrund des spezifischen Gewichts mit Viskosität des Mediums (bei Mineralwässern einschliesslich „Solen“ wesentlich),
- Druck mit Auftrieb von unten und resultierender Schwerelosigkeit (Archimedes),
- Wärmeübergang durch
- Konduktion sowie
- Konduktion bei Bewegung des Körpers oder Strömung, laminär oder turbulent, der Flüssigkeit.
- Hydrostatische Druck („Hydrostase“)

Wasser, wie Fluide generell, übt auf eingetauchte oder immernierte Körper Druck in alle Richtungen aus in Abhängigkeit vom spezifischen Gewicht des und der Eintauchtiefe, das heisst er ist erhöht bei Mineralien als Inhaltsstoffen grösserer Wassertiefe, 1.359 cm Wassersäule entspricht einer Quecksilbersäule (Hg) von 1 mm. 135 cm, die übliche Tiefe der Therapiebecken für Bewegungsbäder hat am Boden und nach oben abnehmend (!) einen Druck von 100 mm Hg, Die halbschräge („recumbant“) Position in konventionellen Wannenbad hat deutlich geringere hydrostatische Effekte. Die physiologischen und „klinisch-“ therapeutischen Effekte sind also beim Stehen und bei Bewegung in Vertikalposition am stärksten und sind beim Schwimmen in Horizontallage kaum wirksam. Die Sportwissenschaft klammert deshalb den hydrostatischen Druck weitgehend aus.

Der Druck wirkt auf alle kompressiblen Gewebstrukturen des, also des Abdomens und der Extremitäten mit kapillärer Rückresorption bei Kompression der muskelschwachen Venen und Lymphgefässe. Der knöcherne Thorax setzt dem externen Druck einen Widerstand entgegen, so dass Herz, Lunge und regionale Gefässe nur indirekt über das Zwerchfell beeinflusst werden.

In Abhängigkeit von der Eintauchtiefe und damit dem externen Druck nimmt die mikrozirkulatorische transmurale Flüssigkeitsströmung vom Interstitium in die Kapillaren und Lymphgefässe zu; diese als Drainage bezeichnete mechanisch-dynamische Einwärtsfiltration (Reabsorption) wirkt gewebeentwässernd auch bei Ödemen. Bei Normalpersonen reduzieren 15-minütige thermoneutrale Stehbäder („Head-Out-Immersion“) das Fussvolumen deutlich, das gilt auch für venöse, lymphatische und renale Ödeme jeder Ausprägung, speziell bei Schwangerschaftsgestose, wie das in klinisch –kontrollierten Studien eindeutig nachgewiesen ist (EPSTEIN, KATZ).

Gleichzeitig werden die Venen komprimiert in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe: dadurch wird die Venenfunktion Gesunder und Venenkranken intensiviert, d.h. Blut aus der Peripherie zentripetal intrathorakal verlagert (Echt et al 1974, Gauer 1975). Subjektiv wird dieser Druck nicht wahrgenommen, anders als bei der Kompression an Land durch Strümpfe oder Verbände. Bereits ein Wasserspiegel von 40 cm entspricht dem Druck von Strümpfen der Kompressionsklasse II mit 30 mm Hg.

Daraus ergibt sich die Indikation venöse Insuffizienz. Bei dieser sehr häufigen Zivilisationskrankheit ist die Antistase durch externen Druck und bei Bewegung die Aktivierung der Muskel- und Gelenk-Pumpen der unteren Extremitäten bei Funktionalität der Venenklappen Therapie der Wahl: diese Venentraining geschieht ideal in Wasser geeigneter Temperatur. Eine Wärmebelastung ist wegen der wärmeinduzierten Venendilatation zu vermeiden. Venentraining in Wasser, ergänzt durch externe Kompression an Land im Alltag ist therapeutisch wirksam, objektiv durch Plethysmographie und Rheographie messbar und durch subjektive Bedindlichkeitsverbesserung bestätigt. Bewährt hat sich das intensive Training zu Beginn, d.h während drei Wochen mindestens vier überwachte Trainingseinheiten zu jeweils 45- 60 min und daran anschliessend zwei selbstverantwortete oder Gruppen-Trainingseinheiten.dadurch sind relevante und signifikante Funktionsverbesserungen erzielbar (Pittler et al 1998). Aktuelle kontrollierte Untersuchungen mit Laufband-

Bewegung bestätigen diese Ergebnisse. Das Laufband der Firma HydroPhysio (Shropshire UK) erlaubt konventionelle Laufband-Untersuchungen sowie auf demselben Gerät Unterwasserlaufen mit einem einstellbaren Wasserspiegel von 0 bis 100 cm bei wählbaren Wassertemperaturen von 15- 42°C .

Die noch nicht optimale Wasserhöhe von 100 reichte aus, um gegenüber der Land-Laufbandergometrie besser Ergebnisse zu erzielen. Gewählt wurden Wassertemperaturen von 28- 36°C in 2°C-Schritten Wassertemperaturen von 28-32° C ergaben die besten Ergebnisse im Vergleich gegenüber Lufttemperaturen von 23°C bei relativer Luftfeuchte von 65 %. Aber auch eine Wassertemperatur von 34° C war noch positiv ohne Erwärmung der Körperkern- oder Hauttemperatur nach der Intervention im Vergleich zu der Vorphase. Es erscheint wichtig, die Wirkungen der Wassertemperatur intensiver zu untersuchen . Allerdings ist schon heute eindeutig klar, dass jede Wassertemperatur unterhalb der Schalentemperatur, gemessen an der Haut der Waden, zusätzlich thermodynamisch positiv wirkt, wie Arbeitsgruppen aus USA bestätigen, die ihre Messungen auf dem mit Hydrophysio vergleichbaren Unterwasserlaufband Hydroworx (Middletown; USA) durchführen. Bei venösen Ulzera sind hygienische Kautelen durch geeignete Wund-Dressings möglich.

Begleiterkrankungen venöser Leiden , beispielsweise des Muskel-Skelettsystems, der Arterien oder des Herzens erfordern eine Mindest-Wassertemperatur von 32°C , oder die Teilnehmer müssen isolierende Ganzkörperkleidung tragen, um Auskühlung und damit Kältestress mit Folgen wie Blutdruckanstieg zu vermeiden (Sanders et al 1997).

In aufrecht stehender oder sitzender Körperposition werden 750 ml Blut aus den Venen der Beine und des Bauches in den Brustraum verlagert, davon 250 ml in das Herz: die Vorlast („preload“) und damit das Schlagvolumen (Frank-Starling-Mechanismus) und Herzzeit-Volumen werden erhöht. Obwohl die Herzfrequenzabnahme generell beim Eintauchen des Körpers als Lehrmeinung vertreten wird, wird diese nicht primär über diesen Mechanismus, sondern vor allem über die Wassertemperatur und damit den Sympathikus gesteuert , dafür verantwortlich ist der „Atemschutzreflex“, ursprünglich „Tauchreflex“, getriggert über Kaltreize an den Thermorezeptoren, die am dichtesten am Kopf und Thorax verteilt sind. Die Wassertemperatur vermag also die Effekte der Immersion zu modifizieren. .

Diese intrathorakale Blutvolumenzunahme stimuliert die Dehnungsrezeptoren, dämpft damit den Sympa-

thikus und das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System. Gleichzeitig nimmt die Ausschüttung von Antidiuretischem Hormon/Arginin-Vasopressin (ADH/AVP) aus dem Hypophysenhinterlappen ab: Nierenfunktion und die arteriöle Durchblutung nehmen zu (Gauer-Henry-Reflex). Unterstützt wird dies durch die gleichzeitige vermehrte Ausschüttung von Atrialelem Natriuretischem Peptid (ANP). Der Tonus der Arterien und Arteriolen wird durch eine Erhöhung des Botenstoffs Zyklisches Guanosinmonophosphat reduziert : die glatte Gefäßmuskulatur relaxiert.

Eine absolute Kontraindikation ist das Stadium IV (NYHA) der Herzinsuffizienz; Stadium III gilt inzwischen wieder als Indikation, was pathophysiologisch wegen der dadurch induzierten Normalisierung der Blutvolumenregulation plausibel ist und in kontrollierten Studien verifiziert wurde (Cider et al, 2007). Die Stadien I und II wie auch die arterielle Hypertonie sind eindeutige Indikationen.

Der Wasserdruck drängt das Zwerchfell nach oben und erhöht die Arbeit der Atemmuskulatur, klinisch-kontrollierte Studien aus Frankreich, Skandinavien und Japan belegen, dass Atmung und seriell Atemtraining alle relevanten Atemparameter verbessern einschliesslich der Erhöhung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks. Dies wird unter anderem durch die Homogenisierung (Distribution) von Atmung und Durchblutung der Lunge erreicht. Der mechanisch bedingte Ausfall der Lungen-Unterlappen wird so überkompensiert.. Wichtig erscheint die so erreichte Stärkung des Zwerchfells.

Daraus ergeben sich Indikationen und die Kontraindikation für Bad und Bewegungsbad; wobei sich die „halbschräge“ Immersion in der konventionellen Wanne gegenüber dem Liegen in Luft nicht unterscheidet (Witzleb 1962, Risch et al 1978).

Auftrieb

Der **Auftrieb** vermindert die Schwerkraft in Abhängigkeit von der Dichte sowohl des sich im Wasser befindlichen Körpers, also des Badenden mit unterschiedlicher Körperzusammensetzung, als auch des Wassers: Mineralwasser trägt wegen der höheren Dichte besser als Süßwasser. Diese (Beinahe-) Schwerelosigkeit in Süßwasser von mehr als 90 % wirkt analgetisch, was therapeutisch intensivierbar ist. Der Auftrieb entlastet die Gelenke und Bandscheiben in Ruhe und vor allem bei Bewegung. So können Personen mit orthopädischen oder rheumatologischen Erkrankungen sich in Wasser schmerzlos bewegen, wenn dies an Land unter den Bedingungen der Schwerkraft nicht oder nur mit aufwendiger Technik möglich ist.

Übergewichtige sollten wegen der Gefahr der Gelenküberlastung bei Bewegung unter den Bedingungen der Schwerkraft bis zum Erreichen von Normalgewicht immer im Wasser trainieren. Auch als gelenkentlastend deklarierte Bewegungen an Land sind dem Training in Wasser unterlegen.

Damit ist Schwerkraft und deren Aufhebung differentialtherapeutisch nutzbar; einerseits durch Training mit Gewichten, Bewegung bergauf, auf Treppen oder entsprechenden Maschinen, wie „Steppern und Crossern“.

Beim Schwimmen wirkt vor allem der Auftrieb, der hydrostatische Druck ist durch die Körperposition minimiert.

Dichte, Viskosität und Widerstand

Die gegenüber Luft- in Abhängigkeit von der Temperatur der Medien etwa 800 bis 1000 x höhere **Dichte und Viskosität** erhöht den **Bewegungswiderstand und damit den notwendigen Muskelkraftaufwand**: der Stoffwechsel ist bei zeitgleicher Leistung in Watt um etwa 30 % erhöht, ohne dass dies mit BORG-Kriterien übereinstimmt: subjektiv wird die Belastung geringer empfunden als sie objektiv ist. Für Land-Wasser-Ergometrie-Vergleiche sind die Kriterien besser zu definieren, ein Konsens von Leistungswissenschaftlern und Balneologen, Physikalischen Medizinern scheint dringend angezeigt. Allerdings ist eindeutig klar, dass Training in Wasser zeitökonomischer und der Kalorienverbrauch pro Zeit höher als bei Landtraining gleicher Intensität ist.

In Abhängigkeit von der Eintauchtiefe wird die Körpersilhouette als Zusammenspiel von Muskeln, Gewebe und Haut besser konfiguriert. Damit ergibt sich die Sinnhaftigkeit eines Trainings in aufrechter Position, um Taille, Hüfte, Becken und Oberschenkel unter möglichst hohem Druck zu bewegen.

Zusätzliche Mechanotherapie durch Wasser-Düsen verstärkt diese Wirkungen. Training in Wasser reduziert die Umfänge von Oberschenkel, Gesäß und Hüfte um mehrere Zentimeter, ein Effekt der bei Einzelapplikation mindestens 24 h anhält, bei serieller Applikation sich durch Abnahme der Kleidergrößen bestätigt.

Thermische Wirkungen

Die **Wassertemperatur** hat starke zusätzliche Wirkungen. So ist der Temperaturübergang in Wasser 250 mal intensiver als in Luft, hinsichtlich Thermoneutralität und Thermodifferenz entsprechen 34.5°C Wasser-

temperatur einer Lufttemperatur von 23- 28°C Lufttemperatur (letzteres abhängig von Luftfeuchte und -bewegung). Deswegen darf in USA nicht unter einer Wassertemperatur von 28° C therapiert werden, unter 32°C nur dann, wenn der Stoffwechsel durch körperliche Aktivität genügend Wärme produziert oder vor Auskühlung schützende Isolierkleidung getragen wird. Zu hohe Wassertemperaturen führen zu Wärmestau und sind ebenfalls zu vermeiden.

Training in kühlem (subthermalen) Wasser verringert das Körpergewicht gegenüber Landtraining nicht signifikant und erhöht gleichzeitig Appetit und Hunger in der Phase nach dem Training.

Damit erscheint Training in Thermen ideal, Schwimmbäder mit niedrigeren Wassertemperaturen sind geeignet für Sport Gesunder und für Fitness, zur Erhöhung der Vigilanz.

Kranke, Funktionsgestörte und Alte und Säuglinge mit reduzierter Thermoregulation sollten bei kühlen Temperaturen Isolierkleidung getragen werden, wie dies in USA vorgeschrieben ist.

Zusätzlich chemische Arzneiwirkung in Heilwässern haben Kohlensäure, Radon, Schwefel und hochkonzentriertes Salz, die sogenannte Sole.

Voraussetzungen und Wirkungen eines Trainings in Wasser

Die Kriterien für ein Landtraining gelten auch für Training in Wasser: also Belastungs- EKG mit Herzfrequenz/Puls und Blutdruck, zusätzlich sollten immer Temperaturmessungen an Haut und Trommelfell durchgeführt werden, wenn medizinisch „evident“ behandelt wird.

Für eine Wirksamkeit ist eine ausreichende Aufenthaltsdauer (45 bis 60 min) und Serie, minimal 3 x wöchentlich über drei Wochen notwendig; ideal sind mindestens fünf Trainingseinheiten pro Woche über mindestens vier Wochen; um kontinuierlich abzunehmen ist eine Dauertherapie bis zum Erreichen des gewünschten Gewichtes angezeigt. Erst dann kann auf Landtraining umgestellt werden

Unterwassertraining mit Geräten

Inzwischen existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Unterwassertrainingsgeräte, die weltweit an vielen Orten, in der Regel als Gruppentraining, angeboten werden. Dies geschieht in speziellen Trainings-Pools mit Dauerpositionierung der Geräte, vor allem in USA, Großbritannien und Brasilien, in Österreich einst durch

Oth in Baden und vorher in Bad Ischl und Bad Waltershof. Überwiegend und inzwischen in Heilbädern und Sportbädern weit verbreitet sind Kurse auf leichten Unterwasserandrädern in Form von „Aquabiking und Aquaspinning“. Italien, klassisches Heilbäderland, ist Protagonist dieser Art des Gerätetrainings mit inzwischen mehr als 10.000 verkauften Geräten unterschiedlicher Hersteller. Wie verbreitet „aquatic exercise therapy“ ist, zeigen die 640.000 Einträge nach der „Google-Suche“. Allerdings fehlen bisher weitgehend kontrollierte Studien.

Zirkeltraining

Ideal ist ein abwechslungsreichen Zirkeltraining mit unterschiedlichen Geräten und möglichen Phasen des Trainings mit Kleingeräten wie Auftriebskörper, elastischen Ex- und Impandern und Gewichte.

Sieben Geräte, nämlich Rad, Stepper, Rudergerät, Climber, Arm-Pulldowner, Crosser, Hüftbeuger abs bietet die Firma Aquagym in Grossbritannien, ehemals auch Aquafit in Deutschland.

Aquaback Ballance Deutschland bietet zur Zeit vier Maschinen Aquarotation, Aquaback, Aquapullpress und Aquadip zur Medizinischen Trainigstherapie und zum Krafttraining an. Der Hersteller selbst hat mit dem Prototyp seine sportwissenschaftliche Dissertation an der Universität Potsdam gefertigt und kontrolliert gegen diverse andere Therapien

Die Firma Lochbaum in USA bietet Unterwasser-Rad, -Laufband, -Walker und -Kraftmaschine an, die auch in den von ihr in 16 Länder vertriebenen Turtle-Pool integriert sind. Dieser Turtle-Pool wird also speziell für den Geräteinsatz hergestellt, ist aber auch für jede andere Trainings- und Regenerationsform einsetzbar.

Die US-Firmen Pooltherapy und Aquastyle stellen in Kunststoff und Edelstahl eine Vielzahl von Geräten her: so Aquatic Supergym mit der Möglichkeit zum Radfahren, Laufen auf einem unangetriebenem Laufband, Crossen, Steppen, Twisten, Skilanglauf, Skaten und Climben

Aquatix und Idroiterapia aus Italien stellen Stepper, Twister, Cycle und Laufbänder her, genau wie H2Ogym aus Japan und Aquamo aus Stuttgart.

Nach unserer Recherche existieren zur Zeit weltweit

- 21 unterschiedliche Unterwasserräder,
- 14 Unterwasserlaufbänder, davon 4 angetriebene mit Geschwindigkeitseinstellung, der Rest ist nicht angetrieben, also „passiv“,

- 6 Crosser,
- 3 Twister und
- 2 Stepper.

Physikalische Leistungsangaben, wie beim Gerätetraining an Land mit Recht zwingend notwendig sind bisher, ausser auf den Laufbändern und nicht im Handel befindlichen Prototypen von Ergometern bisher nicht möglich. Damit ist für die Evaluation die indirekte physiologische Eichung über die Parameter der Spiroergometrie einschliesslich Herzfrequenz-Messung, und ergänzt durch BORG-Skalierung, zwingend. Als Therapie sind damit die Kriterien der Land-Ergometrie gültig

Der Arbeitskreis AIMS (AquaEvidence In Medicine&Sport) der seit 130 Jahren existenten wissenschaftlichen Vereinigung für Bäder- und Klimakunde e.V. (VBK) befasst sich satzungsgemäss mit allen Facetten der Balneologie, inzwischen speziell mit Hydrokinesiotherapie, so die Nomenklatur der Behandlung im Bewegungsbad, zusätzlich für Gesundheit und Fitness, inzwischen auch als „balneologische Bariatrie“ gegen Übergewicht jeder Ausprägung, vor allem morbide Adipostas, definiert nach Body Mass Index und Körper- vor allem Bauch umfang. Hierzu wurden zunächst zehn Unterwasseräder auf ihre Funktionalität neutral unter „Blindbedingungen“ getestet, ausserdem vier Unterwasserlaufbänder und drei Crosser.

Vor hundert Jahren in Deutschland und Schweden durch Zander, Zuntz und von Leyden erfunden, dann ab 1920 von Lowman in Los Angeles und Warm Springs weiterentwickelt, ab den 40-er Jahren kurzfristig zunächst in Bad Ischl und dann in Baden bei Wien durch Oth perfektioniert, erfanden Prof. Schmidt-Kessen zusammen mit Herrn Laule vom Institut für Balneologie der Universität Freiburg das Unterwasser-Spiro-Ergometer. Allerdings spiroergometrierte die Arbeitsgruppe von Zuntz bereits 1901 in einem Feldversuch im Brienzer See.

Die aktuell angebotenen Geräten sind für das Fitnesstraining geeignet, da Wasser per se zusätzlich wirkt, dagegen sind sie für die Therapie zu verbessern. Biomechanisch korrekte Bewegungen, die ohne Geräte nur sehr schwer möglich sind, werden erreicht, die objektiv messbare Leistung zur Steuerung und Kontrolle des Trainings ist noch möglich.

Die Erfinder von Tretmaschine = Laufband, Velocipedtreten = Ergometer und Medico-Mechanischer Gymnastikmethode = gerätegestützter Medizinischer Trainingstherapie, Zander, Zuntz und von Leyden so-

wie von Basch, wollten diese Methoden auch zur indizierten und dosierten „Differential-Hydrokinesiotherapie“ einsetzen. Sie scheiterten an technischen Problemen, vor allem wegen der Korrosion. Heilbädern wie Aachen, Baden-Baden, Budapest, Karlsbad, Nauheim Ragaz, Stuttgart, Wiesbaden, Wildbad waren bestens ausgerüstet und bereit zum Transfer in die neu entstandenen Gesellschaftsbäder. Mit Ausnahme Oths Heilgymnastiksaal in Heilwasser geriet die Therapie an Land und in Wasser in Vergessenheit. Neue Materialien und innovative Techniken lassen vermuten, dass diese Intervention zu einer Renaissance der Balneotherapie als moderne, dosier- und messbare Bewegungstherapie, aquatic exercise therapy; einleitet, parallelisiert durch biometrisch valide kontrollierte Studien. So kann diese physikalisch und pathophysiologisch plausible Intervention der Vergangenheit in die Zukunft transferiert werden.

Literatur

- Avellini BA, Sharipo Y, Pandolf KB: Cardio-respiratory physical training in water and on land. *Eur j Appl Physiol* 50:255-63, 1983
- Bates A, Hanson N: Aquatic exercise therapy. Philadelphia, London, Toronto, Montreal Sydney, Tokyo, W.B. Saunders Company, 1992
- Becker B: Aquatic Physics 15-23, in Ruoti RG, Morris DM, Cole AJ: Aquatic Rehabilitation. New York, Lippincott, 1997
- Bookspan J: Physiological Effects of Immersion at Rest, 25-37, in Ruoti RG, Morris DM, Cole AJ: Aquatic Rehabilitation. New York, Lippincott, 1997
- Brechat PH, Wolf JP, Simon-Rigaud ML, Brehat N, Kante-lip JP, Berthelay S, Regnard J: Influence of immersion on respiratory requirements during 30-min cycling exercise. *Eur Respir* 13:860-66, 1999
- Cider A, Stibrant Sunnerhagen K, Schaufelberger M, Andersson B: Cardiopulmonary effects of warm water immersion in elderly patients with chronic heart failure, *Clinical physiology* 25: 313-7, 2005
- Cider A, Sveälv B, Täng M, Schaufelberger M, Andersson B: Immersion in warm water induces improvement in cardiac function in patients with chronic heart failure, *Europ J Heart Failure* 8: 308-313, 2007
- Coruzzi P, Biggi A, Musiari L, Ravanetti C, Vescovi PP, Novarini A: Renin-aldosterone system suppression during water immersion in renovascular hypertension. *Clin Sci* 68:12, 1985
- Cureton KJ: Physiological Responses to water exercise, 39-56 in Ruoti RG, Morris DM, Cole AJ: Aquatic Rehabilitation. New York, Lippincott, 1997
- D'Acquisto LJ, Boggs GW, D'Acquisto DM, Faralan JA, Nethery V: Cardiopulmonary, metabolic and blood lactate responses to shallow water exercise in young and older females. *Med Sci Sports Exerc* 37:S94-5, 2005 (abstract)
- Dalichau S, Scheele: Aquales Funktionstraining als alternatives Behandlungsregime in der Rehabilitation von Patienten mit retropatellaren Kniegelenkschäden. *Phys Rehab Kur Med* 9 172-78, 1999
- Denison DM, Wagner PD, Kingaby GL, West JB: Cardiopulmonary responses to exercise in air and underwater. *J Appl Physiol* 33:426-30, 1972
- Derion T, Guy HJ, Tsukimoto K, Schaffartzik W, Prediletto R, Poole DC, Knight DR, Wagner PD: Ventilation-perfusion relationships in the lung during head-out water immersion. *J Appl Physiol* 72:64-72, 1992
- Echt M, Lange L, Gauer OH: Changes of Peripheral Venous Tone and Central Transmural Venous Pressure during Immersion in a Thermo-Neutral Bath. *Pflügers Arch* 352: 211-7, 1974
- Epstein M: Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiol Rev* 72:563-621, 1992
- Erler K, Amders C, Fehlberg G, Neumann U, Brücker L, Scholle H.C.: Objektivierung der Ergebnisse einer speziellen Wassertherapie in der stationären Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation. *Z Orthop* 139:352-8, 2001
- Eston R, Peters D: Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci* 17:231-8, 1999
- Farhi LE, Linnarsson D: Cardiopulmonary readjustments during graded immersion in water at 35°C. *Respir Phys* 30:35-50, 1977
- Fujisawa H, Kamimura H, Ohtsuka Y, Nanbu T, Yabunaka N, Agishi Y: Continuous measurement of blood pressure, heart rate and left ventricular performance during and after isometric exercise in head-out immersion. *Eur J App Physiol* 72:548-52, 1996
- Fujishima K, Shimizu T: Body Temperature, Oxygen Uptake and Heart Rate during Walking in Water and on Land at an Exercise Intensity Based on RPE in elderly men. *J Physiol Anthropol* 22:83-8, 2003
- Gabrielsen A, Sorensen VB, Pump B, Galatius S, Videbaek R, Bie PwJ, Christensen NJ, Wroblewski H, Kastrup J, Norsk P: Cardiovascular and neuroendocrine responses to water immersion in compensated heart failure. *Am J Physiol Heart* 279:H1931-40, 2000
- Gauer OH: Recent advances in the physiology of whole body immersion. *Acta Astronautica* 2:31-9, 1975
- Gerbes AL, Arendt RM, Schnizer W, Silz S, Jüngst D, Zähringer J, Paumgartner G: Regulation of atrial natriuretic factor release in man: effect of water immersion. *Klin Wochenschr* 64:666-7, 1986
- Graveline DE, Balke B, McKenzie CRE, Hartman B: Psychobiologic effects of water-immersion-induced hypodynamics. *Aerospace Med* 32:387-400, 1961
- Greenleaf JE, Shvartz E, Kravik S, Keil LC: Fluid shifts and endocrine responses during chair rest and water immersion in man. *Respirat Environ Exercise Physiol* 48:79-88, 1980
- Haffor AS, Mohler JG, Harrison AC: Effects of water immersion on cardiac output of lean and fat male subjects at rest and during exercise. *Aviat Space Environ Med* 62: 123-7, 1991
- Hall J, Morand EF, Medbak S, Zaman M, Perry L, Goulding NJ, Maddison PJ, O'Hare JP: Abnormal hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in rheumatoid arthritis. Effects of nonsteroidal antiinflammatory drugs and water immersion. *Arthritis Rheum* 37:1132-7, 1994
- Hartmann B, Hartmann M: Das Thermalbad: Faktoren-Wirkungen, Wirksamkeit 84-91, in Käb W, Käb H: Deutsches Bäderbuch 2. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart 2008

- Hartmann S, Köble N, Rake A, Bung P, Huch A, Huch R: "Aqua-Fit" in der Schwangerschaft: Maternale und fetale hämodynamische Reaktionen bei einem Trainingsprogramm im Wasser. *Geburtsh Frauenheilk* 61:82-86, 2001
- Hayashi N, Ishihara M, Tanaka H, Osumi T, Yoshida T: Face immersion increases vagal activity as assessed by heart rate variability. *Eur J Appl Physiol* 76:394-9, 1997
- Hinghofer-Salkay H, Harrison MH, Greenleaf JE: Early fluid and protein shifts in men during water immersion. *J Appl Physiol* 56:673-8, 1987
- Hötsch, S. and Mack, S. Die Wasserimmersion als adjuvante nichtmedikamentöse Therapieform in der Behandlung der essentiellen Hypertonie. 1998. Charité, Humboldt-Univers. Berlin./Dissertation
- Ioos C, Fohlen M, Villeneuve N, Badinand-Hubert N, Jalin C, Cheliout-Heraut F, Pinard JM: Hot water epilepsy: a benign and unrecognized form. *J Child Neurol* 15:125-8, 2000
- Kaiser D, Linkenbach HJ, Gauer OH: Änderung des Plasmavolumens des Menschen bei Immersion in ein threomidifferencetes Wasserbad. *Pflügers Arch* 308:166-73, 1969
- Kathen, M. v. Prospektiv-randomisierte Vergleichstudie zur Rehabilitation vorderer Kreuzbandplastiken zwischen konventioneller Therapie und Unterwasserfahrrad. 1999, Ruhr-Universität Bochum. Dissertation
- Katz VL, Ryder RM, Cefalo RC, Carmichael SC, Goolsby R: A comparison of bed rest and immersion for treating the edema of pregnancy. *Obstet Gynecol* 75:147-51, 1990
- Katz VL, Rozas L, Ryder R, Cefalo RC: Effect of daily immersion on the edema of pregnancy. *Am J Perinatology* 9:225-7, 1992
- Katz VL: Exercise in water during pregnancy. *Clin Obstet Gynecol* 46:432-41, 2003
- Kent T, Gregor J, Deardorff L, Katz V: Edema of pregnancy: a comparison of water aerobics and static immersion. *Obstet Gynecol* 94:726-9, 1999
- Kihlstrand M, Stenman B, Nilsson S, Axelsson O: Water-gymnastics reduced the intensity of back/low back pain in pregnant women. *Acta Obstet Gyecol Scand* 78:180-5, 1999
- Kinney EL, Cortada X, Ventura R: Cardiac size and motion during water immersion: Implication for volume homeostasis. *Am Heart J* 113:345-49, 1986
- Knupfer H: Zur Unterwassergymnastik bei schlaffen Lähmungen. *Die Medizinische* 27:990-3, 1956
- Koninger J, Russ M, Schmidt R, Reilhauer K, Butters M: Postoperative wound healing in wound-water contact. *Zentralbl Chir* 125:157-60, 2000
- Konlian C: Aquatic therapy: making a wave in the treatment of low back injuries. *Orthopaedic Nursing* 18:11-8, 1999
- Koska J, Rovensky J, Zimanova T, Vigas M: Growth hormone and prolactin responses during partial and whole body warm-water immersions. *Acta Physiol Scand* 178:19-23, 2003
- Koury J: Aquatic Therapy Programming Guidelines for Orthopedic Rehabilitation. *Human Kinetics*, 1996
- Kraus H, Kirsten R: Die Wirkung von Schwimm- und Lauftraining auf die celluläre Funktion und Struktur des Muskels. *Pflügers Arch* 308:57-79, 1969
- Kravitz L, Mayo JJ: The physiological effects of aquatic exercise. *Aqua Exercise Review*, 2003.
- Kurabayashi H, Machida I, Yoshida Y, Tamura J, Itoh K, Kubota K: Clinical analysis of breathing exercise during immersion in 38 degrees C water for obstructive and constrictive pulmonary diseases. *J Med* 30:61-6, 1999
- Kurabayashi H, Tamura K, Tamura J, Kubota K: The effects of hydraulic pressure on atrial natriuretic peptide during rehabilitative head-out water immersion. *Life Sciences* 69:1017-21, 2001
- Kwee A, Graziosi GC, Schagen LJHv, Venrooy FVv, Benink D, Mol BW, Cohlen BJ, Visser GH: The effect of immersion on haemodynamic and fetal measures in uncomplicated pregnancies of nulliparous women. *BJOG* 107:663-8, 2000
- Lange L, Lange S, Echt M, Gauer OH: Heart volume in relation to body posture and immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Arch* 352:219-26, 1974
- Larochelle P, Cusson JR, Souch P, Hamet P, Scjoffrin EL: Renal effects of immersion in essential hypertension. *Am J Hypertens* 7:120-8, 1994
- Lasovoski F, Prier S, Kuskas P, Dubard T, Stievenart JL, Dehen H: Hot water epilepsy in an adult: Ictal EEG, MRI and SPECT features. *Seizure* 1:203-6, 1992
- Leddy JJ, Roberts A, Moalem J, Curry T, Lundgren CE: Effects of water immersion on pulmonary function in asthmatics. *Undersea Hyperb Med* 28:75-82, 2001
- Lee YC, Yen DJ, Lirng JF, Yiu CH: Epileptic seizures in a patient by immersing his right hand into hot water. *Seizure* 9:605-7, 2000
- LeFort SM, Hannah TE: Return to work following an aquafitness and muscle strengthening program for the low back injured. *Arch Phys Med Rehabil* 75:1247-55, 1994
- Mano T, Iwase S, Saito M, Koga K, Abe H, Inamura K, Matsukawa T: Neural and humoral controlling mechanisms of cardiovascular functions in man under weightlessness simulated by water immersion. *Acta Astronaut* 23:31-3, 1991
- Mano T, Iwase S, Salto M, Koga K, Abe H, Inamura K, Matsukawa T: Neural and humoral controlling mechanisms of cardiovascular functions in man under weightlessness simulated by water immersion. *Acta Astronautica* 23:3, 1991
- Marcer JA, Jensen KS. Reliability and Validity of Deep Water Running Graded Exercise Test. www.unlv.edu/faculty/jmrcer/dwr/dwr1.html, 1-5. 2003.
- McNeal R: Aquatic therapy for patients with rheumatic disease. *Rheumatic Disease Clinics of North America* 16:915-29, 1990
- Mekjavic IB, Bligh J: The increased oxygen uptake upon immersion. *Eur J Appl Physiol* 58:556-62, 1989
- Melton-Rogers S, Hunter G, Walter J, Harrison P: Cardiorespiratory responses of patients with rheumatoid arthritis during bicycle riding and running in water. *Phys Ther* 76:1058-65, 1996
- Miwa C, Mano T, Saito M, Iwase S, Matsukawa T, Sugiyama Y, Koga K: Ageing reduces sympatho-suppressive response to head-out water immersion in humans. *Acta Physiol Scand* 158:15-20, 1996
- Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, Matsukawa T: Sympatho-vagal responses in humans to thermoneutral head-out water immersion. *Aviat Space Environ Med* 68:1109-14, 1997
- Morlock JF, Dressendorfer RH: Modification of a standard bicycle ergometer for underwater use. *Undersea Biomed Res* 1:335-42, 1974
- Mucha C: Nachweis krankheitsspezifischer Wirkungen der Unterwasserbewegungs-therapie in der Literatur. *Physikalische Therapie* 11:653-8, 2000

- Mucha C, Braun N: Evaluationsergebnisse zur Unterwasserbewegungstherapie in der Literatur. *Physikalische Therapie in Theorie und Praxis* 12:736-43, 1997
- Nathelson BH, Nary ChA, Curtis GA, Creighton D: Roles of stress and adaptation in the elicitation of face-immersion bradycardia. *Exercise Physiol* 54:661-5, 1983
- Norm A, Hanson B: *Aquatic exercise therapy*. Philadelphia, Saunders, 1992
- Onnderka Wv, Müller-Stephann H: Die Unterwasserextension beim lumbalen Wurzelreizsyndrom (Technik und Erfahrungen). *Beitr Orthop Traumatol* 33:539-46, 1986
- Onodera S, Miyachi M, Nishimura M, Yamamoto K, Yamaguchi H, Takahashi K, In JY, Amaoka H, Yoshioka A, Matsui T, Hara H: Effects of water depth on abdominal [correction of abdominails] aorta and inferior vena cava during standing in water. *J Gravit Physiol* 8:59-60, 2001
- Perk J, Perk L, Boden C: Cardiorespiratory adaptation of COPD patients to physical training on land and in water. *Eur Respir J* 9:248-52, 1996
- Perini R, Milesi S, Biancardi L, Pendergast DR, Veicsteinas A: Heart rate variability in exercising humans: effect of water immersion. *Eur j Appl Physiol* 77:326-32, 1998
- Perk J, Perk L, Boden C: Cardiorespiratory adaptation of COPD patients to physical training on land and in water. *Eur Respir J* 9:248-52, 1996
- Pittler MH, Hartmann BR, Abbot NC: Effects of single and serial water immersion on venous function. *Perfusion* 11:132-6, 1998
- Pöyhönen T, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mälikä E: Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 80:52-6, 1999
- Prins JGD: Aquatic therapy in the rehabilitation of athletic injuries. *Clin Sports Med* 18:447-61, 1999
- Reichelt Av, Grasshoff H: Ergebnisse der Unterwasserstrahlmassage mit gleichzeitiger Wirbelsäulenextension bei der Behandlung lumbaler Wurzelreizsyndrome. *Z Physiother* 42:153-5, 1990
- Risch D, Koubenec HJ, Gauer OH, Lange S: Time course of cardiac distension with rapid immersion in a thermoneutral bath. *Pflügers Arch* 374:119-20, 1978
- Risch WD, Koubenec HJ, Beckmann U, Lange S, Gauer OH: The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 374:115-8, 1978
- Robertson R, Goss F, Michael T, Moyna N, Gordon P, Visich P, Kang J, Angelopoulos T, Dasilva S, Metz K: Validity of the Borg perceived exertion scale for use in semirecumbent ergometry during immersion in water. *Percept Mot Skills* 83:3-13, 1996
- Ruoti RG, Morris DM, Cole AJ: *Aquatic Rehabilitation*. New York, Lippincott, 1997
- Ruoti RG, Troup JT, Berger RA: The effects of nonswimming water exercises on older adults. *JOSPT* 19:140-5, 1994
- Sanders ME: *YMCA Water fitness for health*; Champaign IL 2000
- Sanders ME, Constantino NL, Rippe NE, Barrett AL, Griffin D, Krumpke P, Fredericks R: A comparison of results of functional water training on field and laboratory measures in older women 630. *Med Sci Sports Ex* 29:110, 1997
- Schmid JP, Noveanu M, Morger C, Gaillet R, Capoferri M, Anderegg M, Saner H: Influence of water immersion, water gymnastics and swimming on cardiac output in patients with heart failure, *Heart* 93:722-7, 2007
- Saubier B, Hinrichs HU, Wicharz J, Hünnefeld G, Herbst H: Mobile Traktion im Wasser. *Krankengymnastik* 42: 1115-9, 1990
- Schipke JD, Pelzer M: Effect of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability. *Br J Sports Med* 35:174-80, 2001
- Schirmacher, U. Blutdruck- und Herzfrequenzverhalten normo- und hypertoner Personen während Eintauchphase und Immersion bis ICR III in 35° C temperiertem Süßwasser: kontinuierliche, phasengetreue, nichtinvasive Registrierung des Fingerarteriendrucks. 1992. Albrecht Ludwigs-Universität Freiburg. Dissertation
- Schmid JP, Noveanu M, Morger C, Gaillet R, Capoferri M, Anderegg M, Saner H: Influence of water immersion, water gymnastics and swimming on cardiac output in patients with heart failure, *Heart* 93:722-7, 2007
- Schnizer W: *Bewegungstherapie im Wasser und Wasserimmersion*. H u K 53:296, 2001
- Schnizer W, Magyarosy I: *Bewegungstherapie im Wasser*, chap. 35, in *morbus bechterew*, edited by Falkenbach A, Wien New York, Springer, 2005, pp 604-12
- Schnizer W: Das Bad - ein interessantes Modell zum Studium der Regulationen von Blutvolumen und Salz-Wasser-Haushalt am Beispiel des atrialen natriuretischen Faktors (ANF). *Z Phys Med Baln Med Klim* 18:123-8, 1989
- Schnizer W, Galler B, Schelshorn H, Lindner J, Gebres AL, Dettenkofer K: Endokrine Badereaktionen Physiologische Grundlagen eines Immersionstrainings. *Phys Rehab Kur Med* 5:1-5, 1995
- Schnizer W, Mesroglu M, Gerbes AL, Arendt RM, Knorr H, Schöps P, Waßmann M, Schneider J: Renal and hormonal reactions during water immersion in healthy pregnant women and patients with EPH-Gestosis, in *Endocrinology of the Heart*, edited by Kaufmann W, Wambach G, London Paris Tokyo Hong Kong, Springer-Verlag, 1989,
- Schnizer W, Knorr H, Gerbes AL, Arendt RM, Lindner J, Schöps P: The effect of different water temperatures on the release of the atrial natriuretic factor (ANF) during "Head out Water Immersion (HOI)". *PMR* 3:74-8, 1991
- Schöning N: *Bewegungstherapie im Wasser Grundlagen und praktische Übungsleitungen*. Stuttgart/ New York, Gustav Fischer Verlag, 1988
- Shono T, Fujishima K, Hotta H: Physiological responses and RPE during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age. *J Physiol Anthropol* 19:195-200, 2000
- Shono T, Fujishima K, Hotta H, Ogaki T, Masumoto K: Cardiorespiratory response to low intensity walking in water and on land in elderly women. *J Physiol Anthropol* 20: 269-74, 2001
- Simmons V, Hansen PD: Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. *J Gerontol* 5:M233-38, 1996
- Sova R: *The water way to mobility and pain free living*. Port Washington WI, 1996
- Stenstrom CH, Lindell B, Swanberg E, Swanberg P, Harms-Ringdahl K, Nordemar R: Intensive dynamic training in water for rheumatoid arthritis functional class II—a long-term study of effects. *Scand J Rheumatol* 20:358-65, 1991

- Stolberg A, Frenk H: Development of Water-Immersion Produced Analgesia. *Develop Psychobiolog* 28:247-55, 1995
- Sugan A, Nomura T: Influences of acute water and land exercises on pain, state anxiety and salivary cortisol concentration in chronic low back pain patients . *Jp J Phys Fitness Sports Med* 49:581-8, 2000
- Sugiyama Y, Miwa C, Xue YX, Iwase S, Suzuki H, Matsukawa T, Watanabe T, Kobayashi F, Mano T: Cardiovascular function in the elderly during water immersion . *Environ Med* 37:91-4, 1993
- Tajima F, Sagawa S, Iwamoto J, Miki K, Freund BJ, Claybaugh JR, Shiraki K: Cardiovascular, renal, and endocrine responses in male quadriplegics during head-out water immersion. *Am J Physiol* 258:R1424-30, 1990
- Tempelton MS, Booth DL, O'Kelly WD: Effects of aquatic therapy on joint flexibility and functional ability in subjects with rheumatic disease. *J Orthop Sports Phys Ther* 23: 376-81, 1996
- Thein JM, Brody LT: Aquatic-based rehabilitation and training for the elite athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 27: 32-41, 1998
- Thorsen E, Skogstad M, Reed JW: Subacute effects of inspiratory resistive loading and head-out water immersion on pulmonary function . *Undersea Hyperb Med* 26:137-41, 1999
- Thöni A, Ploner F, Moroder L: Über die Geburt im Wasser und das Infektionsrisiko. *Frauenarzt* 45:340-5, 2004
- Tovin BJ, Wolf SL, Greenfield BH, Crouse J, Woodfin BA: Comparison of the Effects of Exercise in Water and on Land on the Rehabilitation of Patients With Intra-articular Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. *Phys Ther* 74:710-9, 1994
- Voß, B. Aquatraining-Auswirkungen auf ausgewählte Blutparameter und die Herzfrequenzvariabilität beim Pferd. 2000. Institut für Veterinär-Physiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der freien Universität Berlin. Dissertation
- Watanabe E, Takeshima N, Okada A, Inomata K: Comparison of water- and land-based exercise in the reduction of state anxiety among older adults . *Percept Mot Skills* 91: 97-104, 2000
- Weimann D, Wydra G: Aquajogging als Ausdauertrainingsform bei orthopädischen Beeinträchtigungen. *Gesundheits-sport und Sporttherapie* 15:40-5, 1999
- Weiss CR, Jeamieson NB: Affective aspects of an age-integrated water exercise program. *Gerontologist* 27:430-3, 1987
- Weiss Th, Elsässer H, Viktor C, Hsu E, Diehm C: Akute Auswirkungen einer speziellen Wassergymnastik auf das venöse System bei Patienten mit chronisch venöser Insuffizienz. *VASA* 20:227, 1991
- White M: Water exercise. The safe and effective exercise alternative. Champaign, Human Kinetics, 1995
- Whitlatch S, Adema R: Functional benefits of a structured hot water group exercise program. *Activities Adaptation and Aging* 20:75-85, 1996
- Wilder RP, Brennan D, Schotte DE: A Standard measure for exercise prescription for aqua running. *Am J Sports Med* 21:45-8, 1993
- Wilder RP, Brennan DK: Fundamentals and techniques of aqua running for athletic rehabilitation. *J Back Musculoskel Rehabil* 4:287-96 , 1994
- Wilder RP, Brennan DK: Physiological responses to deep water running in athletes. *Sports Med* 16:374-80, 1993
- Willen C, Sunnerhagen KS, Grimby G: Dynamic water exercise in individuals with late poliomyelitis. *Arch Phys Med Rehabil* 82:66-72, 2001
- Witzleb E: Physikalische Wirkung der Badekur, S 186-217, in: Amelung W, Evers A: Handbuch der Bäder- und Klimakunde, Schattauer Stuttgart 1962
- Zelter D. Ergometrische Untersuchungen in Wasser-, Sole- und Kohlensäurebädern verschiedener Temperatur. 1966. Universität Freiburg. Dissertation

Korrespondenzadresse des Autors

Priv.-Doz. Dr. med. Bernd Hartmann,

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Universitäts-Klinikum Freiburg, Balneologie Außenstelle Bad Krozingen

Email: bernd.r.hartmann@t-online.de