Matthias Fenzl

Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation

hogrefe

Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation

Matthias Fenzl

Programmbereich Gesundheitsberufe

Wissenschaftlicher Beirat Programmbereich Gesundheitsberufe

Sophie Karoline Brandt, Bern; Jutta Berding, Osnabrück; Sinje Gehr, Göttingen; Heidi Höppner, Berlin; Heike Kubat, Feldbach; Christiane Mentrup, Zürich; Sascha Sommer, Bochum; Ursula Walkenhorst, Osnabrück; Claudia Winkelmann, Berlin

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Matthias Fenzl

Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation

Unter Mitarbeit von

Dr. med. Christian Schlegel
Stefan Rötheli Augenweiden Foto (Unterwasseraufnahmen)

hogrefe

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Dr. Matthias Fenzl, Sportwissenschaftler, Sporttraumatologie, Sportphysiologie,
Aqua Training und Therapie, Bad Ragaz (Schweiz)

Wichtiger Hinweis: Der Verlag hat gemeinsam mit den Autoren bzw. den Herausgebern große Mühe darauf verwandt, dass alle in diesem Buch enthaltenen Informationen (Programme, Verfahren, Mengen, Dosierungen, Applikationen, Internetlinks etc.) entsprechend dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes abgedruckt oder in digitaler Form wiedergegeben wurden. Trotz sorgfältiger Manuskripterstellung und Korrektur des Satzes und der digitalen Produkte können Fehler nicht ganz ausgeschlossen werden. Autoren bzw. Herausgeber und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und keine daraus folgende oder sonstige Haftung, die auf irgendeine Art aus der Benutzung der in dem Werk enthaltenen Informationen oder Teilen davon entsteht. Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://www.dnb.de abrufbar.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Kopien und Vervielfältigungen zu Lehr- und Unterrichtszwecken, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

All rights, including for text and data mining (TDM), Artificial Intelligence (AI) training,
and similar technologies, are reserved.
Alle Rechte, auch für Text- und Data-Mining (TDM), Training für künstliche Intelligenz (KI)
und ähnliche Technologien, sind vorbehalten.

Verantwortliche Person in der EU: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, Merkelstraße 3,
37085 Göttingen, info@hogrefe.de

Anregungen und Zuschriften bitte an den Hersteller:
Hogrefe AG
Lektorat Gesundheitsberufe
z. Hd. Barbara Müller
Länggass-Strasse 76
3012 Bern
Schweiz
Tel. +41 31 300 45 00
info@hogrefe.ch
www.hogrefe.ch

Lektorat: Barbara Müller
Herstellung: Daniel Berger
Umschlagabbildung: frantic00, Getty Images
Umschlag: Hogrefe intern
Satz: Claudia Wild, Konstanz
Druck und buchbinderische Verarbeitung: Finidr s.r.o., Český Těšín
Printed in Czech Republic

1. Auflage 2025
© 2025 Hogrefe Verlag, Bern

(E-Book-ISBN_PDF 978-3-456-96358-7)
(E-Book-ISBN_EPUB 978-3-456-76358-3)
ISBN 978-3-456-86358-0
https://doi.org/10.1024/86358-000

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Nutzungsbedingungen

Der Erwerber erhält ein einfaches und nicht übertragbares Nutzungsrecht, das ihn zum privaten Gebrauch des E-Books und all der dazugehörigen Dateien berechtigt.

Der Inhalt dieses E-Books darf von dem Kunden vorbehaltlich abweichender zwingender gesetzlicher Regeln weder inhaltlich noch redaktionell verändert werden. Insbesondere darf er Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen, digitale Wasserzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Der Nutzer ist nicht berechtigt, das E-Book – auch nicht auszugsweise – anderen Personen zugänglich zu machen, insbesondere es weiterzuleiten, zu verleihen oder zu vermieten.

Das entgeltliche oder unentgeltliche Einstellen des E-Books ins Internet oder in andere Netzwerke, der Weiterverkauf und/oder jede Art der Nutzung zu kommerziellen Zwecken sind nicht zulässig.

Das Anfertigen von Vervielfältigungen, das Ausdrucken oder Speichern auf anderen Wiedergabegeräten ist nur für den persönlichen Gebrauch gestattet. Dritten darf dadurch kein Zugang ermöglicht werden. Davon ausgenommen sind Materialien, die eindeutig als Vervielfältigungsvorlage vorgesehen sind (z. B. Fragebögen, Arbeitsmaterialien).

Die Übernahme des gesamten E-Books in eine eigene Print- und/oder Online-Publikation ist nicht gestattet. Die Inhalte des E-Books dürfen nur zu privaten Zwecken und nur auszugsweise kopiert werden.

Die Inhalte dürfen nicht zur Entwicklung, zum Training und/oder zur Anreicherung von KI-Systemen, insbesondere von generativen KI-Systemen, verwendet werden. Das Verbot gilt nicht, soweit eine gesetzliche Ausnahme vorliegt.

Diese Bestimmungen gelten gegebenenfalls auch für zum E-Book gehörende Download-Materialien.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung 9

Einleitung 10

Teil 1: Grundlagen von Aqua Exercise 11

1 Einführung: Von der Hydrotherapie zu Aqua Exercise 13

2 Physikalische und chemische Einflüsse 16

2.1 Physikalische Einflüsse 17

2.1.1 Dichte und Viskosität 17

2.1.2 Auftrieb 18

2.1.3 Thermische Faktoren 20

2.2 Chemische Einflüsse 21

3 Physiologie der Ruheimmersion und der Leistung im Wasser 24

3.1 Herz und Kreislauf 24

3.1.1 Physiologie von Herz und Kreislauf in der Ruheimmersion 24

3.1.2 Leistungsphysiologie von Herz und Kreislauf 33

3.2 Lymphsystem und Niere 35

3.2.1 Physiologie des Lymphsystems in der Ruheimmersion 35

3.2.2 Physiologie der Niere in der Ruheimmersion 37

3.2.3 Leistungsphysiologie der Niere 39

3.3 Lunge 42

3.3.1 Physiologie der Atmung in der Ruheimmersion 42

3.3.2 Leistungsphysiologie der Atmung 45

4 Thermoregulation 52

4.1 Temperaturdifferenzierung nach Bäderkategorien 52

4.2 Thermophysiologie in der Ruheimmersion 52

4.2.1 Thermoindifferenz 52

4.2.2 Thermodifferenz 54

4.3 Thermophysiologie der Leistung im Wasser 58

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

5 Organisatorische und personale Voraussetzungen .. 62
5.1 Wassersicherheit .. 62
5.2 Durchführungsbeschränkungen .. 62
5.3 Intrinsische Motivation .. 63

Teil 2: Krankheitsspezifische Indikationen und Applikationsfelder .. 65

6 Einführung: Anwendungsgebiete .. 67

7 Muskel-Skelett-System .. 69
7.1 Rheumatischer Formenkreis .. 69
7.2 Rheumatoide Arthritis (RA) .. 72
7.3 Fibromyalgie .. 74
7.4 Knie- und Hüftarthrose – Osteoarthritis .. 79
7.5 Kniegelenkersatz .. 82
7.6 Hüftgelenkersatz .. 84
7.7 Schulter .. 87
7.8 Wirbelsäule .. 89
7.9 Sportverletzungen .. 92

8 Stoffwechselerkrankungen .. 102
8.1 Übergewicht und Adipositas .. 102
8.1.1 Wirkungsweise von Exercise Training (ET) .. 113
8.1.2 Wirkungsweise von Aqua Exercise .. 122
8.1.3 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen .. 125
8.2 Diabetes mellitus (DM) .. 131
8.2.1 Wirkungsweise aktivierender Therapien .. 134
8.2.2 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen .. 140

9 Kardiovaskuläre Erkrankungen .. 150
9.1 Koronare Herzkrankheit und Herzinfarkt .. 150
9.1.1 Wirkungsweise aktivierender Therapien .. 150
9.1.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen .. 152
9.2 Arterielle Gefäßerkrankungen – Bluthochdruck .. 157
9.2.1 Wirkungsweise aktivierender Therapien .. 157
9.2.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen .. 164
9.3 Venenerkrankungen .. 167
9.3.1 Wirkweise aktivierender Therapien .. 167
9.3.2 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen .. 169
9.4 Lymphatische Erkrankungen .. 170
9.4.1 Wirkweisen aktivierender Therapien .. 171

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

9.4.2 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen ... 171

10 Obstruktive Atemwegserkrankungen ... 179
10.1 Wirkweisen aktivierender Therapien ... 179
10.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen ... 181

11 Sturzprophylaxe im Alter ... 183
11.1 Wirkweise aktivierender Therapien ... 184
11.2 Therapieleitlinien und Bewegungsempfehlungen ... 186

12 Neurologische Erkrankungen ... 190
12.1 Neurodegenerative Erkrankungen ... 190
12.2 Multiple Skerose ... 191
12.2.1 Wirkweise aktivierender Therapien ... 192
12.2.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen ... 193
12.3 Morbus Parkinson (Parkinsons Disease, PD) ... 193
12.3.1 Wirkweise aktivierender Therapien ... 194
12.3.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen ... 196
12.4 Apoplexie ... 198
12.4.1 Wirkweisen aktivierender Therapien ... 199
12.4.2 Behandlungsrichtlinien und Therapieempfehlungen ... 201

13 Stressbedingte Erkrankungen ... 210
13.1 Stellenwert der thermoneutralen Immersion ... 212
13.2 Wirkweise aktivierender Therapien ... 214
13.3 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen ... 214

14 Schwangerschaft ... 218

15 Gesundheitssport ... 220
15.1 Wirkungsweise aktivierender Therapien ... 222
15.2 Behandlungsrichtlinien und Trainingsempfehlungen ... 227

Teil 3: Erscheinungsformen von Aqua Exercise, biologische Grundlagen, Trainingsmethoden und Regeneration ... 233

16 Treadmill-Walking/Running ... 235

17 Shallow water running (SWR) und Deep water running (DWR) ... 238
17.1 Charakteristika ... 238
17.2 Trainingswirksamkeit ... 242
17.3 Trainingsempfehlungen ... 243

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

18 Schwimmen 247
18.1 Gesundheitlicher Stellenwert 247
18.2 Pulmonaler Status beim Schwimmen 251

19 Aquacycling 258

20 Crosstraining 261

21 Gerätschaften im Wasser 263

22 Molekulare Anpassungsmechanismen 266

23 Training der Ausdauerfähigkeiten 271
23.1 Intensitätssteuerung 274
23.2 Abstimmung von Belastung und Erholung 276

24 Training der Kraftfähigkeiten 282

25 Regeneration 286
25.1 Aktive regenerative Maßnahmen 286
25.2 Passive regenerative Maßnahmen 288
25.3 Anwendung von warmen und heißen Bädern 290

26 Schlusswort 297

Anhang 299

Autor 301

Sachwortverzeichnis 303

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich das Privileg meiner Ausbildung und Ressourcenentwicklung ansprechen, das so selbstverständlich nicht ist. Mein Dank gilt verschiedenen Lehrpersonen, die mich persönlich im Leben bewusst unterstützt haben. Die berufliche Einbettung mit den Verknüpfungen in der Praxis und den sozialen Erfahrungen im rehabilitativen Umfeld bieten mit der Buchpublikation die Gelegenheit, eine Hilfestellung für all die Personenkreise zu geben, für die die Gesunderhaltung oder Krankheitsbewältigung ein primäres Anliegen ist.

Inspirativ beim Abfassen der Textabschnitte war der Sport in der Natur und in der Wasserumgebung in unterschiedlichen Formen, aus dem heraus und begründet durch die persönliche Überzeugung, sich die Suche nach gesundheitsförderlichen Verhaltensweisen ergeben hat.

Mein Dank gilt Herrn Dr. Christian Schlegel für sein Protegé in fachlichen Kontexten und das Redigieren des Textes, sowie die redaktionelle Überarbeitung von Frau Barbara Müller vom Hogrefe Verlag. Alle Abbildungen wurden mit dem Tool BioRender erstellt.

Weiterhin danke ich meiner Familie und explizit meiner Frau für den Freiraum und die stete Ermutigung, die Publikation zu erstellen.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Einleitung

Es ist die Absicht der Autoren, trainings- und therapiezentrierte Beiträge zu körperlichem Training im Wasser zu veröffentlichen. Auf der Grundlage vorhandener Übersichtsarbeiten und qualifizierter Forschungsarbeiten wird ein aktueller Überblick über krankheitsspezifische Wirkungen und gesundheitliche Aspekte von Aqua Exercise auf der Grundlage von physikalischen Reizen der Wasserimmersion gegeben. Die Beiträge liefern einen Einblick in den momentanen Wissensstand auf dem Gebiet von Aqua Exercise, indem sie die aktuelle Forschung besprechen und deren Anwendung in der Praxis ableiten.

Der Fokus des Buches liegt auf der Qualität der Aussagen hinsichtlich wissenschaftlicher Evidenz und Plausibilität. Das Fachbuch erhebt nicht den Anspruch auf eine systematische Literaturarbeit bzw. umfassende Vollständigkeit der vielen spezialisierten Themen. Durch die Einbindung aktueller Reviews soll der Forschungsstand möglichst umfassend beschrieben werden.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Teil 1:
Grundlagen von Aqua Exercise

Aqua Exercise (AE) steht für strukturiert-dosierte Bewegungsförderung unter Ausnutzung der physikalischen Eigenschaften des Wassers und bezeichnet eine planmäßige Vorgehensweise unter Angabe der Trainingsdosis zur Steigerung der körperlichen Fitness (Ahrens et al., 2021). AT und AE finden häufig in Thermalbädern statt, die von einer Heilquelle gespeist werden und chemische Eigenschaften aufweist.

In der heutigen Rehabilitation mit den Qualitätsanforderungen der evidenzbasierten Medizin bestimmt der Einsatz von AE den therapeutischen Handlungsspielraum. Mittlerweile beschäftigen sich ungezählte Arbeitsgruppen mit dem Nutzen von AE. Das derzeit forschende Interesse ist an der Zahl neu erschienener, größtenteils hochwertiger randomisierter kontrollierter Experimentalstudien abzulesen.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

1 Einführung: Von der Hydrotherapie zu Aqua Exercise

Die Nutzung von Bädern weist eine jahrtausendalte Vorgeschichte auf, wie frühgeschichtliche archäologische Funde bei der Indus-Kultur in der Jungsteinzeit und bei den Griechen aufdeckten. Es ist überliefert, dass rituelle Bäder mit hydrotherapeutischen Anwendungen in beinahe allen Hochkulturen genutzt wurden. Die öffentlich zugänglichen Bäder waren einst beliebte Orte für Erholung und psychophysische Entspannung. Aus deutschsprachig erschienenen Schriften zum Bäderwesen um 1500 geht hervor, wie Heilquellen und natürliche ortsspezifische Heilmittel zur Verhütung von Krankheiten und zum Heilen und Lindern genutzt wurden. Die Anfänge von Bewegung im Wasser indes begründeten Mitte des 19. Jahrhunderts die bedeutenden Hydrotherapeuten Vincenz Prießnitz und Sebastian Kneipp. Sie verwendeten nicht nur ortsgebundene Balneotherapeutika innerhalb kurativer Anwendungen, es geht auf ihre Initiative zurück, bewegungsphysiologische Reize im Wasser zu nutzen. Die bewegungsfördernden Inhalte sind die ersten Vorläufer des neuzeitlichen Aqua Exercise (AE). Das Bewegungsbad hat sich über die Zeit als fest strukturierte Behandlungsform im Kurwesen etabliert, lange bevor AE an der Schnittstelle zwischen Praxis und Forschung methodologisch wissenschaftlich aufgearbeitet wurde. Oftmals als falsch hingestellt, konkurriert AE das Bäderwesen nicht, vielmehr ließ sich das Bäderwesen schon seit den Anfängen mit dem Bewegungsbad vorteilhaft verbinden.

Die **Balneotherapie** innerhalb der **Balneologie** umfasst den Einbezug physikalischer Wasserfaktoren und darin begründet die kurmäßige Bäderanwendung. Zu den entscheidenden Badfaktoren zählen in erster Linie spezifische physikalischen Reize, deren physiologischen Wirkungen erklärbar sind. Auf Seite der physikalischen Wassereigenschaften wirkt der Auftrieb zusammen mit der Schwerkraftentlastung und dem Druck. Von der Entlastungwirkung leiten sich Behandlungsoptionen bei Beschwerden am Stütz- und Bewegungsapparat ab. Der Faktor Wasserdruck seinerseits erhöht das zentrale Herz-Lungen-Volumen und intensiviert den Stoffwechsel und die Zirkulation. Dies führt zu einer besseren Sauerstoffversorgung im Gewebe. Der hydrostatische Druck wirkt sich unter Beteiligung des Lymphsystems entwässernd aus. Interstitielles Wasser strömt in das Lymphsystem und in Flussrichtung des Blutgefäßsystems ab, von wo aus es über die Nieren ausgeschieden wird. In **Tabelle 1-1** sind die wichtigsten Primärwirkungen der physikalischen Faktoren im Wasser und davon abgeleitete Indikationen zusammengefasst.

Die Balneotherapie steht der im Englischen verwendeten Begrifflichkeit **Aquatic Therapy (AT)** sehr nahe. Aquatic Therapy beinhaltet gesundheitsförderliche Interventionen wie thermomineralisches Immersionstraining, Hydrotherapie, Sauna und bezieht als übendes Verfahren auch das Bewegungsbad mit ein.

Zulasten des Kurwesens und ihrem Verständnis nach, der kurativen Medizin, erbringt das heutige Rehabilitationswesen den Leistungsauftrag zur Einleitung der Wiederherstellung körperlicher Funktionen nach Erkrankungen oder Unfällen. Die RehaMaßnahmen sind dabei unter stetig wachsenden Druck von knap-

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Tabelle 1-1: Anwendungsbereiche der Wasserimmersion. Wirkungen und Indikationen der thermoneutralen Wasserimmersion (modifiziert nach Hartmann, 2004).

Auftrieb Skelett-system	Dichte Haut	Hydrostase Lymph-system	Hydrostase Blut	Hydrostase Herz/ Kreislauf	Hydrostase Atem-organe	Hydrostase Vege-tativum
Gelenk-entlastung	Sinnes-organ Haut Tastkörper-chen – Sensorik	Ödem-reduktion, Zunahme des Venen-tonus	Hämo-dilution	Vegetativ-hormonelle Blut-volumen-regulation	Training respira-torischer Funktions-größen	Endokrino-logischer Regelkreis Entspan-nung
Muskulo-skelettale Erkrankun-gen	Stress-krankheiten	Schwellnei-gung nach OP/Verlet-zungen, Zir-kulations-probleme	Hypertonie, PAVK	Hypertonie, Rekon-valeszenz	Obstruktive Lungener-krankungen	Störungen der HPA-Achse

pen Zeit- und Materialressourcen zeit- und sachgemäß und auf naturwissenschaftlicher Basis ausgerichtet. Das bringt mit sich, dass die naturwissenschaftlich orientierte klinische Medizin der direkten kausalen Beziehung mit messbarer Veränderung folgt (Schoberwalter et al., 2016). Bei der Logik wird entgegen früheren Auffassungen der Mensch auf seine Subteile reduziert. Für den Behandlungserfolg zählen nicht nur unmittelbar nachweisbare Reaktionen von Einzelmaßnahmen. Erst die Vielzahl unterschiedlicher Therapieformen mit wiederholter Reizanwendung – darunter auch unspezifische Reizkonfigurationen – führen zu einer Verbesserung der Regulationsökonomie und -kapazität, die den allgemeinen Gesundheitszustand anheben (Gutenbrunner, 2003). Der Ansatz der Kurortmedizin wird von der integrativen Systemanalyse gestützt. Demnach ist der Mensch als ein komplexes, emergentes System[1] zu denken, der in Wechselbeziehung zur Umwelt steht und in die Bereiche Klimafaktoren, Bädernutzung und Bewegung hineingreift. Durch das Zusammenspiel mit der Umwelt bringt der geforderte Organismus selbstorganisiert in Bezug auf seine Eigenschaften neue Leistungsqualitäten hervor. Selbst gering dosierte Reize können, dem Prinzip Hormesis folgend, eine gesundheitsförderliche Wirkung haben, indem sie die Widerstandskraft über die Zeit erhöhen. Bei den niedrigen Reizstärken spielen die Immediateffekte eine untergeordnete Rolle. Vielmehr wichtig ist der längere Zeitrahmen für die Entwicklung eines Hafteffektes (Chronomedizin) (Schoberwalter et al., 2016). Mit dem Hafteffekt wird auch das richtig angewandte Wasserbad als geeignetes Therapieverfahren von der Balneologie gerechtfertigt. So gesehen leisten Bäderanwendungen, die in ein rehabilitatives Rahmenkonzept verankert sind, einen wichtigen Beitrag zur Gesundung.

Aqua Exercise (AE) steht für strukturiert-dosierte Bewegungsförderung unter Ausnutzung der physikalischen Eigenschaften des Wassers und bezeichnet eine planmäßige Vorgehensweise unter Angabe der Trainingsdosis zur Steigerung der körperlichen Fitness (Ahrens et al., 2021). Aquatic Therapy und Aqua Exercise finden häufig in Thermalbädern statt, die von einer Heilquelle gespeist werden und chemische Eigenschaften aufweist. In der heutigen Rehabilitation mit den Qualitätsanforderungen

1 Im Zusammenspiel von Mensch und Umwelt können sich vom Organismus selbstorganisiert neue Eigenschaften herausbilden.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

der evidenzbasierten Medizin bestimmt der Einsatz von AE den therapeutischen Handlungsspielraum. Mittlerweile beschäftigen sich ungezählte Arbeitsgruppen mit dem Nutzen von AE. Das derzeit forschende Interesse ist an der Zahl neu erschienener, größtenteils hochwertiger randomisierter kontrollierter Experimentalstudien abzulesen. Unter der Suchtexteingabe lassen sich zu „Aqua Exercise" ein großer Bestand an bibliographischen Datensammlungen finden. Die Publikationsbeiträge sind nach medizinischen Fachdisziplinen geordnet und beziehen u.a. neurodegenerative, internistische sowie muskuloskelettale Erkrankungen und Schäden ein. Die meisten Clinical trials und Reviews befassen sich mit den indikationsbezogenen Wirkungen von AE auf einzelne Krankheitsbilder und zusätzlich liegen oftmals vergleichende Ergebnisse einer landbasierten Referenzbelastung vor.

Die Wirksamkeitsvorteile von AE sind für zahlreiche Indikationen wissenschaftlich belegt und AE ist als nutzbringendes therapeutisches Target nicht mehr wegzudenken (Barbosa et al., 2009; Bulthuis et al., 2007; Takeshima et al., 2002). Die Durchführung von AE hat sich im stationären Behandlungsrahmen wie auch auf der Ebene ambulant-kommunaler Versorgungsstrukturen bewährt (Cadmus et al., 2010). Die Angebote werden fortwährend flächendeckend und konsequent ausgebaut. AE wird auch als eine sinnvolle aktive Freizeitgestaltung zur Gesunderhaltung und bei Alltagsstress und Hektik genutzt. Und nicht zuletzt trägt AE durch Spaß an der Bewegung zu einer Bindung an regelmäßige Bewegungsaktivitäten bei. AE sollte idealerweise in temperierten Bädern oder in Thermalbädern im Wohlfühlbereich bei 30° bis 33°C durchgeführt werden. Für ein besseres Verständnis des funktionellen Zusammenwirkens von AE mit den Immersionsfaktoren werden zunächst die biophysikalischen Bädereigenschaften beschrieben. Im Weiteren werden dann die wechselseitigen Bezüge zwischen der Physik im Wasser und der Bewegung analysiert.

Literatur

Ahrens, D., Törpel, A., Dietz, C. & Braun-Dullaeus, R.C. (2021). Körperliches Training zur Prävention – Bedeutung der Leistungsdiagnostik. *Ärzteblatt Sachsen-Anhalt,* 9.

Barbosa, T.M., Marinho, D.A., Reis, V.M., Silva, A.J. & Bragada, J.A. (2009). Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects: a qualitative review. *Journal of sports science & medicine, 8*(2), 179–189.

Bulthuis, Y., Drossaers-Bakker, K.W., Taal, E., Rasker, J., Oostveen, J., van't Pad Bosch, P., Oosterveld, F. & van de Laar, M. (2007). Arthritis patients show long-term benefits from 3 weeks intensive exercise training directly following hospital discharge. *Rheumatology, 46*(11), 1712–1717. https://doi.org/10.1093/rheumatology/kem236

Cadmus, L., Patrick, M.B., Maciejewski, M.L., Topolski, T., Belza, B. & Patrick, D.L. (2010). Community-based aquatic exercise and quality of life in persons with osteoarthritis. *Medicine and science in sports and exercise, 42*(1), 8–15. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae96a9

Gutenbrunner, C. (2003). Unspezifische Reize-ein klassisches Missverständnis. *Forschende Komplementarmedizin und klassische Naturheilkunde, 10*(6), 296–297. https://doi.org/10.1159/000075881

Hartmann, B. (2004). Therapie mit Ortsspezifika. In Deutscher Heilbäderverband e.V., *Die deutschen Kurorte und ihre natürlichen Heilmittel* (S. 49–55). Flöttmann.

Schoberwalter, H., Haber, G. & Marktl, W. (2016). Ökonomische Aspekte und systemtheoretische Denkansätze als Erklärungsmodell für die Wirkung einer komplexen medizinischen Kur. *Physikalische Medizin Rehabilitation Kurortmedizin, 26*, 59–66. https://doi.org/10.1055/s-0041-111517

Takeshima, N., Rogers, M.E., Watanabe, E., Brechue, W.F., Okada, A., Yamada, T., Islam, M.M. & Hayano, J. (2002). Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Medicine and science in sports and exercise, 34*(3), 544–551. https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00024

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation" (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

2 Physikalische und chemische Einflüsse

Beim Eintauchen ins Wasser setzt sich der Mensch veränderten physikalischen und chemischen Einflüssen aus. Die physikalischen Wassereigenschaften führen dazu, dass sich der Körper den Umgebungsbedingungen anpasst, indem er Herz-Kreislaufzirkulation, Atmung, Elektrolyt- und Flüssigkeitshomöostase sowie Thermogenese neu regelt (**Tabelle 2-1**). Obwohl die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge im Wasser alle Lebewesen verbinden, ist eine Anpassung an das ambiente Medium für den Menschen aber nur innerhalb Grenzen möglich.

Im Vorfeld des vergangenen Jahrhunderts haben die wissenschaftlichen Bemühungen der Weltraumforschung, der Gravitationsphysiologie und der Balneologie dazu beigetragen, Anpassungen des Organismus an die Wasserumgebung aufzuklären. Bereits früh bestätigten sich physiologische Veränderungen unmittelbar nach dem Eintauchen, während andere Reaktionsmuster erst nach dem Baden hervortraten. Die inzwischen aufgeklärten hormonalen und vegetativen Begleitreaktionen gehören zum Wissensstand in der Immersionsphysiologie und Balneologie (Grundlagenliteratur bei Gu-

Tabelle 2-1: Physikalische und chemische Wassereigenschaften, Wirkfaktoren und wichtige Anpassungen des Organismus.

Eigenschaften	Wirkfaktoren	Organismische Anpassungen
Auftrieb	Gewichtsreduktion um 90 % in der Head-Out-Water-Position (HOWI)	Entlastung
Widerstand/Viskosität Laminare/turbulente Strömung	800-mal höhere Moleküldichte Strömungswiderstand	Bewegungsverlangsamung Muskelaktivität
Hydrostase	100 mmHg in 135 cm Tiefe	Venenentlastung Herz- und Lungenbelastung
Temperatur	250-mal schnellere Übertragung	Differenzausgleich zur Körpertemperatur bei Aktivität
Chemie	Kohlendioxid, Radon, Schwefel	Periphere Vasodilatation ist erhöht (Sato et al., 2009), Mikrozirkulation ist gesteigert (Sato et al., 2009), Antioxidantien sind erhöht (Dogliotti et al., 2011)

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

tenbrunner & Hildebrandt, 1998). Daraus ableitend werden für den Kur- und Badebetrieb die Dosierungskriterien für die Bäderapplikationen (Inhaltsstoffe, Voll-/Teilbäder, Kalt-/Warmbad), Badeintervalle und serielle Reizanwendungen festgelegt.

2.1 Physikalische Einflüsse

In der Wasserimmersion wirken als physikalische Einflüsse Dichte, Auftrieb, Hydrostase (Wasserdruck) und die thermischen Eigenschaften. Es wird eine kurze Übersicht erstellt, die für Aqua Exercise praxisrelevant ist.

2.1.1 Dichte und Viskosität

Die Dichte von Wasser (Moleküldichte; 1 g*cm^2) ist 800-mal höher als die entsprechende Luftdichte und hängt von der Temperatur und vom Druck ab. Die höchste Massen- und Volumeneinheit besitzt 4 °C kaltes Wasser. Bei Erhöhung der Temperatur dehnt sich Wasser aus, bei Absenkung wird das Volumen kleiner. Für darin gelöste Stoffe wie NaCl sind die Werte leicht nach oben zu korrigieren, Inhaltsstoffe machen das Wasser dickflüssiger. Die höhere Dichte im Salzwasser wie auch bei niedrigen Wassertemperaturen bedeuten einen höheren Energieaufwand für die menschliche Fortbewegung. Der menschliche Körper wird an seiner Oberfläche vom Druck des umgebenden Mediums mit seiner spezifischen Dichte belastet, was auch gleichzeitig die Voraussetzung dafür ist, im Wasser zu schweben (**Abbildung 2-1**).

Abbildung 2-1: Massendichte des Wassers

Die Dichte ist ein wesentlicher Einflussfaktor, der für therapeutische Zwecke genutzt wird. Beim Gehen ist zur Überwindung der Massendichte des Wassers ein höherer Kraftaufwand nötig als an Land. Auf den umströmten Körper wirkt der Strömungswiderstand. Er liegt in Richtung der Anströmrichtung und verhält sich zur angeströmten Fläche und zur Bewegungsgeschwindigkeit proportional.

Das strömende Wasser, auch Hydro- oder Fluidynamik genannt, setzt dem/der Schwimmer*in einen Widerstand entgegen (**Abbildung 2-2**). Der vom Wasser umströmte Körper ist den Wellen und der Wirbelbewegung ausgesetzt, die sich bremsend beim Fortbewegen auswirken. Beim Schwimmen soll der Körper bei gleichzeitig geringem Energieaufwand schnell vorwärtsbewegt werden. Dazu müssen die anströmende Fläche des Körpers, wie auch die Wirbeleffekte, möglichst klein gehalten werden.

In Verhältniszahlen ausgedrückt vervierfacht sich der Strömungswiderstand, wenn sich die Bewegungsgeschwindigkeit verdoppelt (Völker et al., 1983). Auf die Praxis des Schwimmsports bezogen, steigt der hydrodynamische Widerstand im Quadrat der Schwimmgeschwindigkeit an (Zamparo et al., 2020). Beim Schwimmen macht sich der Strömungswiderstand mit zunehmender Geschwindigkeit (v) am Anstiegsverhalten von Sauerstoff (ΔVO2: Δv) bemerkbar. Der Zusammenhang ΔVO2: Δv steigt proportional und nicht linear in Abhängigkeit des

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Abbildung 2-2: Fluiddynamik

Schwimmstils und der Schwimmökonomie an (Di Prampero et al., 2011).

Neben der Dichte des Wassers bestimmt die Viskosität den Wasserwiderstand. Die Viskosität ist ein Maß für die Zähflüssigkeit und den Fließwiderstand des Wassers. Die Widerstandseigenschaft des Wassers ist auf seine innere Reibung zurückzuführen. Reibung entsteht zwischen dem Körper und der anliegenden und vorbeistreichenden Wasserströmung[2]. Bei schnellen Bewegungen im Wasser gleiten die Wasserschichten rasch vorbei. Es treten dabei Verwirbelungen bzw. turbulente Strömungen auf, die dem Körper vermehrt Widerstand entgegensetzen.

Die Dichte des Wassers bietet als herausragende Eigenschaft den Vorteil, auf beschleunigten Stoß und Zug gerichtete Bewegungen sanft abzubremsen. Wegen der charakteristischen Fluid-Dynamik baut sich ein zur aufgewendeten Kraft angepasster Gegendruck auf. In Abhängigkeit vom Querschnitt der umströmten Fläche bleibt die Geschwindigkeit weitgehend konstant. Eine Vergrößerung der Fläche führt zu einer Bewegungsverlangsamung. Dies bedeutet, dass die Muskulatur intensiv beansprucht wird. Im Rahmen der Bewegungstherapie im Wasser wird die bremsende Wirkung für dynamisch-konzentrische Krafteinsätze genutzt. Hingegen ist der/die Schwimmer*in mit den Frontalwiderständen auf eine andere Weise konfrontiert: Er begegnet dem Hemmnis, indem er seine Stirnfläche klein hält und eine widerstandsarme Körperhaltung einnimmt.

2.1.2 Auftrieb

Gemäß dem Archimedischen Prinzip erfährt ein in das Wasser eingetauchter menschlicher Körper eine aufwärts gerichtete Kraft, die der Größe des Gewichts der verdrängten Wassermenge entspricht und nahezu Schwerelosigkeit bedeutet. Ob der menschliche Körper im Wasser schwimmt, ist alles eine Frage seiner Massendichte, dem Quotienten aus der Masse und seinem Volumen. Je nach Körperbau und Muskel- bzw. Körperfettanteil – der Wassergehalt des menschlichen Körpers wird mit 60 % bis 70 % angegeben – liegt die durchschnittliche Dichte bei 950 kg/m^3. Im Salzwasser (schon ab einem Salzgehalt von 30 %; die Dichte für Salzwasser beträgt 1027 kg/m^3) kann der menschliche Körper, der eine geringere Dichte als das Wassermedium hat, in der horizontalen Körperposition mit angehobenen Beinen schweben. Grundsätzlich gilt: Hat ein Körper eine geringere Dichte als das verdrängte Wasser, so schwimmt er. Die Auftriebskraft im Wasser hängt folglich sowohl mit der Dichte als auch mit dem Volumen des Körpers zusammen.

Die physikalischen Grundlagen fanden schon bald aufkommendes Interesse in der Raumfahrt. Ihr ist es zu verdanken, dass die Erforschung der Auftriebswirkung im Wasser in

2 Laminare Strömung: das Wasser liegt als Schicht an und gleitet an der Grenzfläche des Körpers vorüber.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Kombination mit Bewegung vorangetrieben wurde. Die Weltraumforscher fanden in der Wasserumgebung ideale experimentelle Bedingungen vor, die der Schwerelosigkeit im All ähneln. Die experimentellen Modelle der Mikrogravität aus der Weltraumforschung sind wichtige Arbeitsgebiete, um das biologische System Mensch unter dem Auftrieb des Wassers besser zu verstehen. Dabei ist im Auge zu behalten, dass die Auftriebswirkung nur ein physikalischer Stimulus unter anderen ist, an den sich die Organe in spezifischer Weise adaptieren (Pendergast et al., 2015).

Hydrostase – Gravitationsdruck

Der Wasserdruck im physikalischen Sinn, auch Hydrostase oder Schweredruck, kommt durch den Einfluss der Schwerkraft einer ruhenden Flüssigkeit zustande. Der Druck ist die Kraft, welche senkrecht auf einer Querschnittsfläche lastet, und wird aus der Höhe der Flüssigkeitssäule bestimmt (**Abbildung 2-3**). Für den Badenden bedeutet dies, dass mit zunehmender Eintauchtiefe auch die Gewichtskraft des Wassers und damit der hydrostatische Druck zunimmt. Andererseits nimmt die auf den Körper wirkende Gravitationskraft ab. Wasser ist eine nur geringfügig kompressible Flüssigkeit, d. h. die Dichte von süßem Wasser – salziges und kaltes Wasser haben eine höhere Dichte – verhält sich thermisch nahezu unbeeinflusst konstant, was deren Berechnung vereinfacht. Mit zunehmendem Eintauchen ins Wasser erhöht sich das Eigengewicht von Wasser. D. h. aber auch, dass in der unteren, bodennahen Lage der Wasserdruck ansteigt, gleichzeitig nimmt durch den Auftrieb die Eigenschwere des Körpers ab.

Der Wasserdruck (Einheit bar oder Pascal) wirkt sich in allen Richtungen aus und ist über die Körperoberfläche verteilt. Der Gesamtdruck nimmt entlang der Körperlängsachse linear mit der Eintauchtiefe zu. Die sich daraus ergebende hydrostatische Druckdifferenz Δp berechnet sich über einen oberen und unteren vertikalen Bezugspunkt y2 und y1:

$$\Delta p = p2 - p1 = -\text{rho}\ (\rho) \times g \times (y2 - y1)$$

rho (ρ): Dichte des Fluids ($g \times m^3$), g: Schwerebeschleunigung ($9.81\ m/s^2$)

Ist die Referenz die Wasseroberfläche, so ergibt sich der auf einen Punkt gerichtete Druck p aus der Wassersäule h und dem atmosphärischen Umgebungsdruck p0 (approximativ 1 bar):

$$p = p0 + \text{rho}\ (\rho) \times g \times h$$

Die Hydrostase als relevanter physikalischer Wirkfaktor verändert die Funktionsweise von

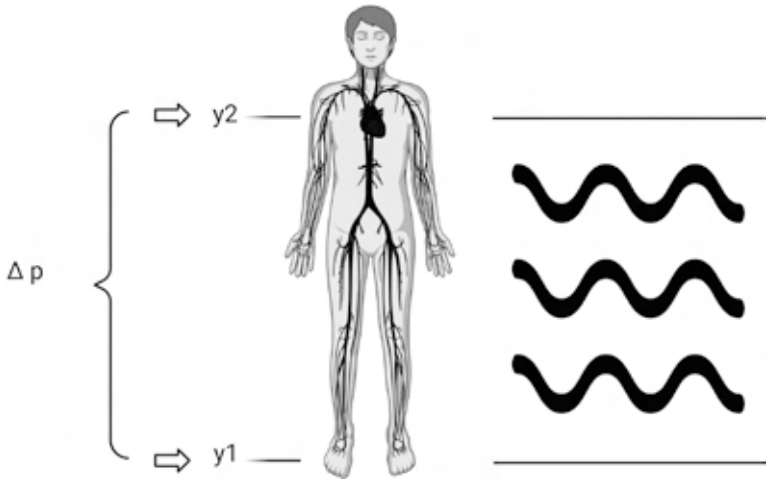

Abbildung 2-3: Transmurale Druckdifferenz

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation" (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Organsystemen gegenüber der Atmosphäre, v. a. von Herz, Kreislauf und Niere. Bereits früh wurden aus der Hydrostase hervorgehend die Auswirkungen der Gewebeentwässerung durch den vermehrten Harndrang untersucht. Das Ziel dabei war es, durch den veränderten Wasserhaushalt in der HOWI-Position (Head-Out-Water-Immersion) nichtpharmakologische Behandlungsansätze bei renaler Wasserretention zu finden (Pendergast et al., 2015). Die physiologischen Wirkungen der Hydrostase auf die Herzfüllung, Lungenfunktion, Venenfunktion, Stoffwechsel und Niere werden ausführlich später beschrieben.

2.1.3 Thermische Faktoren

Die Kälte-/Wärmewirkung der Wassertemperatur ist ein bedeutender gesundheitsförderlicher Faktor. Von ihr leiten sich auch empirisch begründet und systematisch kontrolliert viele therapeutische Indikationsstellungen ab. Thermische Reizsetzungen werden v. a. mit Abhärtung, biologischer Reaktionsbereitschaft und Immunabwehr in Verbindung gebracht. Die forschende Aufklärung zu spezifischen Immunmechanismen ist im Gang, ins Visier geraten sind proentzündliche Zytokine und andere Signalsubstanzen des Immunsystems (z. B. Heat shock proteins). Es ist daher von Bedeutung, die wärmezuführenden oder -entziehenden physikalischen Vorgänge zu verstehen, um Dosierungskriterien von Bädern für therapeutische Zwecke genau festzulegen. Die Thermogenese spielt auch eine Rolle bei der Ausübung von AE, im Sinne von Überwärmung aber auch Auskühlung.

Grundsätzlich wird im Wasser zwischen Wärmeübertragung durch Leitung (Konduktion) und Konvektion als rein materielle Vorgänge, und Wärmestrahlung als ein elektromagnetisch vermittelter Wärmeübergang unterschieden. Überwiegend erfolgt die Wärmeabgabe oder -aufnahme im Wasser konduktiv und je nach Ausmaß der Bewegung im Wasser auch konvektiv.

Der Wärmeübergang von der Haut an die unmittelbare Umgebung des Wassers erfolgt hauptsächlich durch **Konduktion**. Der vom Wasser umströmte Körper leitet Wärmeenergie bei kühler Wasserumgebung ab oder nimmt Energie bei warmer Umgebung auf. Die gesteigerte Wärmeleitung im Vergleich zum Wärmeübergang an Luft erklärt sich aus der 25- bis 30-fach größeren Wärmeleitfähigkeit des Wassers und zu einem geringen Teil aus der Abnahme der Grenzschicht des Wassers. Die an der Körperoberfläche haftende, konvektionsfreie Grenzschicht des Wassers nimmt nach De Marees (2003) bis auf ein Zehntel ihrer Dicke unter atmosphärischen Bedingungen ab und ist nur etwa zwei Millimeter stark. Dies hat zur Folge, dass sich beim ruhenden Aufenthalt im kühlen Wasser die Hauttemperatur nur wenig über der Wassertemperatur einstellt und dem Körper in kurzer Zeit eine große Wärmemenge entzogen wird (Hartmann & Strass, 2010).

Durch Bewegungen des Körpers oder durch Wasserströmungen wird ein konvektiver Austausch hautnaher Grenzschichten mit dem Bademedium gefördert – die Grenzschichten werden dabei durchmischt. Nach Gutenbrunner und Hildebrandt (1998) ist der Wärmeübergang im Wasser durch Konduktion und Konvektion insgesamt um das 200-fache gegenüber Luft erhöht. Dass der Körper aber nur vier- bis fünfmal so viel Wärme verliert wie unter atmosphärischen Bedingungen, hängt mit den funktionellen Isolationseigenschaften der Hautgefäße zusammen, die durch Engstellung den Körper vor Auskühlung schützen. Unter der Eigenschaft der Wärmeleitfähigkeit des Wassers und der abnehmenden Grenzschicht der Haut wirken sich bereits geringe Abweichungen der Wassertemperatur vom Thermoindifferenzbereich (34 °C bis 36 °C) auf die Wärmebilanz des Körpers aus.

Die Haut des Körpers ist in der Lage, überwiegend langwellige Infrarotstrahlung abzugeben, wie auch bestimmte Wärmemengen von aussendenden Körpern zu absorbieren. Beim

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Vorgang der sogenannten **Wärmestrahlung** wird die Energie mittels elektromagnetischer Wellen übertragen. Von praktischer Bedeutung ist die Wärmestrahlung in Schwimmbädern mit flächigen Verglasungen und niedrigen Außentemperaturen. Der/die Schwimmer*in verliert Wärme, indem er Energie durch Strahlung abgibt. Der anteilsmäßige Wärmeübergang durch Strahlung ist wegen der Grenzschichtdicke, bedingt durch den Nässegrad der Hautoberfläche, vernachlässigbar klein (Gutenbrunner & Hildebrandt, 1998).

Für die Kühlung während schwerer körperlicher Arbeit ist an der Luft die Fähigkeit der Schweißbildung und Verdampfung – bei der **Verdunstung** entsteht Kälte – von größerer Bedeutung als die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung. Während die Wärme an der Luft nur zu etwa ein Drittel durch Konvektion und Leitung ausgetauscht wird, ist im Wasserbad ein nahezu vollständiger Austausch durch Leitung und Konvektion physikalisch vorgegeben. Praktisch unbedeutend ist der Kühlungseffekt durch Schweißverdampfung im Wasser. Beim Schwitzen diffundieren warme und energiereiche Wassermoleküle durch die Schweißdrüsen, dabei wird Körperwasser über glanduläre Drüsen und extraglandulär über die permeable Haut ins Badewasser abgegeben. Die sich auf der Haut ausbreitenden Wassermoleküle und Ionen werden vom umspülenden Wasser aufgenommen, ohne dabei einen Kühleffekt zu bewirken. Für die Hitzeabwehr (Verdunstung) durch Schwitzen im Wasser zweckdienlich sind deshalb nur aus dem Wasser ragende Körperteile und die Schleimhäute der Atemwege. Die Wärmeabgabe durch Verdunsten benötigt ein Druckgefälle. Der Wasserdampfdruck der nicht wasserumspülten Haut muss größer sein als der umgebende Wasserdampfdruck der Luft. Bei der normalerweise stark wasserdampfgesättigten Luft in Schwimmbädern ist die Differenz der Wasserdampf-Partialdrücke auf der Haut und in der Luft zu klein, als dass eine Wärmeabgabe durch Verdunstung wirkungsvoll den Körperkern abkühlt. In gewissen Maßen ist eine Wasserverdampfung über eine ventilatorische Steigerung möglich. Die Hautwasserabgabe an das Badewasser ist also thermoregulatorisch unwirksam. Die Flüssigkeitsverluste durch Schweißsekretion im Bad nehmen mit steigender Temperatur zu und sind durch Körpergewichtsmessung nachweisbar.

2.2 Chemische Einflüsse

Typisch für die Bäderanwendungen in der kurativen Medizin sind physikochemische Bäder, also Wässer mit bestimmten gasförmigen oder gelösten Hauptinhaltsstoffen. Die Bestandteile von Heilwässern sind hinsichtlich ihrer Eignung für medizinische Indikationen gut untersucht. Dem Baden in mineralischen Bädern oder natürlichen Heilwässern wird vorbeugende und heilende Wirkung zugesprochen (**Tabelle 2-2**). Als wirksam gelten die Wasserbestandteile **Schwefel** (Gutenbrunner & Englert, 1999; Pratzel et al., 1991), **Sole** (Gutenbrunner & Hildebrandt, 1998), **Kohlendioxid** bzw. Kohlensäure (Bolliger, 1964) und **Radon**, ein in der Natur vorkommendes radioaktives Edelgas (Franke & Franke, 2013).

Ortsgebundene Heilwässer mit geringen Mineralstoffgehalt wie die Akratotherme weisen keine spezifische chemische Wirkung auf. Für die Aufnahme von Inhaltsstoffen in die Hautschichten ist eine Mindestkonzentration an Ionen gefordert. Wegen der hornbildenden Zellschicht der Oberhaut, die als Barrierefunktion wirkt, können die Inhaltsstoffe nur in geringen Mengen über Haarfollikel und Schweißdrüsen aufgenommen werden. An den durchlässigen Stellen dringen die Inhaltsstoffe in tiefere Hautschichten vor, wo sie lokale Wirkungen an der Haut entfalten (Pratzel, 1989): Die Stoffmenge, die die Hornschicht bei einer einstündigen Badezeit durchdringt, ist gering. Sie entspricht der Anzahl Mineralstoffe wie sie in 0.2 ml Badewasser enthalten ist. Im Nettoeffekt werden über die renale Elimination mehr Partikel ausgeschieden als aufgenommen. Für Solewässer wird eine 3,5 %ige Konzentrierung, also Meer-

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Tabelle 2-2: Wasserbestandteile. Biologische Wirkungen von festen und gasförmigen Heilwasserbestandteilen.

Schwefel	Sole	Kohlendioxid	Radon
Hemmung der Talgproduktion und analgetische Effekte (Druckschmerzschwelle) ab 10 mg/l Schwefeläquivalent bei degenerativen Gelenkerkrankungen und chronischer Polyarthritis sowie posttraumatisch	Adjuvans der Psoriasis-Behandlung und atopischen Dermatitis sowie des seborrhoischen Ekzems	Durchblutungsstörungen, tonisierende Wirkung	Antiphlogistische und analgetische Wirkung bei entzündlich rheumatischen Erkrankungen

wasserbedingungen gefordert, damit eine wirksame Penetrierung erwartet werden kann (Pratzel, 1989). Auch die Quellung der hygroskopischen Haut[3] ändert an der geringen Stoffaufnahme nur wenig. In mineralstoffarmen Akratothermen werden sogar mehr endogene Substanzen durch Volumenzunahme aus der Hornschicht ausgewaschen, als in der Bilanzsumme aufgenommen wird (die Hornschicht weist per se einen hohen Mineralstoffgehalt auf). Ähnlich wie für den Transport durch die Haut, ist für die Wirkung von Trinkkuren eine bestimmte Mineralstoffkonzentration notwendig (Gutenbrunner & Hildebrandt, 1998).

Wenn auch die erwünschte Penetrierung der Inhaltsstoffe sich nicht schlüssig nachweisen lässt, sind mögliche epigenetische Veränderungen der Erbsubstanz als Reaktion auf Signale der Umwelt denkbar (Zylka-Menhorn, 2012). Über die Modifizierungen DNA-Methylierung[4] und Histon-Modifikation[5] kann die mitochondriale Genexpression gefördert oder unterdrückt werden. Über die Schnittstelle mit der physikalischen und chemischen Umwelt ebnet die netzartig aufgebaute molekulare Signalstruktur verschiedene DNA-Zugänge für fein abgestimmte Reaktionen. Der Theorie nach können sich therapeutisch relevante Reaktionsmuster über netzartig organisierte Verarbeitungsprozesse im ganzen Körper ausbreiten (Schoberwalter et al., 2016).

Es ist ferner zur Kenntnis zu nehmen, dass die wirksamen Einzelstoffe bzw. Quellbestandteile mit der Aufbereitung der Badewässer (Desinfektion, Zugabe von Leitungswasser) verändert werden und nicht mehr ihre ursprünglichen Qualitätsmerkmale erfüllen. Dies führt zur Bevorzugung der physikalischen Eigenschaften als bestimmender Einfluss auf den menschlichen Körper. Der Diskurs soll die Problematik der Inhaltsstoffe im Wasser verdeutlichen. In sachlicher Hinsicht und mangels wissenschaftlicher Belege werden daher die chemischen Einflüsse bei der Ergebnisinterpretation von AE herausgehalten.

3 Eigenschaft der Haut, Feuchtigkeit aufzunehmen und darüber die Permeabilität zu verbessern.

4 Methylgruppen der Transkriptionsfaktoren koppeln mit Nukleotiden der DNA, um bestimmte Bereiche der DNA für die Eiweißsynthese zu nutzen.

5 Veränderte Histonproteine aktivieren die Genexpression, indem sie die Struktur des Chromatins verändern.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.

Literatur

Bolliger, A. (1964). Die Bedeutung der physikalischen Therapie in der Phlebologie. *Zentralblatt Phlebologie, 3*, 129–135.

De Marees, H. (2003). *Sportphysiologie*. Strauss.

Di Prampero, P.E., Pendergast, D.R. & Zamparo, P. (2011). Swimming economy (energy cost) and efficiency. In L. Seifert, D. Chollet, I. Mujika, *World book of swimming: From science to performance* (S. 297–211). Nova Science Publishers.

Dogliotti, G., Galliera, E., Iorio, E., De Bernardi Di Valserra, M., Solimene, U. & Corsi, M.M. (2011). Effect of immersion in CO2-enriched water on free radical release and total antioxidant status in peripheral arterial occlusive disease. *International angiology: a journal of the International Union of Angiology, 30*(1), 12–17.

Franke, A. & Franke, T. (2013). Long-term benefits of radon spa therapy in rheumatic diseases: results of the randomised, multi-centre IMuRa trial. *Rheumatology international, 33*(11), 2839–2850. https://doi.org/10.1007/s00296-013-2819-8

Gutenbrunner, C. & Hildebrandt, G. (1998). *Handbuch der Balneologie und Medizinischen Klimatologie*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80048-1

Gutenbrunner, C. & Englert, G. (1999). Analgetische Wirkungen von natürlichen Schwefelbädern und Kältekammerexpositionen bei Fibromyalgie. *Medizinische Rehabilitation Kurortmedizin*, *9*(2), 56–62. https://doi.org/10.1055/s-2008-1061783

Hartmann, B. & Strass, D. (2010). Balneotherapie. In T. Noppeney & H. Nüllen, *Varikose: Diagnostik – Therapie – Begutachtung* (S. 246–251). Springer.

Pendergast, D.R., Moon, R.E., Krasney, J.J., Held, H.E. & Zamparo, P. (2015). Human physiology in an aquatic environment. *Comprehensive physiology, 5*(4), 1705–1750. https://doi.org/10.1002/cphy.c140018

Pratzel, H.G. (1989). Zum Problem der chemischen Grenzwerte in der Balneologie. In K.L. Schmidt (Hrsg.), *Kompendium der Balneologie und Kurortmedizin* (S. 67–78). Steinkopf. https://doi.org/10.1007/978-3-642-85380-7_7

Pratzel, H.G., Bühring, M. & Evers, A. (1991). *Schwefel in der Medizin*. Demter.

Sato, M., Kanikowska, D., Iwase, S., Nishimura, N., Shimizu, Y., Belin de Chantemele, E., Matsumoto, T., Inukai, Y., Taniguchi, Y., Ogata, A. & Sugenoya, J. (2009). Effects of immersion in water containing high concentrations of CO2 (CO2-water) at thermoneutral on thermoregulation and heart rate variability in humans. *International journal of biometeorology, 53*(1), 25–30.

Schoberwalter, H., Haber, G. & Marktl, W. (2016). Ökonomische Aspekte und systemtheoretische Denkansätze als Erklärungsmodell für die Wirkung einer komplexen medizinischen Kur. *Physikalische Medizin Rehabilitation Kurortmedizin, 26,* 59–66. https://doi.org/10.1055/s-0041-111517

Völker, K., Madsen, O. & Lagerstrom, D. (1983). *Fit durch Schwimmen*. Perimed.

Zamparo, P., Cortesi, M. & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European journal of applied physiology, 120*(1), 41–66. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04270-y

Zylka-Menhorn, V. (2012). Das Epigenom: Der Dompteur der Gene. *Deutsches Ärzteblatt, 109*(20), 1027–128.

Dieses Dokument ist nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt und darf in keiner Form vervielfältigt und an Dritte weitergegeben werden.
Aus Matthias Fenzl: „Aqua Exercise in der Physiotherapie und der Sportrehabilitation“ (9783456863580) © 2025 Hogrefe Verlag, Bern.