

Dr. med.
O.F. EHM

EHM

Überarbeitet und erweitert
jetzt in der
6. Auflage!

TAUCHEN
noch sicherer!

TAUCHEN

noch sicherer!



Leitfaden der Tauchmedizin
für Sporttaucher,
Berufstaucher und Ärzte

Müller
Rüschlikon

Müller
Rüschlikon

TAUCHEN noch sicherer!

Das Werk: Als Leitfaden der Tauchmedizin für Sporttaucher, Berufstaucher und Ärzte 1974 erstmals aufgelegt, ist *«Tauchen – noch sicherer!»* inzwischen zum Standardwerk geworden, u. a. weil Autor, Mitarbeiter, Herausgeber und Verlag stets besorgt waren, das Buch inhaltlich von Auflage zu Auflage auf aktuellem Stand zu halten, es dem technischen und wissenschaftlichen Fortschritt gemäß zu revidieren und zu erweitern. Die vorliegende, zur 5. Auflage völlig neu bearbeitete und erweiterte, revidierte 6. Auflage des Werks illustriert im Vergleich zu den vorangehenden, wie schnell in der Tauchforschung neue Erkenntnisse früher gültige ablösen. Eindrücklich belegen das die neuen, von Dr. Max Hahn erarbeiteten, vom VDST anerkannten Deko-Tabellen. Tauchen wird sicherer, wenn jeder, der damit zu tun hat, sich laufend up to date hält. *«Der Ehm»* bietet entsprechende Information, umfassend, kompetent, auf breitem, dennoch höheren Ansprüchen genügendem Wissensniveau.



Der Autor: Dr. med. O.F. Ehm praktiziert als Internist in Heidelberg. In Taucherkreisen bekannt ist er einerseits als Autor des vorliegenden Standardwerks der Tauchmedizin und weiterer einschlägiger Publikationen (s. Bibliographie), andererseits aus seiner Tätigkeit von 1960–68 als Verbandsarzt des Verbands Deutscher Sporttaucher (VDST) und seit 1967 im Vorstand der Medizinischen

(Fortsetzung s. hintere Klappe)

Kommission des Internationalen Tauchsportverbands CMAS, die er von 1980 bis 1983 präsidierte. Er gehört zu den Gründungsmitgliedern der 1983 ins Leben gerufenen Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GeTÜM), die ihn 1990 zu ihrem neuen Präsidenten gewählt hat. Nach wie vor aktiver Sporttaucher, zählt O.F. Ehm zu den aufgeschlossenen Fachautoren, die wissen, daß sie nicht alles wissen und deshalb auf Spezialgebieten qualifizierte Mitarbeiter zuziehen.

Die Mitarbeiter: Diplomphysiker Dr. rer. nat. Max Hahn ist seit 1967 Tauchlehrer*** im VDST (CMAS) und seit 1980 Obmann des DIN-Arbeitsausschusses Tauchzubehör. Er wirkt als Chairman der Subgroup 7 Scuba im Technical Committee 79 des European Normalisation Committee (CEN) seit 1987, ist Fachreferent für Tauchwissenschaften im VDST, Autor von Dekompressionstabellen für Sporttaucher, Berater der Tauchcomputerindustrie, Mitglied GeTÜM, EUBS, UHMS.

Dr. med. Jürgen Wenzel hat nach Promotion in Physikalischer Chemie zusätzlich ein Medizinstudium absolviert, mit Approbation 1983, und war von 1977–84 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Physikalische Chemie II der Ruhruniversität Bochum. 1984–85 folgte klinische Tätigkeit. Seit 1985 ist er Mitarbeiter am Institut für Flugmedizin der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt in Köln-Porz und Leiter der Arbeitsgruppe Tauchmedizin. Seine Arbeitsgebiete: Tauchforschung, Atemfunktion unter hohen Drücken, Dekompressionsphysiologie. Er ist Vorstandsmitglied der European Undersea Biomedical Society (EUBS) und der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GeTÜM).

Werner DeHaas, der dieses Buch schon seit seiner Erstausgabe herausgeberisch betreut, ist u. a. Autor eines weiteren Standardwerks für Sporttaucher, des in Teamarbeit mit dem Zeichner und UW-Fotografen Fredy Knorr geschaffenen Bestimmungsbands *«Was lebt im Meer an Europas Küsten?»*, der, aktualisiert und erweitert, seit 1990 im gleichen Verlag vorliegt.

Umschlag von Fredy Knorr



SSI SCUBA SCHOOLS INT.
® Albrecht Salm
Instructor No. 12853

S 69/2009

Dr. med. O. F. Ehm

TAUCHEN

noch sicherer!

Leitfaden der Tauchmedizin
für Sporttaucher,
Berufstaucher und Ärzte

Mit 91 Zeichnungen und Diagrammen und 15 Tabellen
Unter Mitarbeit von Dr. M. Hahn, Dr. J. Wenzel
und W. DeHaas (Hrsg.)

Zur 5. Auflage völlig neu bearbeitete
und erweiterte, revidierte 6. Auflage

Müller Rüschnikon Verlags AG, Cham

ISBN 3-275-01018-2

6. Auflage 1993

Copyright © 1991 by Müller Rüschnikon Verlags AG, Gewerbestrasse 10,
CH-6330 Cham

Umschlagfoto und -gestaltung von Fredy Knorr.
Zeichnungen von Beni Laroche und Fredy Knorr.

Sämtliche Rechte der Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung sind
vorbehalten.

Satz und Druck: Franz X. Stückle, Druck und Verlag, D-77955 Ettenheim
Bindung: Buchbinderei Schumacher AG, CH-3185 Schmitten
Printed in Germany

Inhalt

Vorwort 13

I Sicherheit beim Tauchen 15

- Die persönlichen Voraussetzungen 15
- Allgemeine Sicherheitsvorkehrungen 17
- Planung und Durchführung des Tauchgangs 18
- Tauche nie allein! 19
- Besondere Einsätze 19
- Verhalten bei Unfällen 20

II Kondition, Training, Ernährung und Medikamente 21

- Konditionelle Beanspruchung beim Tauchen 21
- Ausdauertraining 22
- Die Kraft und ihr Training 24
- Schnelligkeit und Beweglichkeit 25
- Die Rolle der Koordination 25
- Nebenwirkungen des Trainings und Sportschäden 26
- Körperliches Training und Alter 27
- Altersgrenzen für das Tauchen 28
- Die Frau und der Tauchsport 30
- Sport und Ernährung 32
- Doping und Sport 33
- Autogenes Training 34
- Medikamente und Tauchen 34
- Die Reisekrankheit 35
- Rauchen und Nikotin 36
- Reisen und Impfungen 37
- Alkohol 39

III Tauchausrüstung 40

(von Max Hahn)

- Die Grund- oder Abc-Ausrüstung 40
 - Schnorchel* 40
 - Länge und Durchmesser des Schnorchels* 40
 - Tauchermaske* 41
 - Schwimmflossen* 42

- Die zusätzliche Ausrüstung für das Gerätetauchen 43
 - Tiefenmesser* 43
 - Tauchcomputer* 44
 - Tarier- und Rettungswesten* 46
 - Bleigurt* 49

- Tauchgeräte 49
 - Sauerstoffereislaufgeräte* 49
 - Drucklufttauchgeräte (DTG)* 51
 - Einstufen-Atemregler* 51
 - Zweistufen-Atemregler* 52
 - Einschlauch-Atemregler* 54
 - Kompensiertes Ventil* 55
 - Druckluftflaschen* 55
 - DIN-Normen* 56

IV Physiologie des Tauchens 58

- Allgemeine physiologische Prinzipien 58
- Die Systeme der Sauerstoffaufnahme 59
- Der Aufbau der Lunge und die Mechanik der Atmung 60
- Das Wichtigste über den Gasaustausch 64
- Der Gasaustausch in den Alveolen 64
- Herz und Kreislauf, die Transportorgane für den Sauerstoff 67
- Arterien, Venen und der Blutdruck 69
- Zu hoher und zu niedriger Blutdruck 70
- Der Schockzustand 71
- Etwas über Stoffwechsel und Energieumsatz 72
- Vom Sauerstoff- und Energieverbrauch beim Schwimmen und Tauchen 74
- Über die Apnoe und das Hyperventilationssyndrom 77
- Was geschieht beim Hyperventilieren? 78
- Der Schwimmbad-Blackout 80
- Darf man vor dem Tauchen hyperventilieren? 84
- Der Preßdruck 85
- Warum sind Wale und Delphine bessere Taucher als der Mensch? 86

- Bei Walen und Delphinen gibt es keine Dekompressionsunfälle 89
- Mäuse als Fische 92
- Der Tauchreflex 93
- Die Einflüsse von Hormonen, Nerven und Stress 96
- Das Sehen unter Wasser 98

V Physikalische Grundlagen 103

(von Max Hahn)

- Der Druck und seine Maßeinheiten 103
 - Druck ist Kraft/Fläche* 103
 - Masse und Gewicht* 103
 - Atmosphärischer Luftdruck* 104
 - Umrechnungstabelle für verschiedene Druckeinheiten* 105
 - Berechnung der Druckzunahme mit steigender Wassertiefe* 105
 - Druckdifferenzen wirken schädigend* 106
 - Das Gesetz von Boyle-Mariotte* 107
 - Maßeinheit für die Gasmenge: das Barliter* 107
 - Flexibel eingeschlossene Gasmengen* 108
 - Starr eingeschlossene Gasmengen* 108
 - Das Gesetz von Archimedes* 108
 - Die Veränderungen des Auf- und Abtriebs während eines Tauchgangs mit Drucklufttauchgerät* 109
 - Gewichtslosigkeit – Schwerelosigkeit* 111
 - Der Partialdruck und seine Definition durch Dalton* 112
 - Das Gesetz von Henry* 114
 - Gelöste Gasmengen* 114
 - Die Gasspannung* 115
 - Die «erlaubte Überspannung»* 117
 - Das Gesetz von Amontons* 118
 - Gleichung des idealen Gases* 120
 - Fülldruck, Prüfdruck, Berstdruck* 120
- Sehen unter Wasser 121
 - Streuung und Absorption* 121
 - Licht unter Wasser* 122
 - Farben unter Wasser* 122
 - Sichtweiten* 124
- Hören unter Wasser 124

VI Die Auswirkungen des Drucks beim Tauchen 126

- Die Unterteilung der Druckwirkungen in drei Phasen 126
- Hydrostatische Druckwirkungen 126
- Die Kompressionsphase 129
 - Das Prinzip des Barotraumas* 129
 - Das Barotrauma der Lunge* 130
 - Die Schröpfkopfwirkung* 132
 - Das Tieftauchen in Apnoe* 134
 - Das Tauchen der Amas* 137
 - Über die Besonderheiten des Schnorcheltauchens* 138
 - Das Barotrauma der Nasennebenhöhlen* 140
 - Das Barotrauma des Mittelohrs* 143
 - Schädigung des Innenohrs* 147
 - Hörverluste bei Tauchern* 151
 - Über die Funktion der Tube* 151
 - Die einzelnen Methoden des Druckausgleichs* 154
 - Über Ohrenstöpsel* 157
 - Über Nasentropfen* 158
 - Das perforierte Trommelfell* 158
 - Erscheinungen im Gehörgang* 158
 - Laryngocelen* 159
 - Die übrigen luftgefüllten Hohlräume im Körper* 160
- Die Isopressionsphase (von O. F. Ehm und J. Wenzel) 161
- Der Sauerstoff 162
 - Verminderter Sauerstoffdruck und Höhenkrankheit* 162
 - Sauerstoffmangel beim Tauchen* 164
 - Hypoxie beim Tauchen in Apnoe* 165
 - Sauerstoff unter erhöhtem Druck* 166
 - Die Lungenschädigungen* 167
 - Die Krampfanfälle* 168
 - Wann kommt es zu Krampfanfällen?* 170
 - Wie wirkt sich der Sauerstoffüberdruck beim Tauchen aus?* 170
 - Der Sauerstoffdruck beim Drucklufttauchen* 171
 - Die Verhütung und Behandlung von Sauerstoffvergiftungen* 171
 - Die Ursache der Sauerstoffgiftigkeit* 172
 - Der Sauerstoff in der Medizin und in künstlichen Atemgemischen* 174
- Das Kohlendioxid 176
 - Die Wirkung vermehrten Kohlendioxidangebots* 177
 - Die Toleranz für die Hyperkapnie beim Tauchen* 177
 - Kohlendioxid unter erhöhten Druckbedingungen* 179
 - Ursache und Behandlung der Kohlendioxidvergiftung* 180
 - Tiefenrausch und Kohlendioxid* 180
 - Die Symptome des Tiefenrauschs* 181
 - Die Vermeidung der Tiefenrauschgefahren* 182

- Die Tiefengrenze für Drucklufttauchen* 183
- Die Hypothesen über die Ursachen des Tiefenrauschs* 183
- Die Inertgase als Ursache des Tiefenrauschs* 185
- Über den Narkoseeffekt der Inertgase* 186
- Das Kohlenmonoxid 188
- Übersicht der Symptome der einzelnen Gase beim Tauchen 189
- Die Dekompressionsphase (von O. F. Ehm und J. Wenzel) 192
 - Der Stickstoff im Organismus unter atmosphärischem Druck* 192
 - Über die Stickstoffsättigung der Gewebe* 193
 - Die unterschiedlich schnelle Sättigung der Gewebe* 194
 - Der Vorgang der Entsättigung* 196
 - Die Vorgänge bei der Dekompressionskrankheit* 197
 - Schnelle und langsame Gewebe und die Halbsättigungszeit* 198
- Verhütung der Dekompressionskrankheit 199
 - Die Grundlagen der Null- und Austauschzeiten* 199
- Die Praxis des Austauchens (von Max Hahn) 200
 - Berechnung eines Tauchgangs* 202
 - Mehrfaches Tauchen am Tag* 203
 - Tauchen in Bergseen* 204
 - Fliegen nach Tauchgängen* 204
 - Nachgeholt Dekompression* 204
- Die Dekompressionskrankheit 205
 - Pathologie der Dekompressionskrankheit, Auftreten und Weg der Gasblasen* 206
 - Komplikationen der Dekompressionskrankheit* 207
 - Blutgerinnung und Dekompressionskrankheit* 208
 - Begünstigende Faktoren* 209
 - Die Symptome der Dekompressionskrankheit* 211
 - Chronische Dekompressionsschäden* 214
 - Zeitraum des Auftretens der Erscheinungen* 215
 - Dekompressionsunfälle durch Überdehnung der Lunge* 216
 - Wann kommt es zum Lungenüberdruckunfall* 218
 - Verhütung von Lungenüberdruckunfällen* 219
 - Taravana* 221
- Behandlung der Dekompressionskrankheit 224
 - Prinzip der Behandlung* 224
 - Erkennen einer Dekompressionskrankheit* 228
 - Wann ist eine Rekompression erforderlich?* 228
 - Rekompression unter Wasser* 231
 - Durchführung der Druckkammerbehandlung* 232
 - Rekompression in der Einmanndruckkammer* 233
 - Unterschiede der Behandlungsverfahren* 234
 - Erfolge der Behandlung* 234
 - Behandlung schwerer Dekompressionsunfälle* 235

- Tieftauchen (von J. Wenzel) 235
 - Die Probleme durch die Atemgase 237
 - Sättigungstauchen 238
 - Technische Anwendung des Sättigungstauchens 240
 - Sprachliche Verständigung 241
 - Das Temperaturproblem 241
 - HPNS – die Reaktion des Nervensystems auf hohe Drücke 243
 - Wasserstoff als Tieftauchgas 245
 - Gasdichte und Atmung 247
 - Über die Entstehung von Gasblasen 248
 - Die Theorie und Berechnungen von Haldane 251
- Die Unterschiede zwischen den einzelnen Tabellen (von J. Wenzel und M. Hahn) 253

VII Temperatureinwirkungen 258

- Wärme und Wärmehaushalt 258
- Die Möglichkeiten der Wärmeabgabe 259
- Kern und Schale bei der Wärmeregulierung 260
- Die zentrale Regulationssteuerung 262
- Wärmestauungen und Hitzschlag 265
- Sonnenbrand 266
- Auskühlung im Wasser 267
- Die Phasen der Unterkühlung 268
- Behandlung der Unterkühlung 269
- Erfrierungen 270
- Erkältungskrankheiten 271
- Kälteeinfluß und Kälteadaptation beim Tauchen 271
- Kälteschutz beim Tauchen 273
- Wann ist Kälteschutz notwendig? 275
- Trockentauchanzüge 276
- Verschiedene Kältewirkungen 277

VIII Schädigungen durch Meerestiere 280

(von W. DeHaas und O. F. Ehm)

- Die Haie 280
- Barrakudas 284
- Doktorfische und Kaninchenfische 284
- Muränen 285
- Giftige Rochen 286
- Petermännchen 287
- Drachenköpfe, Feuerfische und Steinfische 288
- Korallenwelse und Froschfische 289

- Giftige Schnecken und Kopffüßer 290
- Behandlung nach Verletzung durch giftige Fische, Schnecken und Kopffüßer 291
- Von Quallen und anderen Nesseltieren 292
- Behandlung nach Nesseltier-Berührungen 294
- Seeigel und Borstenwürmer 295
- Seeschlangen 296
- Behandlung nach Seeschlangenbissen 297
- Ciguatera und andere Neurotoxine 297

IX Ertrinken und Badetod 301

- Ertrinken im Meer und im Süßwasser 302
- Der Vorgang des Ertrinkens 304
- Nachweis des Ertrinkungstods 305
- Der Badetod oder Wasserschock 305
- Vom Tod im Wasser 308
- Badedermatitis 309

X Tauchunfälle 310

- Statistischer Überblick 310
- Unfallursachen nach der Statistik 311
- Der «Faktor Mensch» als Unfallursache 311
- Streß-Syndrom als Unfallursache 312
- Begünstigende Faktoren 313
- Ungeklärte und seltene Tauchunfälle 314

XI Wiederbelebung als Erste Hilfe 318

- Feststellungen am Unfallort 319
- Die Maßnahmen der Wiederbelebung 320
- Sauerstoff und Kohlendioxid bei der Atemspende 322
- Methoden und Anwendung der Atemspende 323
- Hilfsmittel für die Atemspende 324
- Die stabile Seitenlage 325
- Beatmungsgeräte 326
- Belebe den Kreislauf! 327
- Ausführung der Herzmassage 328
- Herzmassage mit gleichzeitiger Atemspende 329
- Wie lang sollen Wiederbelebungsversuche durchgeführt werden? 330
- Übung und Ausbildung in der Wiederbelebung 331
- Notfallkoffer für Taucher 332
- Notfallkoffer und erste Maßnahmen des Arztes 332

XII Tauglichkeitsuntersuchungen 335

- Grundsätzliches und die Besonderheiten 335
- Die Anamnese 338
- Kontraindikationen 339
- Untersuchung 339
 - Der Allgemeinzustand und die Haut* 339
 - Bewegungsapparat* 340
 - Augen* 340
 - Nase und Nebenhöhlen* 341
 - Ohren* 341
 - Mundhöhle* 342
 - Lungen* 342
 - Herz und Kreislauf* 344
 - Leistungs- und Funktionsprüfungen* 345
 - Abdomen* 346
 - Zentralnervensystem und Psyche* 347
 - Stoffwechsel- und Bluterkrankungen* 347
 - Vegetativum* 348
- Nachuntersuchung 348

Anhang

- Austauchtabelle «DECO '92» (von M. Hahn) 350
 - A. Dekompressions-Tabelle 352, 354
 - B. Tabelle für Oberflächenpausen und Wiederholungstauchgänge 353, 355
- Behandlung der Dekompressionskrankheit 356
- Therapietabelle (von J. Wenzel) 358
- Richtlinien der GeTÜM für die Tauchtauglichkeitsuntersuchung 361
 - 1. Allgemeines 361
 - 2. Anwendungsbereich 361
 - 3. Geltungsbereich 361
 - 4. Ergänzende Erläuterungen 362
 - 5. Altersgrenzen 362
 - 6. Untersuchung 363
 - 7. Nachuntersuchungen 372
- Fragebogen zur Erfassung von Tauchunfällen 372
- Muster-Untersuchungsbogen für die Tauglichkeitsuntersuchung 374

- Glossar 382
- Bibliographie 388
- Bildnachweis 410
- Stichwortregister 412

Vorwort

Das Sporttauchen und mit ihm die Tauchmedizin haben die Pionierzeit längst hinter sich gelassen. Unsere Kenntnisse in der Tauchmedizin sind in den letzten Jahren ständig erweitert worden. Um die heute notwendigen Informationen zum Berufs- und Sporttauchen zu geben, wurde dieses Buch auf ein möglichst breites, anspruchsvolles Wissensniveau gestellt. Gleichzeitig will es den Ärzten, die sich mit der Tauchmedizin befassen, als Leitfaden zur Hand gehen.

Das mit diesem Konzept erstmals 1974 erschienene Werk wurde deshalb von Auflage zu Auflage dem jeweils aktuellen Stand angepaßt.

Für die zweite Auflage ergab sich zwangsläufig eine Änderung der bisher verwendeten Maßeinheiten, weil mit dem ersten Januar 1978 in fast allen Ländern der Erde das 1961 und 1971 beschlossene Système International d'Unités oder die SI-Einheiten gültig wurden.

In der dritten Auflage wurden die 25 Jahre alten Dekompressionstabellen der US-Navy durch die Berechnungen von A. A. Bühlmann ersetzt. Sie waren das Ergebnis von Hunderten von experimentellen Kammerfahrten und Tauchgängen mit Versuchspersonen beiderlei Geschlechts und verschiedenen Altersgruppen. Die neuen Austauchtabelle, die vom Verband Deutscher Sport-Taucher (VDST) übernommen wurden, wurden von Dr. M. Hahn berechnet.

Die vierte Auflage brachte neben kleineren Berichtigungen eine Neufassung des Kapitels Tauchtauglichkeit, die auf den neuen Richtlinien der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GeTÜM) fußt.

Für ihre Mitarbeit an den laufenden Ergänzungen und Erweiterungen habe ich dem Physiker Dr. M. Hahn, Düsseldorf, dem Pulmologen Prof. Dr. G. Utz, Schwäbisch Hall, dem Ingenieur B. Ryrko, Freiburg, dem Neurobiologen Dr. H. Kettenmann, und dem Herausgeber W. DeHaas zu danken. Für die meisten Naturwissenschaften, besonders aber für die Biologie und für viele Sparten in der Medizin, verdoppelt sich heute die Zahl der Informationen in einem Zeitraum von fünf bis zehn Jahren. Auch die Tauchmedizin ist heute sehr viel komplexer geworden. So ist es – wie auch in anderen Fachbereichen – für einen einzelnen schwer, die ganze Breite des