

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung: Tauchmedizinische Forschung in der Schweiz . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abnorme atmosphärische Bedingungen . . . . .</b>	<b>11</b>
2.1	Höhe, Hypoxie . . . . .	12
2.2	Hyperoxie und hyperbarer O <sub>2</sub> . . . . .	15
2.3	Atemwegswiderstände bei Überdruck . . . . .	16
2.4	Atmung und Kreislauf beim Tauchen, Zentralisation, Lungenödem . . . . .	18
2.5	Tiefenrausch, N <sub>2</sub> -Narkose . . . . .	19
2.6	High pressure nervous syndrome (HPNS) . . . . .	20
2.7	Hypothermie und Hyperthermie . . . . .	24
	Aktueller Wissensstand . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Zwischenfälle beim Tauchen . . . . .</b>	<b>29</b>
3.1	Der tödliche Tauchunfall: Ertrinken beim Sporttauchen . . . . .	30
3.2	Nichttödliche Zwischenfälle beim Tauchen . . . . .	33
3.2.1	Nasennebenhöhlen und Ohren . . . . .	34
3.2.2	Lunge: Pneumothorax, „zentraler“ Lungenriss . . . . .	39
3.2.3	Magen-Darm-Trakt . . . . .	42
3.2.4	Auge . . . . .	43
3.2.5	Zähne . . . . .	44
3.3	Gasblasen und Gasansammlung im Gewebe bei konstantem Umgebungsdruck . . . . .	44
3.4	Gasembolie bei Senkung des Umgebungsdrucks . . . . .	45
3.4.1	Venöse Gasembolie, „explosive“ Dekompression, „blow up“ . . . . .	45
3.4.2	Arterielle Gasembolie während des Auftauchens . . . . .	47
3.5	Dekompressionskrankheit . . . . .	49
3.5.1	Haut . . . . .	50
3.5.2	Muskulatur . . . . .	51
3.5.3	Gelenke, Bänder und Knochen, „bends“ . . . . .	52
3.5.4	Rückenmark . . . . .	54

3.5.5	Differentialdiagnose zwischen Dekompressionskrankheit des Rückenmarks und Gasembolie in das Rückenmark nach „zentralem“ Lungenriss . . . . .	55
3.5.6	Dekompressionskrankheit des Innenohrs . . . . .	57
3.5.7	Tauchen mit Kunststoffprothesen . . . . .	60
	Aktueller Wissensstand . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Behandlung des verunglückten Tauchers . . . . .</b>	<b>65</b>
4.1	Notaufstieg und Nachholen der Dekompression im Wasser . . . . .	66
4.2	Erste Hilfe, Transport des verunglückten Tauchers . .	66
4.3	Behandlung in der Überdruckkammer . . . . .	68
4.3.1	Tauchgänge mit Luftatmung . . . . .	68
4.3.2	Tieftauchen mit Atmung von O <sub>2</sub> -Helium-Gemischen	71
4.3.3	Begleitende Maßnahmen bei der Behandlung . . . . .	72
4.4	Spontanverlauf bei akuten Schädigungen des Innenohrs, des Gehirns oder des Rückenmarks .	72
4.5	Ergebnisse der Behandlung in der Überdruckkammer . . . . .	74
4.5.1	Barotrauma des Ohres mit Innenohrsymptomen . . .	74
4.5.2	Spinale Läsionen nach Gasembolie oder ungenügender Dekompression . . . . .	76
4.5.3	Rezidive . . . . .	80
4.5.4	Individuelle Dispositionen . . . . .	81
	Aktueller Wissensstand . . . . .	83
<b>5</b>	<b>Inertgasaufnahme und -abgabe des menschlichen Körpers . . . .</b>	<b>85</b>
5.1	Physikalische und biologische Grundlagen . . . . .	86
5.1.1	Druck, Kraft, Arbeit . . . . .	86
5.1.2	Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Berechnung des Teildrucks der Atemgase . . . . .	87
5.1.3	Löslichkeit der Atemgase in wässrigen Lösungen und in Fett . . . . .	91

5.1.4	Gastransport mit dem Blutkreislauf . . . . .	93
5.1.5	Berechnung des Druckausgleichs der Inertgase zwischen Lunge, Blut und Geweben . . . . .	94
5.1.6	Spektrum der Halbwertszeiten für $N_2$ und Helium .	97
5.1.7	Summierung der Inertgase im Gewebe . . . . .	101
5.1.8	Vermehrte venöse Zumischung zum arteriellen Blut und Inertgasdruckausgleich zwischen Lunge und Gewebe . . . . .	106
<b>6</b>	<b>Symptomlos tolerierter Inertgasüberdruck im Gewebe . . . . .</b>	<b>111</b>
6.1	Klinische Erfahrung und Experimente . . . . .	112
6.2	Tolerierter Inertgasüberdruck bei einem Umgebungsdruck von 1,0 bar . . . . .	113
6.3	Tolerierter $p_t N_2$ und $p_t He$ bei einem Umgebungsdruck von 1,0 bar am Ende der Dekompression. Experimente . . . . .	114
6.4	Identifikationen der Halbwertszeiten mit Geweben .	115
6.5	Lineare Beziehung zwischen Umgebungsdruck und symptomlos toleriertem Inertgasüberdruck . . .	117
6.6	Inertgasabgabe bei Senkung des Umgebungsdrucks. Mikrogasblasen im venösen Blut . . . . .	119
	Aktueller Wissensstand . . . . .	124
<b>7</b>	<b>Das Rechenmodell ZH-L16A . . . . .</b>	<b>127</b>
7.1	Empirische Grenzen für den tolerierten Inertgasüberdruck . . . . .	128
7.2	Mathematische Ableitung des tolerierten $N_2$ -Überdrucks von den $N_2$ -Halbwertszeiten . . . . .	129
7.3	Toleranzgrenzen für Helium . . . . .	131

<b>8</b>	<b>Theoretische Toleranzgrenzen und experimentelle Ergebnisse</b>	<b>133</b>
8.1	Retrospektive Studien und prospektive reale Tauchgänge	134
8.2	Tolerierter $p_t N_2$ am Ende der Dekompression in Prozent der ZH-L16A-Grenzen. Ersttauchgänge mit Luft	135
8.3	Tolerierter $p_t He$ am Ende der Dekompression in Prozent der ZH-L16A-Grenzen. Ersttauchgänge	138
8.4	Tolerierter $p_t N_2$ in Abhängigkeit von unterschiedlichen Werten für den Umgebungsdruck. Ersttauchgänge mit Luft	139
8.5	Tolerierter $p_t He$ in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck	143
8.6	Sättigungstauchgänge mit $N_2$ und mit Helium	144
8.7	Wiederholte Tauchgänge mit Luft	147
8.8	Dekompressionen in die Höhe nach einem Tauchgang. Fliegen nach dem Tauchen	149
8.9	Erfahrungen bei täglich mehrstündigen Tunnelarbeiten	152
8.10	ZH-L16-Modifikationen für die praktische Anwendung Aktueller Wissensstand	156 159
<b>9</b>	<b>Dekompressionstabellen</b>	<b>161</b>
9.1	Entwicklung der Tabellen seit Haldane 1908	162
9.2	Regeln für die Berechnung der Tabellen ZH-86	164
9.3	Vergleich von Dekompressionsprofilen der Tabellen ZH-86 mit simulierten Tauchgängen	166
9.4	Wiederholte Tauchgänge	168
9.5	Fliegen nach dem Tauchen Aktueller Wissensstand	171 173

<b>10</b>	<b>Das adaptive Rechenmodell ZH-L8 ADT (E. Völlm)</b>	<b>179</b>
10.1	Adaptationen des Kreislaufs und deren Berücksichtigung im Rechenmodell	181
10.1.1	Der Einfluss der Arbeit	181
10.1.2	Der Einfluss des kalten Wassers	182
10.2	Mikrogasblasenbildung und deren Berücksichtigung im Rechenmodell	182
10.2.1	Mikrogasblasen im venösen Kreislauf	184
10.2.2	Mikrogasblasen im arteriellen Kreislauf und in den Geweben	186
10.2.3	Übertritt von Gasblasen aus dem venösen ins arterielle Blut	187
10.2.4	Möglichkeiten zur Reduktion der Blasen im venösen Blut	188
10.3	Praktische Auswirkungen des Rechenmodells ZH-L8 ADT beim Tauchen	190
10.4	Die Möglichkeiten des adaptiven Rechenmodells	191
<b>11</b>	<b>Dekompressionscomputer (E. Völlm)</b>	<b>193</b>
11.1	Vorteile und Gefahren	194
11.2	Struktur eines Tauchcomputers	196
11.3	Hardware	197
11.3.1	Was ist Hardware?	197
11.3.2	Anforderungen an die Hardware	197
11.4	Software	204
11.4.1	Was ist Software?	204
11.4.2	Das Modell – der Kern der Software	205
11.5	Berechnungsschritte des Tauchcomputers	208
11.5.1	Inertgasdruck im Gewebe	208
11.5.2	Tolerierte Tauchtiefe und tolerierter Inertgasdruck	209
11.5.3	Nullzeit	211
11.5.4	Dekompressionsstufen	213
11.5.5	Gesamte Auftauchzeit	214
11.5.6	Entsättigungszeit	215
11.5.7	Tauchen in der Höhe und Fliegen nach dem Tauchen	216

11.6	Sicherheit . . . . .	218
11.6.1	Genauigkeit, Rundungen . . . . .	218
11.6.2	Tiefen- und Zeitzuschläge . . . . .	218
11.6.3	Halbwertszeiten und Übersättigungstoleranzen . . . . .	219
11.6.4	Höhenklassen . . . . .	219
11.6.5	Einsatzgrenzen . . . . .	219
11.6.6	Warnanzeigen . . . . .	220
11.6.7	Bestimmung des Luftdrucks . . . . .	220
11.6.8	Persönlicher oder austauschbarer Tauchcomputer? . . . . .	221
11.7	Ein Blick in die Zukunft . . . . .	222
12	Individuelle Dekompression . . . . .	223
Anhang:	Luftdekompressionstabellen für 0–700 m ü. NN, 701–2500 m ü. NN und 2501–4500 m ü. NN sowie Tabelle für die Zeitzuschläge bei Wiederholungstauchgängen . . . . .	225
	Nullzeiten bei Atmung von 50% O <sub>2</sub> und 50% N <sub>2</sub> („Nitrox“) für 0–700 m ü. NN . . . . .	236
	Wichtige Internetadressen . . . . .	237
	Literatur . . . . .	241
	Sachverzeichnis . . . . .	245

Tauchmedizin

Barotrauma Gasembolie · Dekompression

Dekompressionskrankheit Dekompressionscomputer

Bühlmann, A.A.; Völlm, E.B.; Nussberger, P.

2002, XVIII, 253 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-42979-1