

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><i>Einleitung: Tauchmedizinische Forschung in der Schweiz</i></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><i>Abnorme atmosphärische Bedingungen</i></b>	<b>7</b>
2.1	Höhe, Hypoxie .....	7
2.2	Hyperoxie und hyperbarer O <sub>2</sub> .....	9
2.3	Atemwegswiderstände bei Überdruck .....	10
2.4	Atmung und Kreislauf beim Tauchen .....	11
2.5	Tiefenrausch, N <sub>2</sub> -Narkose .....	12
2.6	High pressure nervous syndrome (HPNS) .....	13
2.7	Hypothermie und Hyperthermie .....	16
<b>3</b>	<b><i>Zwischenfälle beim Tauchen</i></b>	<b>19</b>
3.1	Der tödliche Tauchunfall: Ertrinken beim Sporttauchen .....	19
3.2	Nichttödliche Zwischenfälle beim Tauchen: Barotrauma .....	22
3.2.1	Nasennebenhöhlen und Ohren .....	22
3.2.2	Lunge: Pneumothorax, „zentraler“ Lungenriß .....	26
3.2.3	Magen-Darm-Trakt .....	28
3.2.4	Auge .....	29
3.2.5	Zähne, Laryngozelen, Ösophagusdivertikel .....	29
3.3	Gasblasen und Gasansammlung im Gewebe bei konstantem Umgebungsdruck .....	30
3.4	Gasembolie bei Senkung des Umgebungsdrucks .....	30
3.4.1	Venöse Gasembolie, „explosive“ Dekompression, „blow up“ .....	31
3.4.2	Arterielle Gasembolie während des Aufstauchens .....	32
3.5	Dekompressionskrankheit .....	33
3.5.1	Haut .....	34
3.5.2	Muskulatur .....	35
3.5.3	Gelenke, Bänder und Knochen, „bends“ .....	35
3.5.4	Rückenmark .....	37

3.5.5	Differentialdiagnose zwischen Dekompressionskrankheit des Rückenmarks und Gasembolie in das Rückenmark nach „zentralem“ Lungenriß .....	38
3.5.6	Dekompressionskrankheit des Innenohrs .....	38
3.5.7	Tauchen mit Kunststoffprothesen .....	41
4	<i>Behandlung des verunfallten Tauchers</i> .....	42
4.1	Notaufstieg und Nachholen der Dekompression im Wasser .....	42
4.2	Erste Hilfe, Transport des verunfallten Tauchers ...	42
4.3	Behandlung in der Überdruckkammer .....	43
4.3.1	Tauchgänge mit Luftatmung .....	43
4.3.2	Tieftauchen mit Atmung von O <sub>2</sub> -Helium-Gemischen	46
4.3.3	Begleitende Maßnahmen bei der Behandlung .....	46
4.4	Spontanverlauf bei akuten Schädigungen des Innenohrs, des Gehirns oder des Rückenmarks .	47
4.5	Ergebnisse der Behandlung in der Überdruckkammer .....	48
4.5.1	Barotrauma des Ohres mit Innenohrsymptomen ...	48
4.5.2	Spinale Läsionen nach Gasembolie oder ungenügender Dekompression .....	49
4.5.3	Rezidive .....	53
4.5.4	Individuelle Dispositionen .....	53
5	<i>Inertgasaufnahme und -abgabe des menschlichen Körpers</i> .....	56
5.1	Physikalische und biologische Grundlagen .....	56
5.1.1	Druck, Kraft, Arbeit .....	56
5.1.2	Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Berechnung des Teildrucks der Atemgase .....	57
5.1.3	Löslichkeit der Atemgase in wässrigen Lösungen und in Fett .....	59
5.1.4	Gastransport mit dem Blutkreislauf .....	61
5.1.5	Berechnung des Druckausgleichs der Inertgase zwischen Lunge, Blut und Geweben .....	62
5.1.6	Spektrum der Halbwertszeiten für N <sub>2</sub> und Helium ..	65
5.1.7	Summierung der Inertgase im Gewebe .....	68
5.1.8	Vermehrte venöse Zumischung zum arteriellen Blut und Inertgasdruckausgleich zwischen Lunge und Gewebe .....	71

<b>6</b>	<b><i>Symptomlos tolerierter Inertgasüberdruck im Gewebe</i></b>	<b>74</b>
6.1	Klinische Erfahrung und Experimente .....	74
6.2	Tolerierter Inertgasüberdruck bei einem Umgebungsdruck von 1,0 bar .....	75
6.3	Tolerierter $p_t.N_2$ und $p_t.He$ bei einem Umgebungsdruck von 1,0 bar am Ende der Dekompression. Experimente .....	75
6.4	Identifikationen der Halbwertszeiten mit Geweben ..	76
6.5	Lineare Beziehung zwischen Umgebungsdruck und symptomlos toleriertem Inertgasüberdruck .....	77
6.6	Inertgasabgabe bei Senkung des Umgebungsdrucks. Mikrogasblasen im venösen Blut .....	80
 <b>7</b>	<b><i>Das Rechenmodell ZH-L16A</i></b> .....	<b>84</b>
7.1	Empirische Grenzen für den tolerierten Inertgasüberdruck .....	84
7.2	Mathematische Ableitung des tolerierten $N_2$ -Überdrucks von den $N_2$ -Halbwertszeiten .....	84
7.3	Toleranzgrenzen für Helium .....	86
 <b>8</b>	<b><i>Theoretische Toleranzgrenzen und experimentelle Ergebnisse</i></b> .....	<b>88</b>
8.1	Retrospektive Studien und prospektive reale Tauchgänge .....	88
8.2	Tolerierter $p_t.N_2$ am Ende der Dekompression in Prozent der ZH-L16A-Grenzen. Ersttauchgänge mit Luft .....	89
8.3	Tolerierter $p_t.He$ am Ende der Dekompression in Prozent der ZH-L16A-Grenzen. Ersttauchgänge ..	91
8.4	Tolerierter $p_t.N_2$ in Abhängigkeit von unterschiedlichen Werten für den Umgebungsdruck. Ersttauchgänge mit Luft .....	92
8.5	Tolerierter $p_t.He$ in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck .....	95
8.6	Sättigungstauchgänge mit $N_2$ und mit Helium .....	96
8.7	Wiederholte Tauchgänge mit Luft .....	98
8.8	Dekompressionen in die Höhe nach einem Tauchgang. Fliegen nach dem Tauchen ..	100
8.9	Erfahrungen bei täglich mehrstündigen Tunnelarbeiten .....	103
8.10	ZH-L16-Modifikationen für die praktische Anwendung .....	106

## XII Inhaltsverzeichnis

<b>9</b>	<b><i>Dekompressionstabellen</i></b> .....	<b>109</b>
9.1	Entwicklung der Tabellen seit Haldane 1908 .....	109
9.2	Regeln für die Berechnung der Tabellen ZH-86 .....	111
9.3	Vergleich von Dekompressionsprofilen der Tabellen ZH-86 mit simulierten Tauchgängen ..	112
9.4	Wiederholte Tauchgänge .....	113
9.5	Fliegen nach dem Tauchen .....	116
<b>10</b>	<b><i>Elektronische Dekompressionscomputer</i> (E. Völlm) ..</b>	<b>118</b>
10.1	Vorteile und Gefahren .....	118
10.2	Struktur eines Tauchcomputers .....	119
10.2.1	Hardware .....	120
10.2.2	Anforderungen an die Hardware .....	121
10.2.3	Software .....	124
10.2.4	Das Modell – der Kern der Software .....	124
10.3	Berechnungsschritte des Tauchcomputers .....	126
10.4	Sicherheit .....	132
10.5	Ein Blick in die Zukunft .....	135
<b>11</b>	<b><i>Individuelle Dekompression</i> .....</b>	<b>137</b>
<b>Anhang:</b>	<b>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 .....</b>	<b>139</b>
<b>Literatur</b> .....	<b>149</b>	
<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>153</b>	