

Ist die DGUV Vorschrift 40 angepaßt für Taucher-“Arbeit“?

DOI: 10.13140/RG.2.2.

Unfallverhütungsvorschrift Taucherarbeiten DGUV Vorschrift 40

(bisher BGV C23)

Tauchzeit (min)	Aufstieg bis zur ersten Austauch- stufe (min:sec)	Haltezeiten während des Austauchens auf den Austauchstufen (min)						Gesamtzeit der Dekom- pression (min:sec)
		18 m	15 m	12 m	9 m	6 m	3 m	
Tauchtiefe 42 m								
7	3:30	-	-	-	-	-	-	3:30
10	3:15	-	-	-	-	-	3	6:15
15	3:00	-	-	-	-	3	5	11:00
20	3:00	-	-	-	-	3	12	18:00
25	2:45	-	-	-	3	7	17	29:45
30	2:45	-	-	-	5	10	25	42:45
35	2:30	-	-	3	7	15	30	57:30
40	2:30	-	-	3	10	20	35	70:30
45	2:30	-	-	5	12	25	40	84:30
50	2:30	-	-	5	15	25	45	92:30
60	2:15	-	3	10	17	30	60	122:15
70	2:15	-	5	12	25	40	75	159:15

Zusammenfassung:

Die DGUV 40 wird anhand eines exemplarischen Box-Profiles geprüft, inwieweit die körperliche Belastung unter Wasser berücksichtigt ist. Aus den Abweichungen zu bewährten / implementierten Standardmethoden läßt sich zeigen, daß dies nicht der Fall ist. Für anstrengendere Taucher-Arbeiten wird empfohlen, die DGUV 40 nicht zu benutzen oder zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen, z.B. „padding“ dieser Tabelle.

Methode:

Mittels dreier sehr einfacher, aber stark unterschiedlicher Methoden zur Berücksichtigung körperlicher Belastung unter Wasser von:

- 1) Bühlmann et al. ([204], S. 348 – 365)
- 2) Workman/Bornmann ([204], S. 307 – 330) sowie
- 3) Doolette et al. (ASM 2010, Session A6)

wird das Box-Profil 15 m / 240 min simuliert und den originalen Dekompressionsplänen ohne Belastung gegenübergestellt.

Diskussion:

Die Methode Bühlmann (1), Doolette (3) mit ca. 1 L/min O₂ Verbrauch, sowie „padding“ mit nur einer Zeitstufe erzeugen Dekompressionspläne die ziemlich vergleichbar sind (Folien # 10 & 11).

Da aber die DGUV #40 schon um 11 min gegenüber der unveränderten ZH-86 negativ abweicht (s. Folie # 9), ist davon auszugehen, daß in diesem Tabellenwerk keine nennenswerte körperliche Belastung, die über derjenigen der originalen ZH-86 (s. a. Folie # 6) hinausgeht, berücksichtigt ist.

Ergebnis:

Für Taucherarbeiten mit starker körperliche Belastung sollte die DGUV #40 entweder garnicht oder nur mit entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen wie zusätzliches „padding“ oder einer Erhöhung des pO₂ während der Dekompressionsphase, eingesetzt werden.

Verwendete Tabellenwerke:

→ ZH-86: Luftdekompressionstabelle
(Zürich 1986) 0 – 700 m ü. NN
(mit Koeffizienten nach ZH-L 16 B von
Albert Alois Bühlmann et al. aus [65])

→ [4] Bühlmann, A.A. (1983): Dekompression -
Dekompressionskrankheit, Springer, ISBN: 3-540-12514-0

→ Unfallverhütungsvorschrift Taucherarbeiten
DGUV Vorschrift 40
(bisher BGV C23 vom 1.10.1979) mit der Durchführungsanweisung
vom Januar 2012
Anlage 1, Tabelle 2: Drucklufttabelle, S. 47 - 53

A. A. Bühlmann
E. B. Völlm · P. Nussberger

Tauchmedizin

Barotrauma
Gasembolie · Dekompression
Dekompressionskrankheit
Dekompressionscomputer

5. Auflage



A. A. Bühlmann
**Dekompression –
Dekompressions-
krankheit**



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo

SUB
MARINE
CONSULTING

**[65], Tabelle 32
auf S. 225 – 228**

**Berücksichtigung der körperlichen Belastung,
Zitat aus [4], S.20: „28 bis 30° C“ und „10 min per 1h mit 80 Watt“.**

Weitere verwendete Quellen:

- **[204] Bennett, Peter B., Elliott, David H.(eds.) (1975) The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, Second Edition, Bailliere Tindall, London ISBN: 0-7020-0538-X**
- **NEDU Report 1942-02, S. 26**
- **Doolette DJ, Gerth WA, Gault KA. Probabilistic Decompression Models With Work-Induced Changes In Compartment Gas Kinetic Time Constants. Navy Experimental Diving Unit, Panama City, FL, USA; in: UHMS Annual Scientific Meeting, St. Pete Beach, Florida, June 3-5, 2010, Session A6**
- **sowie:**
 - 36th. UHMS workshop p. 103**
 - 37th. UHMS workshop, p. 145**

Kurze Skizzierung der Verfahren zur Berücksichtigung körperlicher Belastung:

1) Methode Bühlmann et al., aus: [204], S. 348 – 365

Die TTS des Dekompressionsplanes ohne körperliche Belastung wird mit einem Faktor multipliziert. Dieser Faktor ist abhängig von der Grundzeit und der Grundtiefe des Box-Profiles (1,18 → 1,20 → 1,44).

2) Methode USN / Workman / Bornmann, aus: [204], S. 307 – 330

„virtual bottom time“: Die Grundzeit wird mit einem Faktor multipliziert, der vom Inertgas abhängig ist: 1,5 für N₂ und 2,0 für Helium.

3) Methode NEDU / Doolette, aus ASM 2010, Session A6

Die Perfusionsrate und damit die Halbwertszeit ausgesuchter Kompartimente eines Perfusionsmodells wird in Abhängigkeit des erhöhten Sauerstoffverbrauches durch körperliche Belastung modifiziert (Diese Methode ist in DIVE implementiert).

4) Methode „zu Fuß“

sogenanntes „padding“: planerische Benutzung der nächstgrößeren Tiefenstufe und/oder der nächstgrößeren Zeitstufe wie tatsächlich getaucht.

15 m / 240 min

originale Dekompressionspläne, ohne körperliche Belastung

Siehe auch: DOI: [10.13140/RG.2.2.28277.40169](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28277.40169)

→ ZH-86 / TTS = 72
2 / 69

→ DIVE / TTS = 73
3 / 69

→ DGUV / TTS = 61
60

→ DCIEM / TTS = 70

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit:      3.0  Komp.#:  8  
3m Stopp Prognose Dekozeit:      69.0  Komp.#: 10  
TTS =          73.0
```

15 m / 240 min;

Dekompressionspläne *mit körperlicher Belastung:*

1) ZH-86, Methode A.A. Bühlmann; Verlängerung der TTS:

$$2 * 1,4 / 69 * 1,4 \rightarrow TTS = 95$$

2) Methode USN; virtual bottom time: $240 * 1,5 = 360$

DIVE / TTS = 155

22 / 132

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit:    22.0  Komp.#:  9  
3m Stopp Prognose Dekozeit:    132.0  Komp.#: 12  
TTS =    155.0
```

3) Methode Doolette;

DIVE mit O₂ Verbrauch:

1,0 L / min; TTS = 96

12 / 83

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit:    12.0  Komp.#:  9  
3m Stopp Prognose Dekozeit:    83.0  Komp.#: 12  
TTS =    96.0
```

1,5 L / min; TTS = 110

17 / 92

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit:    17.0  Komp.#:  9  
3m Stopp Prognose Dekozeit:    92.0  Komp.#: 13  
TTS =    110.0
```

2,0 L / min; TTS = 124

21 / 102

```
niedriger wie Ceiling wachen:  
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit:    21.0  Komp.#: 10  
3m Stopp Prognose Dekozeit:    102.0  Komp.#: 13  
TTS =    124.0
```

15 m / 240 min;

Dekompressionspläne *mit körperlicher Belastung:*

4) „padding“ mit
nächstgrößere Tiefe: 18 m
nächstgrößere Zeit: 270 min

→ ZH-86: Tabellenende erreicht
→ DGUV: Tabellenende erreicht

Simulation mit DIVE 15 m / 270 min:
TTS = 91

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit: 9.0 Komp.#: 8  
3m Stopp Prognose Dekozeit: 81.0 Komp.#: 10  
TTS = 91.0
```

Simulation mit DIVE 18 m / 240 min:
TTS = 136

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit: 34.0 Komp.#: 8  
3m Stopp Prognose Dekozeit: 100.0 Komp.#: 11  
TTS = 136.0
```

Simulation mit DIVE 18 m / 270 min:
TTS = 166

```
Deko Prognose:  
6m Stopp Prognose Dekozeit: 44.0 Komp.#: 9  
3m Stopp Prognose Dekozeit: 120.0 Komp.#: 12  
TTS = 166.0
```

Bonus Material:

Quelle für DIVE Version 3_09

Zum kostenlosen download:

→ DIVE V 3_09 (https://www.divetable.info/DIVE_V3/index.htm)

und das

→ Manual

https://www.divetable.info/DIVE_V3/DOXV3_0.pdf

Implementierung der Methode von NEDU / Doolette in DIVE:

via des Kommandos / Mnemonic: workload („W“)
dann Eingabe des O₂-Verbrauches von 0,25 bis 4,0 L/min
und des Skalierungsfaktors WF von 0,5 bis 4,0:



```
was jetzt?w  
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 4.0 L/min: 1.25  
Eingabe Skalierungsfaktor WF [./.] 0.5 -> 4.0 0.75  
was jetzt?
```

Im Hintergrund wird dann mit diesen beiden Parametern die Doolette Formel für ausgewählte Kompartimente, i.e. Halbwertszeiten, abgearbeitet:

$$HWZ_{work} = HWZ_{rest} / (1 + WF(VO2_{work} - VO2_{rest}))$$

„Fine-tuning“ von DIVE:

via den Kommandos / Mnemonics:

- Aufstiegs-Rate („AR“)
- Luftdruck beim Start („L“)
- Respiratorischer Koeffizient („R“)
- Wassertemperatur („te“)
- Wasserdichte („di“)
- Bühlmann Sicherheitsfaktor („B“)

mit

„a“

wird die komplette Deko-Prognose für jede Stopp-Tiefe, das hierfür verantwortliche Kompartiment sowie die aufgerundete TTS berechnet.

Die aktuelle DIVE Version zum Beta Test ist hier zu finden:
<https://www.divetable.info/beta/index.htm>

inkl. Informationen über Produktionsdatum, Größe in Bytes, neue Leistungsmerkmale und Prüfsummen für den download.

```
Deko Prognose:
21m Stopp Prognose Dekozeit: 2.0 Komp.#: 3
18m Stopp Prognose Dekozeit: 4.0 Komp.#: 4
15m Stopp Prognose Dekozeit: 6.0 Komp.#: 4
12m Stopp Prognose Dekozeit: 10.0 Komp.#: 5
9m Stopp Prognose Dekozeit: 18.0 Komp.#: 6
6m Stopp Prognose Dekozeit: 28.0 Komp.#: 7
3m Stopp Prognose Dekozeit: 54.0 Komp.#: 9
TTS = 128.0
```