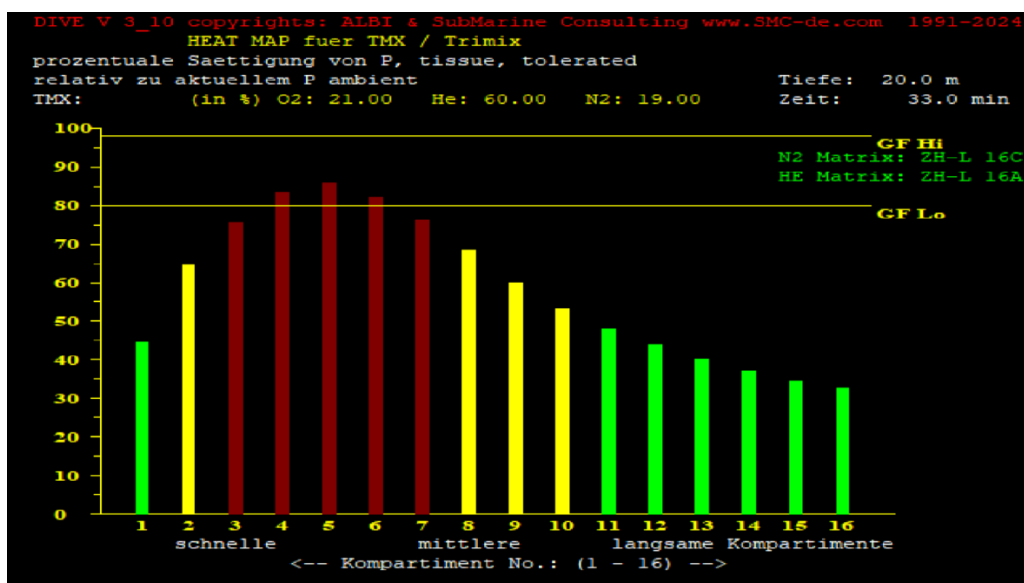
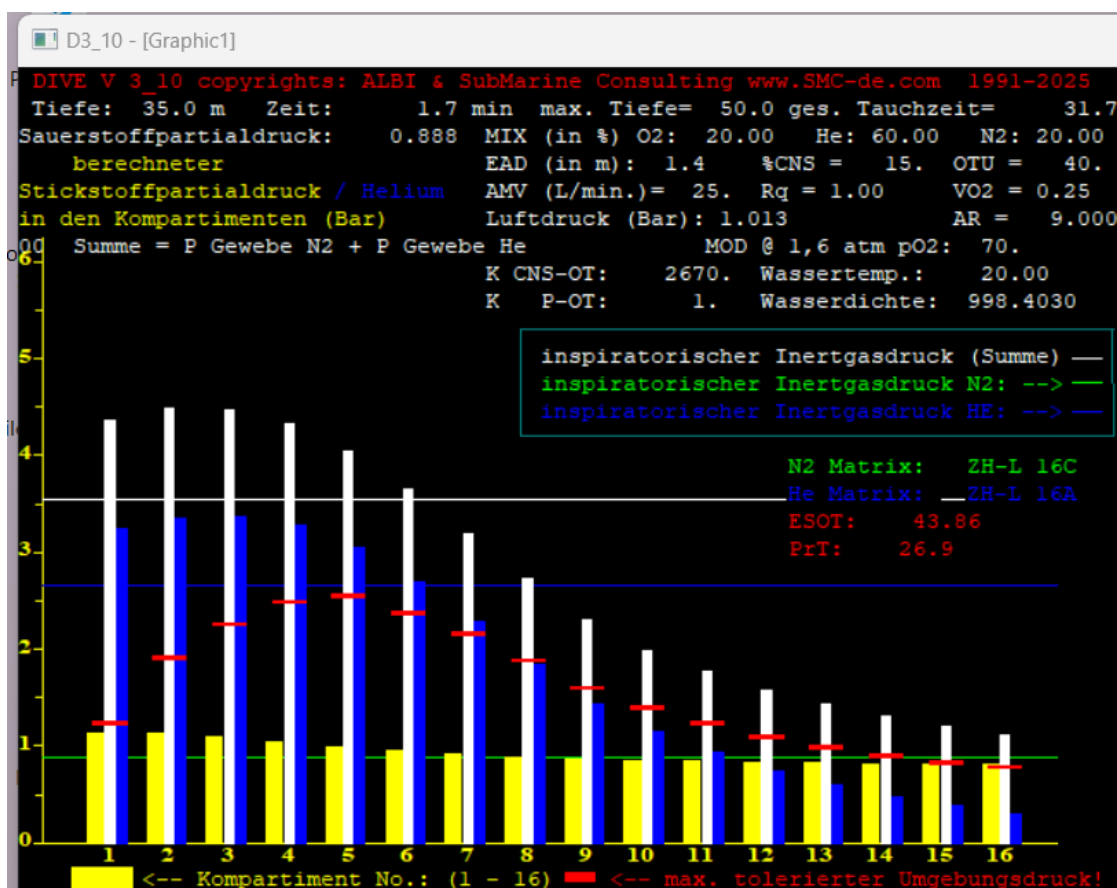


DIVE Version 3_10

Handbuch zur Software



THE

SUB
MARINE
CONSULTING

GROUP

TEL AVIV - SAN FRANCISCO - STUTTGART

WWW.SMC-DE.COM

Dokumentation zum Tauchgangssimulationsprogramm „DIVE“ Version 3_10 (ab 04 / 2016), Stand: 04 / 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Schnellstart.....	3
2	Verzeichnis der Abbildungen	5
3	Tabellenverzeichnis	7
4	Was ist neu (Stand: 04 / 2025)?.....	8
5	... FensterIn!.....	8
6	Die Architektur von DIVE.....	10
7	Haftungsausschluß	12
8	Installation	13
9	Automatischer „SET UP“	14
10	Inhalt des DIVE Version3 ZIP-Archivs:	18
11	die DIVE V3 BETA Test Seite	20
12	Konventionen	21
11	... bevor es so richtig losgeht:	23
13	Die Befehle der Versionen 3_xx im Einzelnen.....	27
14	NDL Tabellen (Luft und NITROX / EANx).....	36
15	Eine Tauchgangssimulation: „Nullzeit“-Tauchgang.....	37
16	Eine Tauchgangssimulation: Dekompressionstauchgang	43
17	TEC Diving	45
18	„P“ und die Details im graphischen Screen-Plot.....	48
19	„Z“ (Zeige alle relevanten Parameter)	49
20	Deep Stops / way points.....	50
21	„D“ versus „A“	53
22	Deko-Prognosen.....	54
23	deco stress / PrT	55
24	Rebreather (SCR)-Tauchgänge simulieren.....	55
25	“O” = Time-to-Flight und Entsättigung	55
26	Oberflächen-Modus / TG Planer / rollierende NDL Tabelle	56
27	respiratorischer Quotient	57
28	Bergseetauchen.....	57
29	Adaption / Anfahrtsrampe	58
30	Error / Out-of-Range	58
31	Prebreathing.....	59
32	Verdünnungs-Hypoxie	59
33	Isobare Gegendiffusion	60
34	Hinweise zu den Simulationen: die Tool Box	61
35	R-/L Shunt: „rl“ & „bsc“	64
36	Experten Modus: die Koeffizienten Matrix	65
37	Update per 11/2019:	70
38	„LS“ = die „last stop“ Option, der letzte Stopp!.....	71
39	„GF“ = die Gradientenfaktoren	71
40	VGM, die „Variable Gradient Method“	73
41	„AR“ = ascent rate	74
42	„AD“ = accelerated deco.....	75
43	„TA“ = Temperatur Adaption	75
44	„MX“ = Matrix der gewichteten Koeffizienten	77
45	„LAT“ = „latency“: Latenz bei Gaswechseln	77
46	„W“ = workload / Arbeitsbelastung.....	77
47	„O2“ = O ₂ Halbwertszeit.....	79
48	Wasser, Wasser, Wasser... (DI & TE).....	79
49	“PDCS” = Probability of Decompression Sickness.....	81
50	Update: ab DIVE V 3_09 (per 08/2020): „BPA“	84
51	Update: ab DIVE V 3_02 (per 07/2018): „RE“	85
52	Ausweg aus dem „NDL Dilemma“?	87
53	Die numerische Lösung des Trimix Deko-Problems	88
54	„%P“ = der Prozent-Plot (nur für Luft / EANx)	90

55	„RS“ = der RGBM Simulator	93
56	„BP“ = „Ball Park“, (Taucher-)Daumen-Werte.....	94
57	„HM“ = „Heat Maps“, auch für Trimixe.....	95
58	Caisson / TBM Profile	95
59	„CP“ = „COMEX Procedure“, die COMEX Prozedur für Bounce-Dives	99
60	„SAT“ = die Auftauchprozeduren für Sättigungs-TG von MT92, N-15 & USN	100
59	„K“ = der K-Werte Planer.....	103
61	„DS“ = deco stress Indices	104
62	„UMR“ = Umrechnungen	105
63	„CLR“ = „CLEAR“, Tabelle der „default“- Werte.....	105
64	Überblick über die ASCII Schnittstellen von DIVE	106
65	Planungsvarianten.....	107
66	Genauigkeit von DIVE	108
67	Ein Tipp für Novizen-Experten und TEC-Diver:	109
68	Literatur	110
69	Motivation, Geschichte und Hintergrund-Infos.....	110
70	Alphabetischer Index	116
71	Anhang A: Qualitätssicherung für DIVE V 3; Stand: März 2021	119
72	Erweiterte Qualitätssicherung, die zweite	127
73	getestete Betriebssystem Versionen	127
74	Anhang B: die ASCII Input/Output Schnittstelle.....	129
75	Anhang C: die FIBONACCI Koeffizienten-Matrix	132
76	Anhang D: Übersicht über einige der verwendeten Quellen.....	134
77	... der letzte Werbe-Block: das DIVE V3 eco system	138

1 Schnellstart

Simulation eines Dekompressions-Tauchganges (Deko-TG) zur Jura (für Ungeduldige ...):

Nach download und entpacken des DIVE ZIP-Archivs:

- Doppelklick im Explorer auf "D3_xx.exe" (xx = Nummer der Minor Release) oder:

Öffnen einer DOS-Box und aufrufen des Programmes:

- Start → Ausführen → "CMD" (cmd.exe), alternativer Befehl:
- Windows Taste + „R“ → „CMD“

dann: Wechsel auf den entsprechenden Pfad mit „CD“

Aufruf von DIVE: "D3_xx.exe"

Simulation des Deko-TG mit Luft zur „JURA“ im Konstanzer Trichter im Bodensee: Tiefe 42 m, Grundzeit 25 min, auf die immer wiederkehrende Frage des Programmchens:

was jetzt?

Folgende Eingaben, nacheinander, Tiefen- & Zeitenangaben mit (Dezimal-)Punkt:

"d"
"42."
"25."

erhalten wir folgendes:

```

D3_10 - [Graphic1]
Kommentar / Comment:

*****
DIVE V 3_10 ist nicht abwaertskompatibel !
*****

DIVE Version 3_10      08/2023 FTN 77
Intel(R) Fortran 64 Compiler Classic
Version: 2021.10.0 Build 20230609_000000
copyright: 1991-2023 @ Dipl. Phys. "ALBI" A. Salm,
PADI Master Scuba Diver Trainer #33913
SSI Advanced & Technical Extended Range
Trimix Instructor #12653
& SubMarineConsulting: www.SMC-de.com
Jegliche Haftung, die aus dem Gebrauch oder den Ergebnissen
des Programms resultiert, ist hiermit ausgeschlossen ! ! !
was jetzt?

```

Abbildung 1-1: BANNER / Begrüßungstext

```

P amb: 5.124 P insp N2: 3.998 P insp He: 0.000
max. Tiefe= 42.0 ges. Tzeit= 25.00 akt. Tiefe: 42.0 m akt. Zeit: 25.00
- - - - -
Nr.: 1 3.96 P N2 0.00 P HE Sum.= 3.96 Ceil. m= 3.56 Putol: 1.36
Nr.: 2 3.63 P N2 0.00 P HE Sum.= 3.63 Ceil. m= 7.17 Putol: 1.71
Nr.: 3 3.20 P N2 0.00 P HE Sum.= 3.20 Ceil. m= 6.89 Putol: 1.69
Nr.: 4 2.75 P N2 0.00 P HE Sum.= 2.75 Ceil. m= 5.55 Putol: 1.56
Nr.: 5 2.32 P N2 0.00 P HE Sum.= 2.32 Ceil. m= 3.72 Putol: 1.38
Nr.: 6 1.96 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.96 Ceil. m= 2.23 Putol: 1.23
Nr.: 7 1.67 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.67 Ceil. m= 0.60 Putol: 1.07
Nr.: 8 1.44 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.44 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.93
Nr.: 9 1.27 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.27 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.81
Nr.: 10 1.16 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.16 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.75
Nr.: 11 1.08 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.08 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.70
Nr.: 12 1.02 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.02 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.67
Nr.: 13 0.98 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.98 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.66
Nr.: 14 0.94 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.94 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.65
Nr.: 15 0.91 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.91 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.64
Nr.: 16 0.89 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.89 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.63
was jetzt?

```

Abbildung 1-2: Kompartimente 1 --> 16 und Ceiling

Danach:

"a"

„Eingabe der Austauschstufe:_"

" "

(leere Eingabe, entsprechend einer Tiefe = 0.0) erhalten wir sofort die Vorschläge für verschiedene deep stops, die maximale Ceiling (engl. = Decke, SAD, safe ascent depth, maximaler Aufstieg bis dahin, abhängig vom gewählten Deko-Modell) sowie die vollständige Deko-Prognose mit den prognostizierten Deko-Zeiten für jede Stufe sowie das hierfür verantwortliche Leitkompartiment (rechts im Bild: **Komp. #:**) und die Summe aller Deko-Zeiten plus die Aufstiegszeit (= Grundtiefe / Aufstiegs geschwindigkeit) als TTS (time-to-surface):


```

was jetzt?a
maximale Ceiling:  7.17
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 16.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] =  24
PDIS fuer TAU = 10 min:  34.60 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min:  24.39 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min:  18.50 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
      Austauschstufe ist zu hoch:
      niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
9m Stopp Prognose Dekozeit:  2.00  Komp.#:  3
6m Stopp Prognose Dekozeit:  6.00  Komp.#:  4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 16.00  Komp.#:  6
TTS =  28.00
was jetzt?

```

Abbildung 1-3: Vorschläge für deep stops sowie die Deko-Prognosen

Das Progrämmchen meckert zwar die zu geringe Austauchtiefe an, da der 0.0-Wert (durch die Datenfreigabe) flacher als die zulässige, die maximale Ceiling von ca. 7 m ist. Dies ist aber nur eine Information und hat keinerlei Konsequenzen ...

So, das war's!

2 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: BANNER / Begrüßungstext.....	4
Abbildung 1-2: Kompartimente 1 --> 16 und Ceiling	4
Abbildung 1-3: Vorschläge für deep stops sowie die Deko-Prognosen	5
Abbildung 5-1: Fensterln	9
Abbildung 5-2: Bedienung der graphischen Fenster.....	9
Abbildung 5-3: die Idee von DIVE, Architektur Schema.....	10
Abbildung 6-1: Vergleich von Dekompressionsmodellen und - Algorithmen	12
Abbildung 8-1: Schliessen des Fensters & Beenden von DIVE	13
Abbildung 8-2: Aleph, der DIVE-Ikone	14
Abbildung 9-1: entpacktes Archiv mit SETUP.BAT	15
Abbildung 9-2: Doppel-Klick auf: „SETUP.BAT“	15
Abbildung 9-3: Schritt 1 von SETUP.BAT	16
Abbildung 9-4: Schritt 2 von SETUP.BAT und EXIT	16
Abbildung 9-5: Ordnerstruktur nach erfolgter Installation.....	17
Abbildung 9-6: Beispiel C:\DIVE\Prog	17
Abbildung 9-7: Beispiel C:\DIVE\Prot	17
Abbildung 10-1: Inhalt und nach „downloads\DIVEV3“ entpacktes ZIP-Archiv	18
Abbildung 10-2: sigcheck am Beispiel der aktuellen BETA DIVE 3_10.exe Files.....	19
Abbildung 11-1: DIVE V3 BETA Test Seite, Stand 12 / 2021.....	20
Abbildung 12-1: Abbildung eines Tauchganges (Schema).....	22
Abbildung 13-1: Sicherheitswarnung WIN7.....	27
Abbildung 13-2: SmartScreen-Filter Warnung (IE)	28
Abbildung 13-3: Sicherheitswarnung WIN10 / Defender	28
Abbildung 13-4: Sicherheitswarnung WIN10	29

Abbildung 13-5: Info Edge	29
Abbildung 13-6: Edge Warnmeldung im download Bereich	29
Abbildung 13-7: Edge Warnmeldung & Anzeige im download Bereich	30
Abbildung 13-8: Edge; neue Version & neue Warnmeldung	30
Abbildung 13-9: BANNER: Begrüßung / Kommentarzeile	31
Abbildung 13-10: die erste Hälfte der Befehle	32
Abbildung 13-11: die zweite Hälfte der Befehle.....	33
Abbildung 13-12: Abschiedsmeldungen	36
Abbildung 14-1: NDL Tabelle für Luft.....	36
Abbildung 14-2: NDL Tabelle für EAN 32.....	36
Abbildung 15-1: "Nullzeit"-Tauchgang (NDL TG)	37
Abbildung 15-2: Aufstieg zum Sicherheits-Stopp	39
Abbildung 15-3: Graphik der berechneten Kompartimentsättigungen beim Sicherheitsstopp	40
Abbildung 15-4: Ruhepause über Nacht.....	40
Abbildung 15-5: P(DCS) für einen "NDL"-TG (30 m, 17 min.).....	42
Abbildung 15-6: DAN Decompression Risk Analysis (DRA) für diesen "NDL"-TG	42
Abbildung 16-1: Entsättigung und Leitkompartiment auf der 6 m Stufe.....	44
Abbildung 16-2: Entsättigung und Leitkompartiment auf der 3 m Stufe.....	44
Abbildung 17-1: Standarddekoprognose ("a")	45
Abbildung 17-2: accelerated deco ("ad")	46
Abbildung 18-1: graphische Ausgabe mit "P"	48
Abbildung 19-1: "Z", erster Teil	49
Abbildung 19-2: "Z", zweiter Teil	49
Abbildung 20-1: Hahn-Option gesetzt zum Vergleich mit der DECO 2000	50
Abbildung 20-2: Deco 2000 Deko-Prognose ("a").....	51
Abbildung 20-3: Auszug aus der DECO 2000 für 42 m / Luft.....	51
Abbildung 20-4: Auftauchen zum deep stop nach 20 min Grundzeit	51
Abbildung 20-5: Deko-Prognose nach Ablauf des ersten deep stops.....	52
Abbildung 21-1: D versus A	54
Abbildung 25-1: Entsättigung und Flugverbot ("O")	56
Abbildung 28-1: SAA DeeP Stop @ altitude	57
Abbildung 28-2: SAA DeeP Stop: Auszug für 30 m	58
Abbildung 32-1: Pre-Breathing, Verdünnungs-Hypoxie, BIBS, I.	59
Abbildung 32-2: Pre-Breathing, Verdünnungs-Hypoxie, BIBS, II.	59
Abbildung 33-1: Isobare Gegendiffusion (ICD) mit normoxischem Heliox nach 20 min.....	60
Abbildung 33-2: ICD an der Oberfläche nach weiteren 40 min.....	61
Abbildung 34-1: Tmx TG mit accelerated deco, Sauerstoff-Korrektur & "Air Breaks"	63
Abbildung 35-1: R-/L Shunt-Modell von A.A.B.....	64
Abbildung 36-1: 15 Optionen der Koeffizienten-Matrix ("NC").....	66
Abbildung 36-2: die 7 Optionen der Helium-Koeffizienten-Matrix ("HC").....	67
Abbildung 36-3: Beispiel Koeffizientenmatrix für N2.....	68
Abbildung 36-4: Variable Gradient Method (VGM)	69
Abbildung 36-5: Beispiel für editierte Koeffizienten-Matrix für VGM.....	69
Abbildung 37-1: Begrüßungsnachricht ab Version 3_06.....	70
Abbildung 39-1: TG 30 m / 30 min mit GF Hi =0,9 & GF Lo= 0,5	72
Abbildung 39-2: GF Dialog.....	73
Abbildung 39-3: Test-TG (42m, 25 min) mit GF Hi = 1.15 & GF Lo = 0.6	73
Abbildung 40-1: VGM Deko-Prognose.....	74
Abbildung 41-1: AR mit INFO Block: USN SAT Aufstiegsraten.....	75
Abbildung 43-1: Deko-Prognose nach ZH-L ADT ("ta")	76
Abbildung 43-2: Veränderung der Deko-Prognosen mit „TA“ und die 5 Methoden zur Berechnung der P(DCS).....	76
Abbildung 46-1: O2-Verbrauch / workload ("w")	78
Abbildung 46-2: workload & TTS (Quelle: Arne Sieber).....	78
Abbildung 48-1: Dichteanomalie des Wasser: Dichte vs. Temp.	80
Abbildung 48-2: „TE“ und Dichteanomalie des Wassers.....	80
Abbildung 48-3: Konversionsfaktor Bar ==> fsw	81
Abbildung 49-1: Wahrscheinlichkeit für die Dekompressionskrankheit: P(DCS).....	82
Abbildung 49-2: P(DCS) der Methoden IVa und IVb in Abhängigkeit der TTS.....	83
Abbildung 50-1: NMRI Box Profile Air sowie P-NO-STOP Model.....	84
Abbildung 50-2: P(DCS) für einen "echten NDL TG"	85

Abbildung 51-1: PDCS ab Version 3_02 mit EOD und OTF.....	86
Abbildung 52-1: Doppler-Messungen nach NDL-TG	87
Abbildung 53-1: numerische Lösung ("ON")	88
Abbildung 53-2: Vergleich analytische mit numerischer Lösung bei einem Inertgas.....	89
Abbildung 53-3: Veränderung der Schrittweite der numerischen Lösung (ab 3_09)	90
Abbildung 54-1: %P, der "Prozent-Plot" der Inertgassättigungen mit der DAN DRA.....	91
Abbildung 54-2: Inertgassättigung nach UWATEC, Quelle: SmartTRAK Handbuch DEU (S.19)	91
Abbildung 54-3: Inertgassättigungen, Quelle: mein SmartTRAK Logbuch.....	92
Abbildung 54-4: DAN DRA Statistik Auswertung.....	93
Abbildung 55-1: Matrix der RGBM "bubble factors"	93
Abbildung 58-1: Caisson-/TBM Profil: Variation der physiologischen Parameter	96
Abbildung 58-2: „w“ & „ad“	97
Abbildung 58-3: DruckLV mit GF	98
Abbildung 58-4: "TBM"	98
Abbildung 59-1: Beispiel für eine COMEX Prozedur für BOUNCE-Dives	99
Abbildung 59-2: COMEX Prozedur für 42 m / 25 min.....	100
Abbildung 60-1: USN SAT Kompressionsraten.....	101
Abbildung 60-2: SAT am Beispiel des AQUARIUS Habitats (MT 92 und N-15).....	101
Abbildung 60-3: USN SAT old: 1991.....	102
Abbildung 60-4: USN SAT new:2018.....	102
Abbildung 60-5: vereinfachtes Gasmanagement für SAT TG	103
Abbildung 59-1: der K-Werte Planer.....	104
Abbildung 61-1: deco stress Indices	105
Abbildung 62-1: Druck-Umrechnungsfaktoren gemäß USN Rev. 7	105
Abbildung 69-1: RDP HWZ & M0, Quelle [3], S. 21.....	113
Abbildung 69-2: vom Modell zum Algorithmus (1).....	114
Abbildung 69-3: vom Modell zum Algorithmus (2).....	114
Abbildung 69-4: Numerical Computing with Modern FORTRAN	115
Abbildung 71-1: Vergleich von numerischen Lösungen	123
Abbildung 71-2: SNAFU mit HELIOX.....	123
Abbildung 71-3: der HELIOX TG aus [4], S.35.....	126
Abbildung 73-1: Eigenschaften von DIVE, rechter Mausklick	128
Abbildung 73-2: Kompatibilitätsmodus.....	128
Abbildung 75-1: FIBONACCI Koeffizienten-Matrix.....	133

3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datei-Parameter des ZIP-Archives	18
Tabelle 2: weitere Prüfsummen des DIVE ZIP Archivs	19
Tabelle 3: ZNS / Ox-Tox Dosen	47
Tabelle 4: Post Haldane Perfusionsmodelle	65
Tabelle 5: VO2 & TTS.....	79
Tabelle 6: DAN DRA Parameter	92
Tabelle 7: DruckLV: Beginn und:	96
Tabelle 8: DruckLV: ... Ende	96
Tabelle 9: DruckLV „extended“ © ALBI.....	97
Tabelle 10: Korrekturfaktoren für workload	99
Tabelle 11: Tabelle der "default" Werte	106
Tabelle 12: Delta-Analyse DIVE vs. Subsurface / MultiDeco	124

**C:\DIVE\Manuals\DIVE_Manuals\DIVE V3\3_10\DOXV3_0.docx,
Anzahl Seiten: 138, Stand: 14.03.2025 17:36**

4 Was ist neu (Stand: 04 / 2025)?

In dieser blauen Info Box stehen die aktuellen Änderungen zur letzten DIVE Version und zur letzten Version des Manuals:

→ was ist neu in der D3_10 bzw. in der aktuellen BETA Version???

- die SAT Prozeduren umfassen jetzt die USN (alt & neu) sowie die
- MT92/COMEX und NORMAM_15 Prozeduren sowie
- ein kleines Tool zur Schätzung der benötigten bottom- & O₂ Gase
- ein neuer Befehl: „k“ zur Abschätzung der K-Werte für CNS- & P-OT
- die *originalen* K-Werte von Ran Arieli für CNS- & P-OT werden berechnet und bei
- „Z“ und „P“ ausgegeben, sowie:
- während der OFP/SI die „recovery function“ berechnet
- und in das PROTOCOL.TXT 'reingemalt.
- weiterhin werden diese K-Werte & auch der PrT Wert in das:
- Kompartiment File übernommen
- der neue ESOT Wert (als Ersatz für UPTD / OTU) wird bei „Z“ & „P“ dargestellt
- „bsc“ für eine „Bühlmann Shunt Correction“
- „ds“ für die deco stress Indices von Hempleman und DCIEM
- „UMR“ als kleines Tool zur Druckeinheiten-Umrechnung
- die Koeffizienten von TONAWANDA Ila Modell (aus DCAP) sind für N₂ & He verfügbar
- sowie eine „erweiterte“ Qualitätssicherung (externe Datei): Vergleich mit der MT92, der französischen Tabelle für Marine- & Berufstaucher
- sowie die Koeffizientensätze zur Simulation von:
 - DCIEM
 - U.S.N. Vval-79
- und ja: einige screen shots sind halt noch von den älteren Versionen ...

5 ... FensterIn!

DIVE kann nun auch in mehreren Instanzen parallel laufen um z.B. diverse Deko-Szenarien direkt miteinander zu vergleichen:

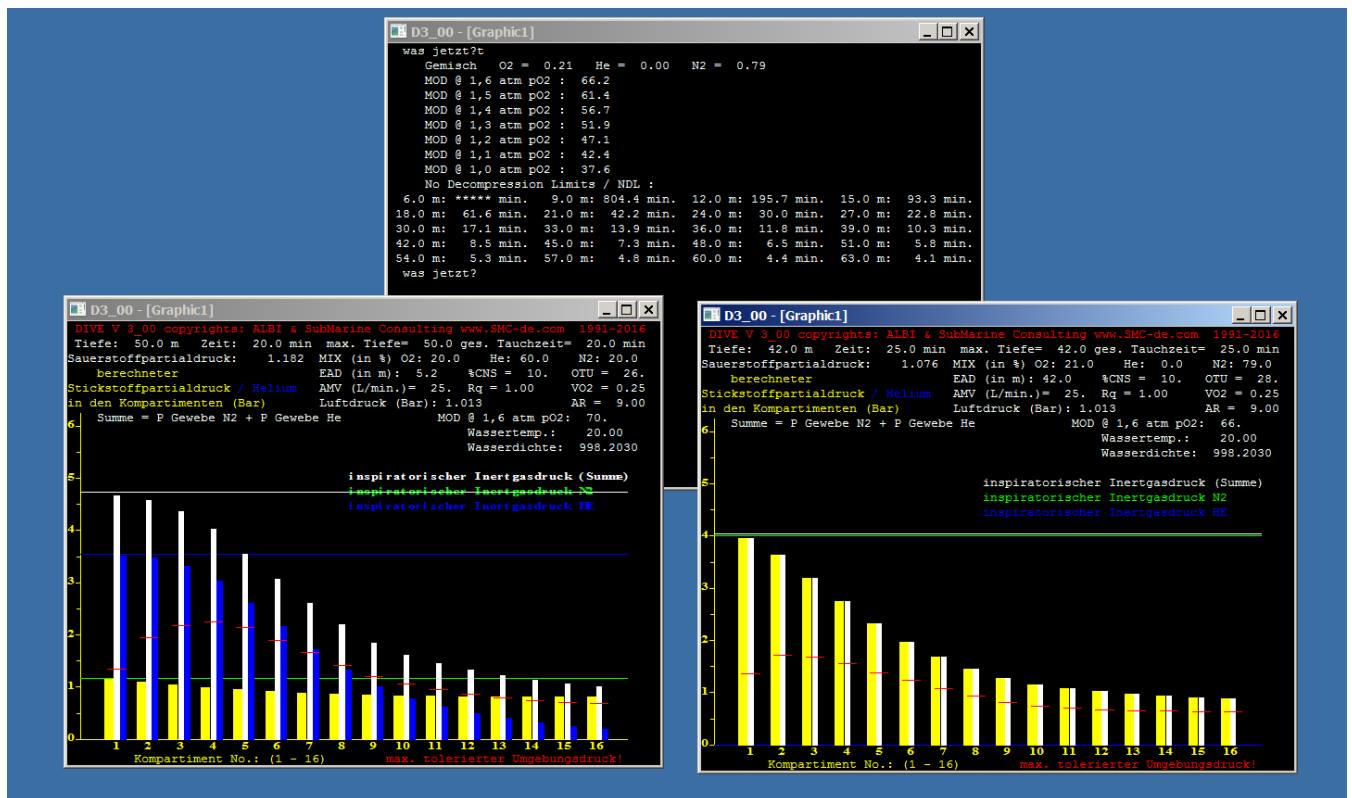


Abbildung 5-1: Fensterln

Die erste Instanz krallt sich aber exklusiv das Protokoll-File (falls ihr den Pfad entsprechend angelegt habt, siehe Abschnitt: „Installation“).

Vergrößern und verkleinern der graphischen Fensterchen geschieht durch Klick auf das Fenster-Symbol:



Abbildung 5-2: Bedienung der graphischen Fenster

Verschieben der Fensterchen: Klick auf oberen blauen Balken und mit der Maus bewegen.

Der Wechsel zwischen graphischem Fenster und Vollbild-Modus geschieht über:

„Alt“ + „Return“

Oder zurück auch mit der „esc“ (escape-Taste).

Die prinzipielle Idee von „DIVE“ ist auf dem unteren Schaubild zu verfolgen: die Eingabe der üblichen Parameter für einen Tauchgang bringen die Service Engine zur Berechnung der Kompartimentsättigungen in Gang. Die Anzeige oder das Abspeichern erfolgt in einem I/O Baustein. Davon unabhängig können die Daten in die Tool Box gegeben werden und nach Wahl manipuliert und somit verschiedene Dekompressions-Verfahren simuliert werden, ohne daß die „echten“, nämlich die bisher berechneten, Kompartimentsättigungen beeinflußt werden:

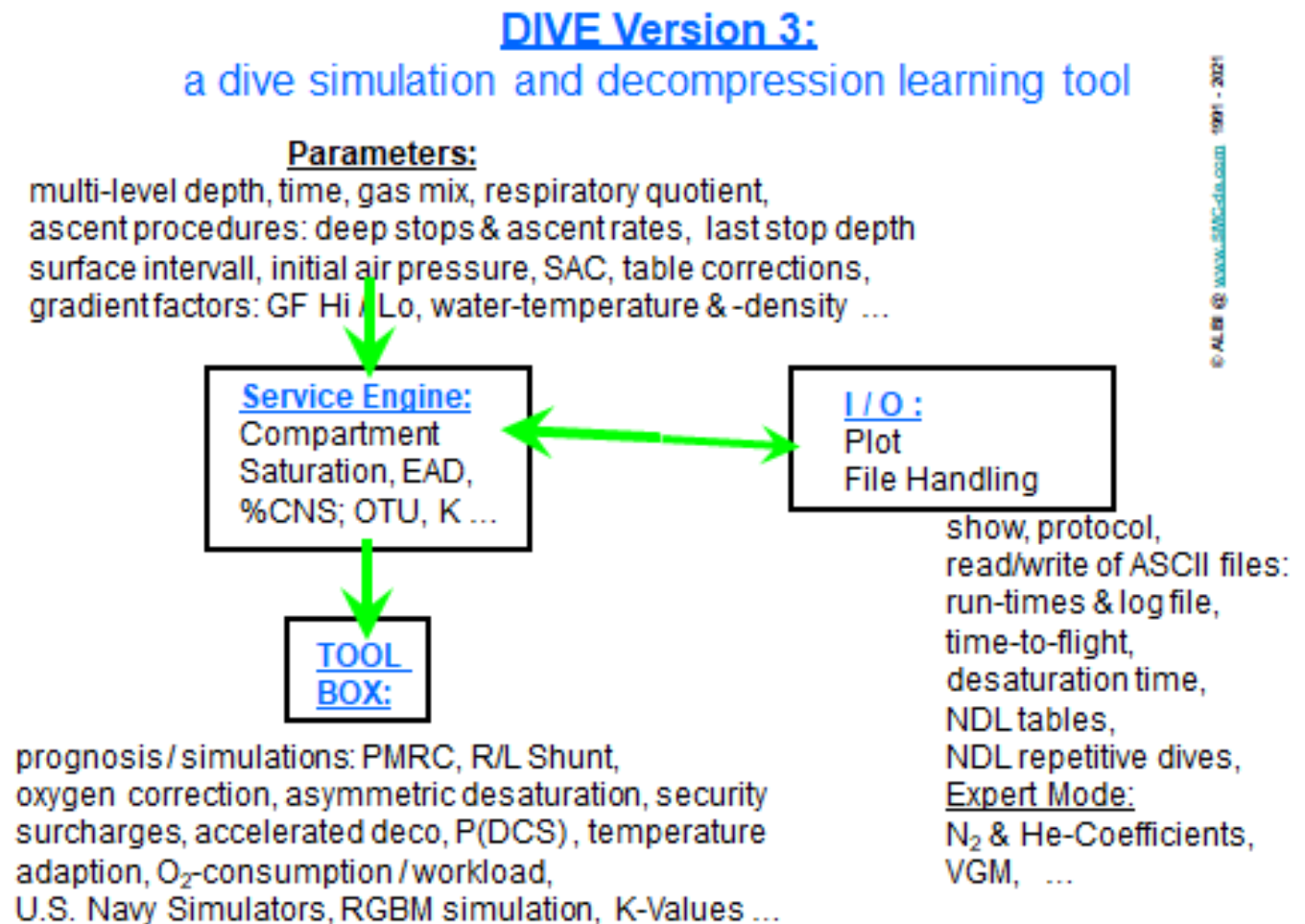


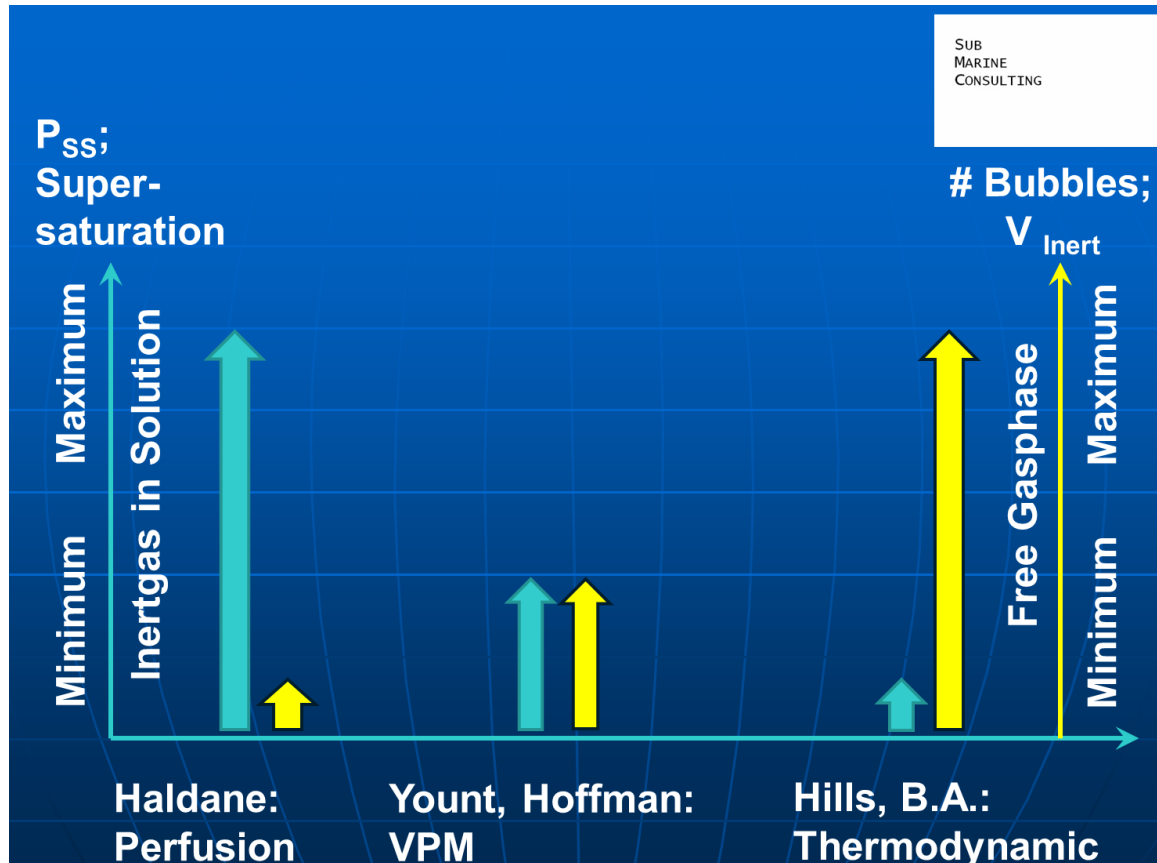
Abbildung 5-3: die Idee von DIVE, Architektur Schema

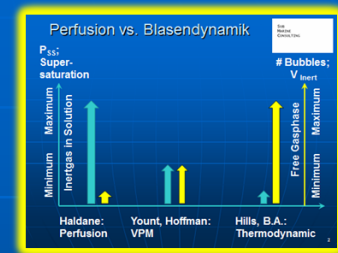
6 Die Architektur von DIVE

Mit der oben grob vereinfachten Architektur ist es relativ simpel, neue Dekompressionsalgorithmen zu implementieren: die Service Engine mit den Formeln zur Sättigung oder Entsättigung ist für ALLE deterministischen Modelle genau dieselbe, egal ob es sich um ein perfusions-dominiertes Modell (Haldane, Workman, Schreiner, Bühlmann, Hahn, ...), irgendein Blasenmodell (VPM, RGBM, ...) oder um ein thermodynamisches, wie das von Hills, B.A., handelt.

Der wirkliche Unterschied ist üblicherweise mal gerade eine einzige Gleichung (oder eine Sub-Routine, wenn man so will ...) um die Ceiling oder eine SAD (safe ascent depth) zu berechnen und wie lange man da denn nun zu bleiben hat, bevor es weiter Richtung Oberfläche geht.

Genau da schlagen dann die grundlegenden physiologischen Unterschiede bzw. die Mathematik zu. Im Falle des thermodynamischen Modells kann sich das schon mal als algorithmischer Alptraum mit jeder Menge Bessel-Funktionen unterschiedlicher Ordnung darstellen. Um dies ein bisschen ins rechte Licht zu rücken, dienen die nächsten beiden Bildchen (Quelle: AMC, Amsterdam, 03/2018: International Symposium on 21.st Century Decompression Theory; [Dual Phase Decompression Theory and Bubble Dynamics](http://www.divetable.eu/PAPERS/Bubble_Dynamics_02.pdf), available at: http://www.divetable.eu/PAPERS/Bubble_Dynamics_02.pdf):





Complexity:

Linear;
M-type eq.

2 Inertgas
iterated t_D

Quadratic;
iterated P_{ss} &
 t_D

Bessel: $J_0 J_1 Y_0 Y_1$
(Gauss-Legendre)²

Haldane:
Perfusion

Yount, Hoffman:
VPM

Hills, B.A.:
Thermodynamic

Abbildung 6-1: Vergleich von Dekompressionsmodellen und - Algorithmen

Weiterhin gibt es ein paar selbständige „Satelliten“-Prozeduren, also Algorithmen (= Sub-Routinen) die sich lediglich der TG-Daten und *nicht* der Sättigungsdaten bedienen. Beispiele sind die COMEX und die USN SAT Prozeduren („cp“ & „sat“). *Beide Algorithmen kommen ohne jegliches Kompartiment resp. HWZ, aus.* (Im Klartext: es sind halt einfache „3-Satz Rechnungen“ ...) sowie der K-Werte Plan („k“) zur CNS- & P-OT.

7 Haftungsausschluß

Diese Software ist für die Teilnehmer an den PADI „DIVE COMPUTER“ bzw.: „DIVE TABLES“, den Spezialkursen für Tauchcomputer & Tauchtabellen, von Dipl. Phys. Albrecht Salm, PADI Master Scuba Diver Trainer Instructor # 33913, oder für Kursteilnehmer an unserem „deco workshop“ gedacht.

Jegliche Gewährleistung und/oder Haftung die aus dem Gebrauch dieser Software, der damit produzierten Daten oder anderer Kursmaterialien resultiert, wird hiermit explizit ausgeschlossen. Mit dem Benutzen und/oder Kopieren dieser Software erklärst du dich automatisch mit den o.g. Ausschlüssen und Verfahrensweisen einverstanden.

Selbstverständlich freuen wir uns über e-Mails mit feedback & Kritik, Bugreports oder auch Verbesserungsvorschlägen!

8 Installation

Nach download und entpacken des ZIP-Archivs kann DIVE (die aktuelle deutsche Release der Version 3_10 heißt deshalb "D3_10.exe") sofort und ohne Installation aufgerufen werden; siehe Kapitel "Schnellstart". Es fehlt dann lediglich das Protokoll-File.

Wollt ihr aber in den Genuß des Protokoll-Files kommen, d.h. der „run times“ und im Experten-Modus die Manipulation der Koeffizientenmatrizen ("NC", "HC") ausschöpfen bzw. die sonstigen Vorzüge der ASCII-Schnittstelle genießen („F“), so sollte die Verzeichnisstruktur unter einem neuen Verzeichnis C:\DIVE folgendermaßen aussehen:

C:\DIVE\ neues Hauptverzeichnis

C:\DIVE\PROG\ Verzeichnis für die ausführbaren Programme, die *.EXE Files

C:\DIVE\PROT\ Verzeichnis für die run times, das Protokoll-File PROTOCOL.TXT sowie die Koeffizienten-Matrizen N2COEFF.TXT für Stickstoff und HECOEFF.TXT für Helium.

Falls dieses Verzeichnis beim allerersten Aufruf von DIVE bereits vorhanden ist, wird automatisch das Protokoll-File erzeugt

Tipp:

wenn ihr berechnete Sättigungen abspeichert, (Befehl „F“), dann legt diese Files am Besten gleich hier ab.

Weiterer Tipp:

legt euch auch in diesem Verzeichnis Kopien der N2COEFF.TXT und HECOEFF.TXT mit sprechenden Namen an, z.B.: COEFF_ORG.TXT oder z.B. COEFF_VGM.TXT.

Noch'n Tipp:

hängt das Programm, oder dauert euch eine Berechnung zu lange:

- Einfach per Maus-Klick auf das „x“ das Fensterchen schliessen;
- oder im Task-Manager („Windows“-Taste + „R“ → „taskmgr.exe“ eintippen, „Return / Datenfreigabe“: und dann den DIVE Prozess oder die DIVE Anwendung beenden

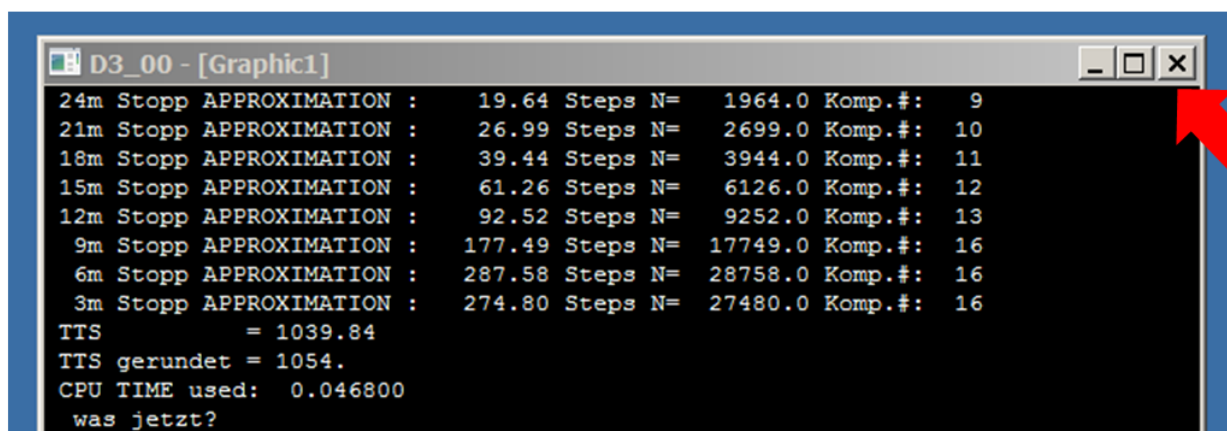


Abbildung 8-1: Schliessen des Fensters & Beenden von DIVE

Auf der BETA Test Seite sind außer den für die Koeffizienten-Matrizen erforderlichen ASCII-Files auch noch der Ikone favicon.ico (ein hebräisches Aleph, der erste Buchstabe in semitischen (und auch proto-semitischen, wie dem griechischen, = alpha ...) Alphabeten, und, natürlich wie das „A“ in ALBI ... ☺) zu finden:

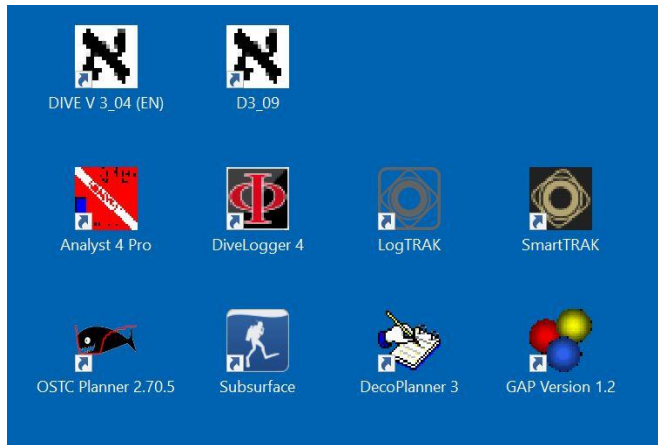


Abbildung 8-2: Aleph, der DIVE-Ikone

9 Automatischer „SET UP“

Für den vereinfachten automatisierten Set Up gibt es ein einfaches Batch-File-chen namens SETUP.BAT:

```
@echo SET UP: DIVE Version 3
@echo Abbruch: jederzeit moeglich mit: strg c (CNTL C)
PAUSE
@ECHO OFF
REM *****
REM *
REM *   Erstellen der Verzeichnisse C:\DIVE
REM *   sowie:   C:\DIVE\Prog   (für das *.exe)
REM *   und:     C:\DIVE\Prot   (für PROTOCOL Files)
REM *   und Kompartiment-Matrizen
REM *
REM *****
@echo on
md c:\DIVE
md c:\DIVE\Prog
md c:\DIVE\Prot
copy D3*.exe c:\DIVE\Prog /v
PAUSE
xcopy *.TXT c:\DIVE\Prot /v
PAUSE
@echo DIVE Version 3 installiert!
EXIT
```

Dieses Batch-File führt die oben bei „Installation“ beschriebenen Schritte automatisiert aus: es kann jederzeit mit „strg c“ (= „CNTL C“) abgebrochen werden.

Ausführen des SETUP.BAT:

- 1) WIN + „R“, dann SETUP.BAT eintippen, oder
- 2) WIN + „R“, dann CMD, im neuen Fenster dann SETUP.BAT eintippen oder:
- 3) bei Doppel-Klick auf dieses Batch-File (gelber Pfeil im unteren Bildchen).

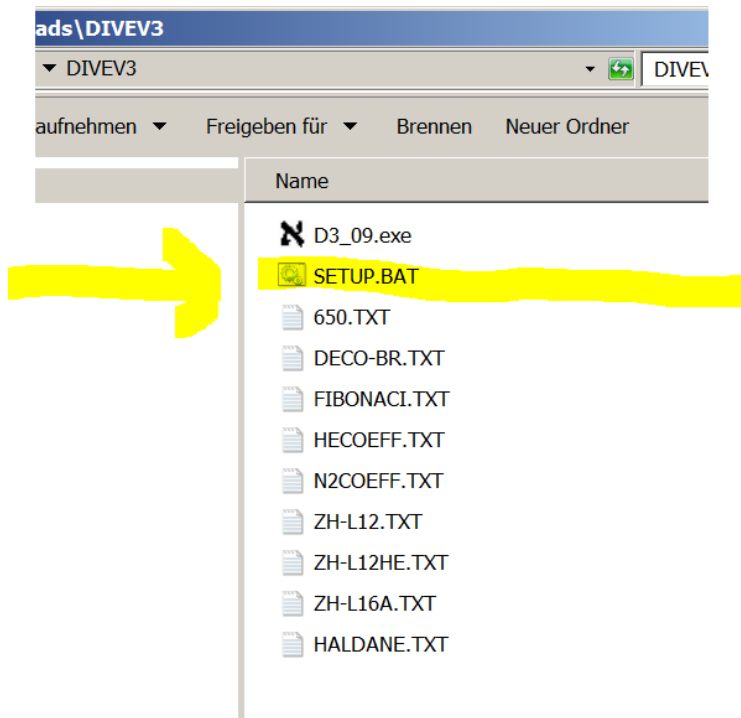


Abbildung 9-1: entpacktes Archiv mit SETUP.BAT

Es werden die folgenden zwei Schritte nacheinander durchlaufen:

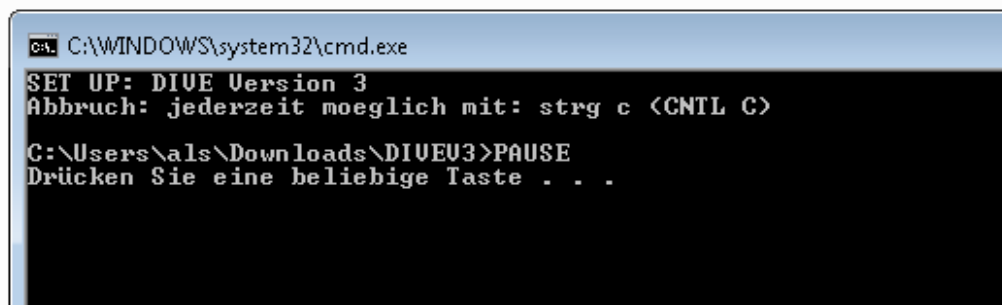


Abbildung 9-2: Doppel-Klick auf: „SETUP.BAT“

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
SET UP: DIVE Version 3
Abbruch: jederzeit moeglich mit: strg c <CNTRL C>

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>PAUSE
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>md c:\DIVE
C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>md c:\DIVE\Prog
C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>md c:\DIVE\Prot

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>copy D3*.exe c:\DIVE\Prog /v
D3_03.exe
    1 Datei(en) kopiert.

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>copy *.ico c:\DIVE\Prog /v
favicon.ico
    1 Datei(en) kopiert.

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>PAUSE
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

Abbildung 9-3: Schritt 1 von SETUP.BAT

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>md c:\DIVE\Prog
C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>md c:\DIVE\Prot

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>copy D3*.exe c:\DIVE\Prog /v
D3_03.exe
    1 Datei(en) kopiert.

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>copy *.ico c:\DIVE\Prog /v
favicon.ico
    1 Datei(en) kopiert.

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>PAUSE
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>xcopy *.TXT c:\DIVE\Prot /v
C:FIBONACI.TXT
C:HALDANE.TXT
C:HECOEFF.TXT
C:N2COEFF.TXT
    4 Datei(en) kopiert

C:\Users\als\Downloads\DIVEU3>PAUSE
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

Abbildung 9-4: Schritt 2 von SETUP.BAT und EXIT

Egal, ob per Hand oder über SETUP.BAT, nach erfolgter Installation sollte es für alle DIVE Versionen so aussehen:

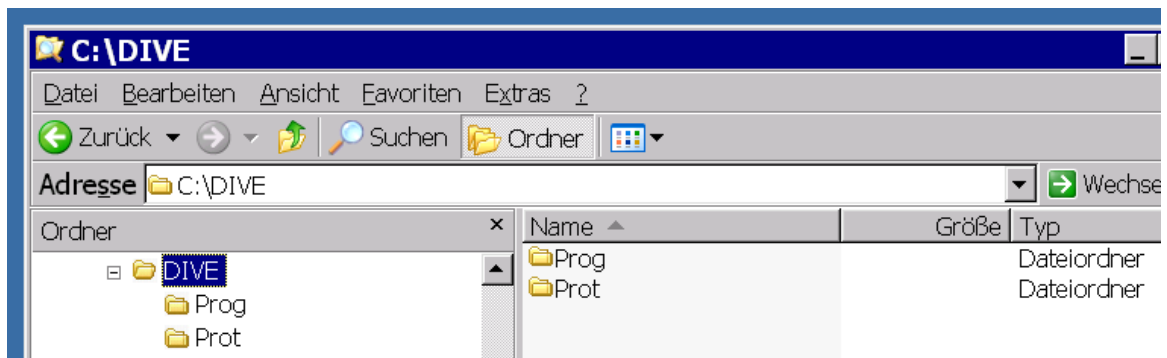


Abbildung 9-5: Ordnerstruktur nach erfolgter Installation

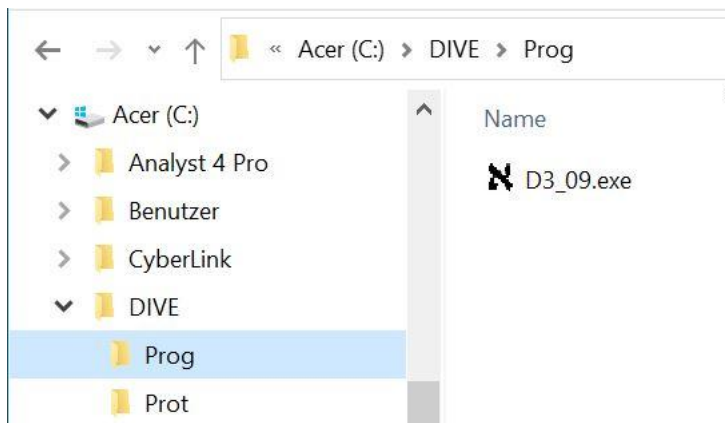


Abbildung 9-6: Beispiel C:\DIVE\Prog

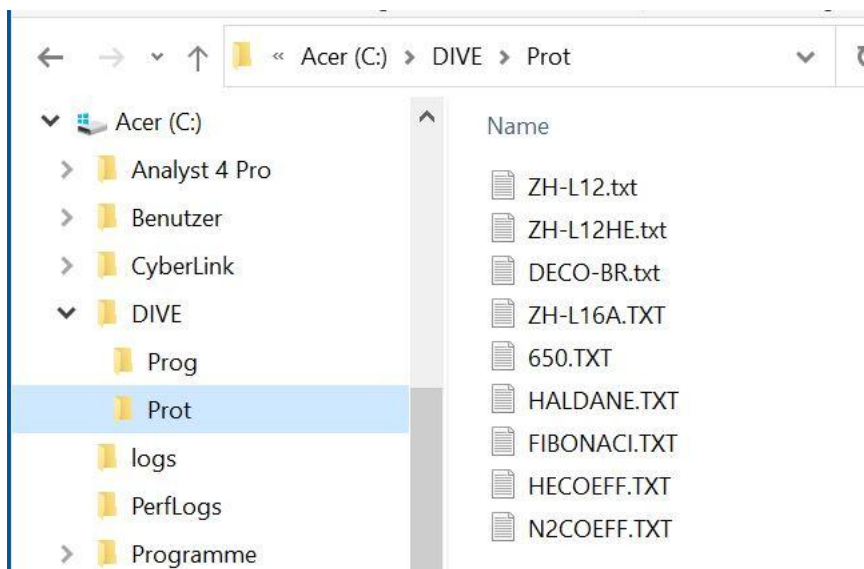


Abbildung 9-7: Beispiel C:\DIVE\Prot

10 Inhalt des DIVE Version3 ZIP-Archivs:

- Die, jeweils aktuelle, 64-Bit Version von DIVE D3_xx.exe
- eine N₂-Koeffizientenmatrix als Muster (ZH-L 16C)
- eine He-Koeffizientenmatrix als Muster (ZH-L 16C)
- die originalen ZH-L16A (*Theorie*) N₂-Koeffizientenmatrix als Muster, sowie
- die ZH-L₁₂ Matrizen, *jeweils* für N₂ und Helium
- ebenfalls nur als Anschauungsmuster gedacht: die Matrix für den Tauchcomputer Deco-Brain II ® P2-2
- das SETUP.BAT File

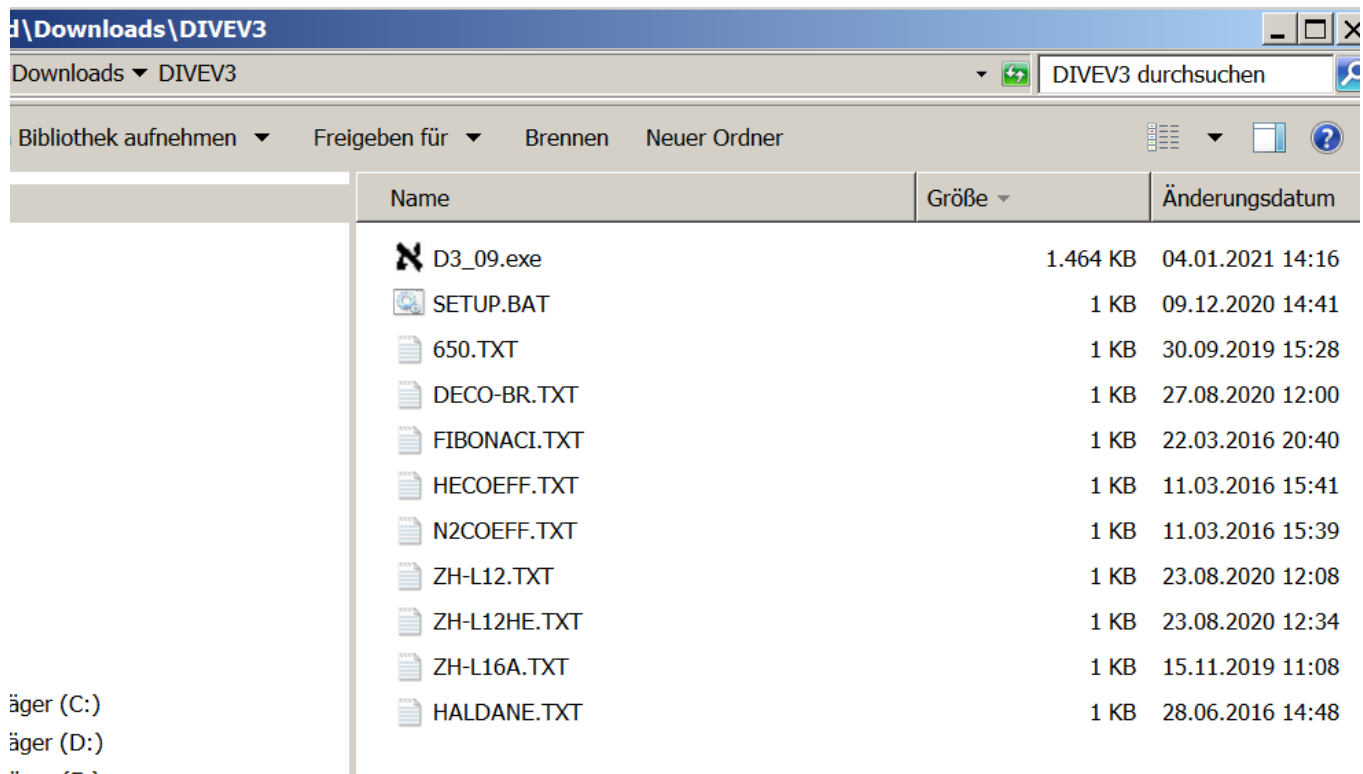


Abbildung 10-1: Inhalt und nach „downloads\DIVEV3\“ entpacktes ZIP-Archiv

Folgende Dateiparameter gelten für das jeweils aktuelle ZIP-Archiv:

	64 Bit; <i>aktuelle Version: 3_10</i>
Archiv-Name:	DIVEV3.zip
Vom (Datum):	Freitag, 17.01.2025, 11:50
Größe (Bytes):	931.228
MD5:	BDFA0DA5C97ED3C1095878402EF97208
	CRC / SHA Prüfsummen: siehe weiter unten

Tabelle 1: Datei-Parameter des ZIP-Archives

Weitere Prüfsummen des ZIP Archivs DIVEV3 vom 17.01.2025:

SHA1:

7CC795335BCC4623610A8D56F3CE3B3ACE439122

SHA256:

7773CEE48AEDE3ECCC175836C026D93FE56C970C07030F359B528D0C0787A836

Tabelle 2: weitere Prüfsummen des DIVE ZIP Archivs

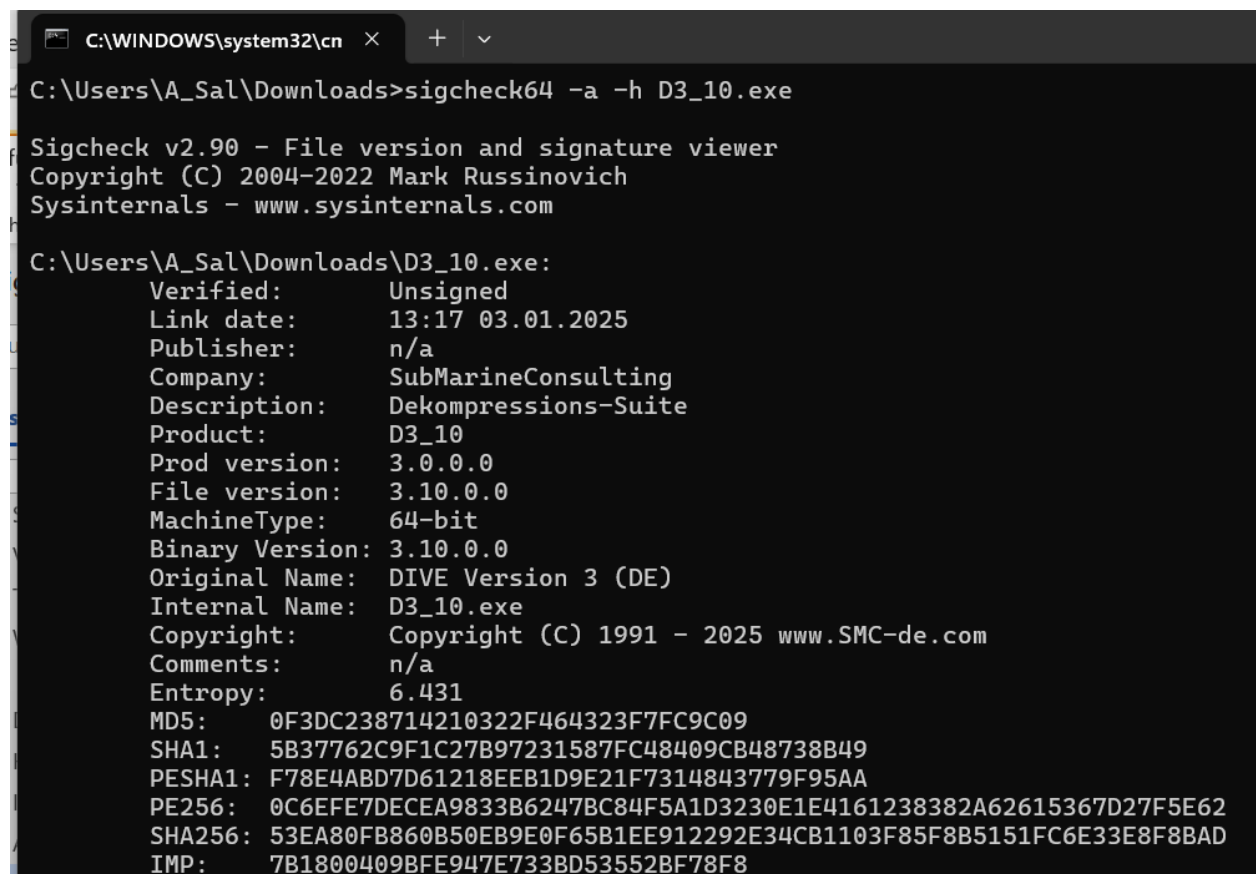
Die MD5 sind ziemlich einfache Prüfsummen (128 Bit MD5 Hash) über den Dateinhalt. Anhand derer könnt ihr die Integrität der heruntergeladenen Dateien erkennen: stimmen die Prüfsummen auf eurem PC nicht mit den hier angegebenen überein, so ist "irgendwas" mit den Dateien passiert. D.h.: diese sind z.B. auf dem Server oder auf dem Transportweg (download im Internet) korrumpiert worden; z.B. mit einem Virus versehen worden, etc. ... Allerdings kann auch ein Schreibfehler auf eurem lokalen Speichermedium einen MD5 Hasherror erzeugen.

Zur Berechnung der MD5- und weiterer Prüfsummen gibt es jede Menge zuverlässiger & kostenloser Werkzeuge, z.B. dieses hier:

- von der offiziellen Microsoft Sysinternals Seite (<https://live.sysinternals.com/>)
- eines davon ist das sigcheck-Programm:
<https://live.sysinternals.com/sigcheck64.exe>

Das sigcheck Exe kann *direkt & ohne Installation* aufgerufen werden:

sigcheck64 **-a -h** <filename> zeigt jede Menge Infos:



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Users\A_Sal\Downloads>sigcheck64 -a -h D3_10.exe

Sigcheck v2.90 - File version and signature viewer
Copyright (C) 2004-2022 Mark Russinovich
Sysinternals - www.sysinternals.com

C:\Users\A_Sal\Downloads\D3_10.exe:
    Verified:      Unsigned
    Link date:     13:17 03.01.2025
    Publisher:     n/a
    Company:       SubMarineConsulting
    Description:   Dekompressions-Suite
    Product:       D3_10
    Prod version:  3.0.0.0
    File version:  3.10.0.0
    MachineType:   64-bit
    Binary Version: 3.10.0.0
    Original Name: DIVE Version 3 (DE)
    Internal Name: D3_10.exe
    Copyright:     Copyright (C) 1991 - 2025 www.SMC-de.com
    Comments:      n/a
    Entropy:       6.431
    MD5:           0F3DC238714210322F464323F7FC9C09
    SHA1:           5B37762C9F1C27B97231587FC48409CB48738B49
    PSHA1:          F78E4ABD7D61218EEB1D9E21F7314843779F95AA
    PE256:          0C6EFE7DECEA9833B6247BC84F5A1D3230E1E4161238382A62615367D27F5E62
    SHA256:         53EA80FB860B50EB9E0F65B1EE912292E34CB1103F85F8B5151FC6E33E8F8BAD
    IMP:            7B1800409BFE947E733BD53552BF78F8
```

Abbildung 10-2: sigcheck am Beispiel der aktuellen BETA DIVE 3_10.exe Files

11 die DIVE V3 BETA Test Seite

Die einzelnen Files sind alle separat herunterladbar von der DIVE V3 BETA Test Seite:

<https://www.divetable.info/beta/index.htm>

Auf der BETA Test Seite wurden von 08/2015 bis 03/2016 immer die aktuellsten Versionen in 32- & 64-Bit zum testen zur Verfügung gestellt; jetzt findet man dort die aktuellen Files und ab- & zu auch ganz aktuelle, angepaßte **64-Bit** Versionen mit neuen "Features" zum Beta-Test bzw. Versionen mit Patches / behobenen Bugs:

Zeile #:	Filename (Link)	Date	Size (Bytes)	Prüfsummen	Version	optimized for:	update (flag)
-	D3_05.exe	03.07.2019	1.396.736	n.a.: in 3_09 konsolidiert	64 Bit distributable, graphics, W.F.	TBM, floating point precision	07 / 2019
-	D3_06.exe	11.09.2019	1.404.416	n.a.: in 3_09 konsolidiert	J.W.	Sat diving TMX heat maps	09 / 2019
-	D3_07.exe	03.12.2019 → 08.04.2020	1.406.976 → 1.408.512	n.a.: in 3_09 konsolidiert	R. Arieli, IDF	Ox Tox CNS-OT K-Index	12 / 2019 --> 04 / 2020
-	D3_08.exe	18.05.2020	1.416.192	n.a.: in 3_09 konsolidiert	COMEX Procedure	USN SAT Procedure	05 / 2020
1	D3_09.exe	02.03.2021	1.515.008	n.a.: in 3_10 & 3_11 konsolidiert	NMRI Model 4 & P-NO-STOP; MT 92	P(DCS) Box Profile Air; french Air Tables	03 / 2021
2	D3_10.exe	01.12.2021	1.533.440	siehe unten;	CNS-OT, P-OT & recovery; PrT & I-Index	K Value planning module; DCIEM deco stress index	UPDATE 12 / 2021
3	D3_11.exe	22.11.2021	1.726.976	siehe unten; alle neuen Features aus D3_10 konsolidiert; "early deployment!"	D3_10 w. english user interface	D3_10 consolidated in D3_11!	UPDATE 11 / 2021
-	650.TXT	10/2019	n.a.	n.a.: N ₂ SAT-Matrix, modifiziert	J.W.	- - -	- - -
-	ZH-L16A.TXT	-	n.a.	n.a.: N ₂ Matrix nach ZH-L 16A (theoretisch)	A.A.B.	- - -	- - -
-	ZH-L12.TXT	-	n.a.	n.a.: N ₂ Matrix nach ZH-L 12 (1983)	A.A.B.	- - -	- - -
-	ZH-L12HE.TXT	-	n.a.	n.a.: Helium-Matrix nach ZH-L 12 (1983)	A.A.B.	- - -	- - -
-	DECO-BR.TXT	-	n.a.	n.a.: N ₂ Matrix Deco-Brain® P2-2 (1985)	Max Hahn	- - -	- - -
2	N2COEFF.TXT	2016	n.a.	n.a.: N ₂ Koeffizientenmatrix als Muster nach ZH-L 16C (Computer)	- - -	- - -	- - -
3	HECOEFF.TXT	2016	n.a.	n.a.: Helium Koeffizientenmatrix als Muster	- - -	- - -	- - -
4	FIBONACI.TXT	2016	n.a.	n.a.: Koeffizientenmatrix (Fibonacci)	- - -	- - -	- - -
5	HALDANE.TXT	2016	n.a.	n.a.: Koeffizientenmatrix (Haldane)	- - -	- - -	- - -
6	MT92.TXT	2021	n.a.	n.a.: Koeffizientenmatrix (MT92)	- - -	- - -	- - -
7	favIcon.ico	n.a.	n.a.	n.a.: der ALEPH Ikone	- - -	- - -	
8	SETUP.BAT	2021	n.a.	n.a.: SETUP BATCH File	2.0	- - -	2021

Abbildung 11-1: DIVE V3 BETA Test Seite, Stand 12 / 2021

Ist die Beta-Test Phase abgeschlossen, wird es "ernst" und die DIVE exe wandert in die "Fire Zone" und damit in das aktuelle Paket als ZIP Archiv.

12 Konventionen

Eingaben in das Progrämmchen oder in einer DOS-Kompatibilitätsbox werden hier im Handbuch zum leichteren Erkennen mit Doppelkommas umrahmt; Bsp.: wir wollen eine Deko-Pause auf 4,5 m von 7 Minuten eingeben:

„e“ „4.5“ „7“

Luftdruck ist in mbar, Tiefe in Metern & Zentimetern (m.cm) (default: Dichte von Süßwasser, bei einer Wassertemperatur von 20 ° C), Zeit in Minuten, Anteile (fractions) dimensionslos, mit %CNS sind die prozentualen Werte der ZNS O₂-Dosis gemeint, die OTU sind als absolute Dosis dargestellt, die K-Werte für CNS-OT & P-OT sind dimensionslos dargestellt.

Mit **Deko** ist nicht nur die Dekompression als Vorgang (Aufstieg, Druckentlastung) per se gemeint sondern auch eine Dekompressions-Pause, ein Dekompressions-Stopp (Deko-Pause, Deko-Stopp); **TG** ist unsere übliche Abkürzung für Tauchgang, **OFP** ist die Oberflächenpause, oft auch **SI** (surface interval) genannt; **Mix** ist irgendein atembares Gasgemisch, sei es Luft, EAN, Trimix oder Heliox.

Stickstoff wird als **N₂**, Helium als **He** mit den üblichen chemischen Symbolen, bezeichnet.

USN ist die United States Navy, **NEDU** ist deren experimentelle Tauchgruppe, **DAN** ist das Divers Alert Network, **NOAA** ist die National Oceanographic & Atmospheric Administration, die Hüter des wissenschaftlichen tauchens und der %ZNS-Werte ...

Die Idee ist, den TG in jeder beliebigen Phase rechnerisch zu kontrollieren, genauso, wie es eben ein Tauchcomputer auch macht. D.h. wir können nicht nur simple Kasten-Profile eintippen, in etwa so wie der Vorgang mittels einer Tauchtabelle wäre, sondern beliebig viele kleinere und kürzere Schritte auf dem Weg in die Tiefe oder zur Oberfläche:

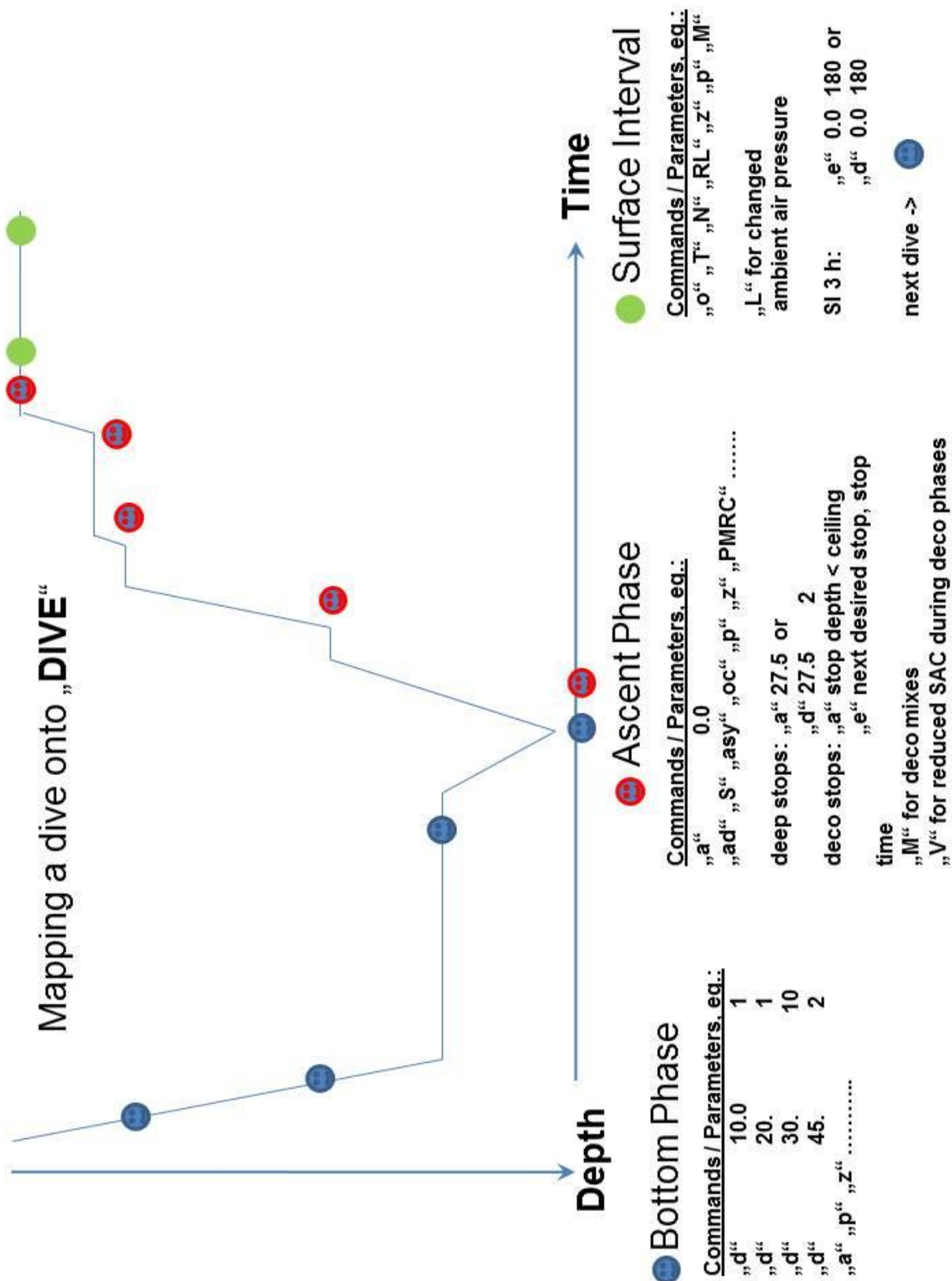


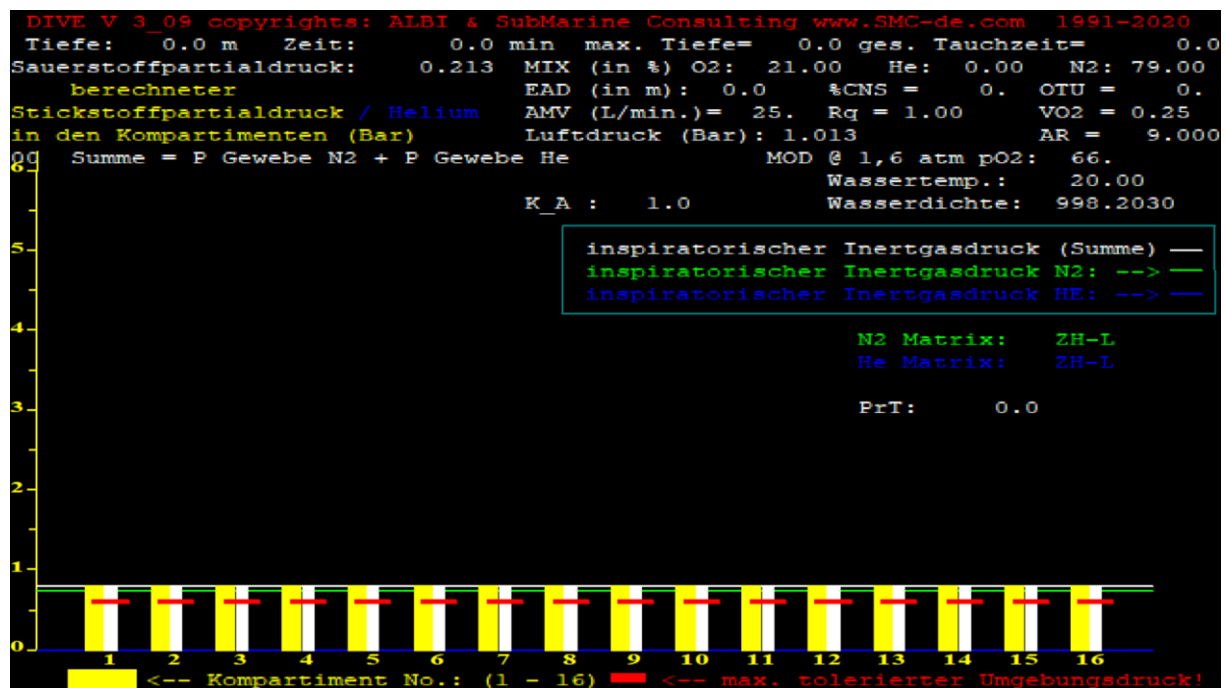
Abbildung 12-1: Abbildung eines Tauchganges (Schema)

11 ... bevor es so richtig losgeht:

... noch ein paar grundsätzliche Überlegungen und Informationen aus „DIVE“!

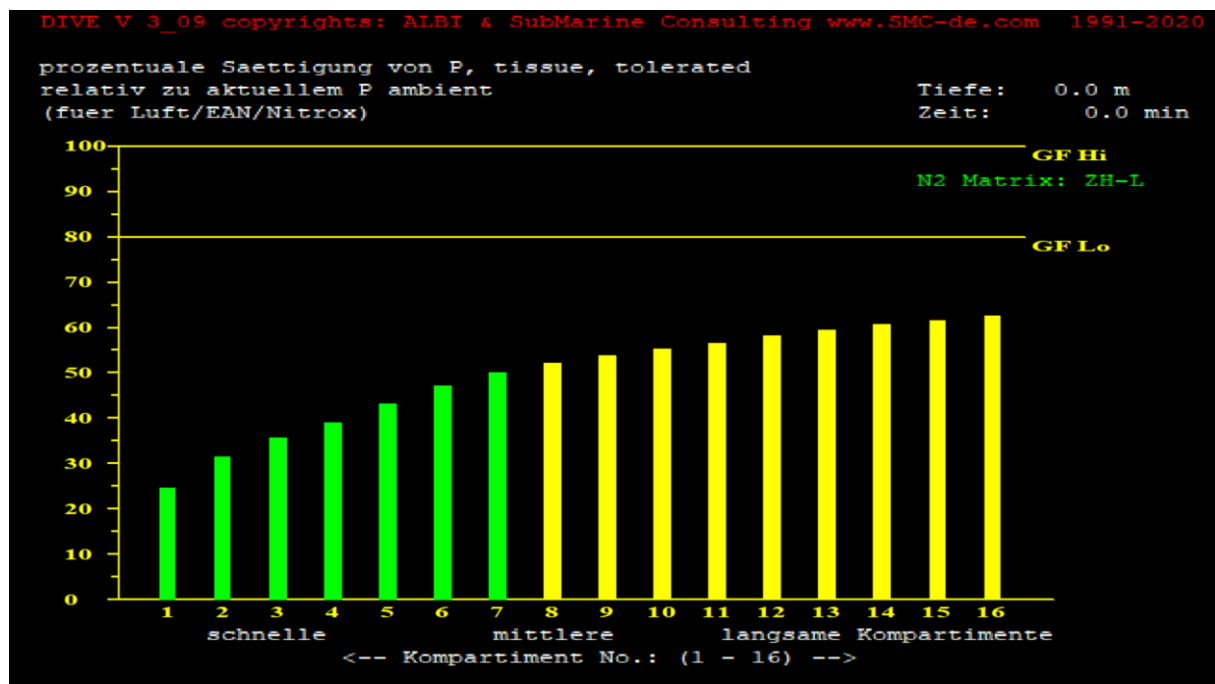
Der Taucher lebt ja in 2 Meeren: in demjenigen, in dem er für kurze Zeiten hinabtaucht und im „Luftmeer“: dem Ozean an atmosphärischer Luft, der uns umgibt.

Einfach direkt nach dem Start von DIVE spaßeshalber mal ein „p“ eingeben:



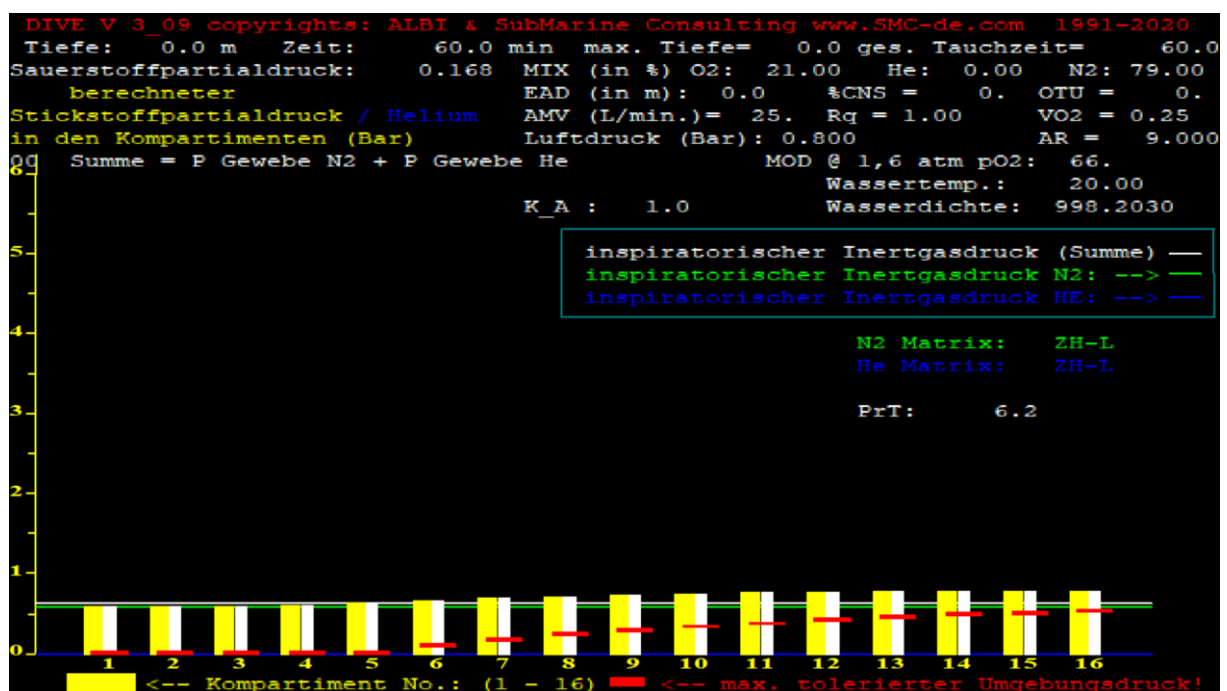
Wir sehen die initiale Sättigung aller Kompartimente beim herrschenden Luftdruck von ca. 1 Bar absolut: alle Kompartimente sind gleichmäßig mit ca. 0,8 Bar Stickstoff beaufschlagt: die grüne und weiße horizontale Linien liegen fast aufeinander an der oberen Kante der gelben/weißen N₂-Klötzchen.

Jetzt: „%p“ eintippen zur Kontrolle der Ampelgraphiken, auf neu-deutsch als „heat map“ bezeichnet; das Farbschema wurde von DAN vorgegeben (mehr Details im entsprechenden Kapitel, weiter hinten im Manual):



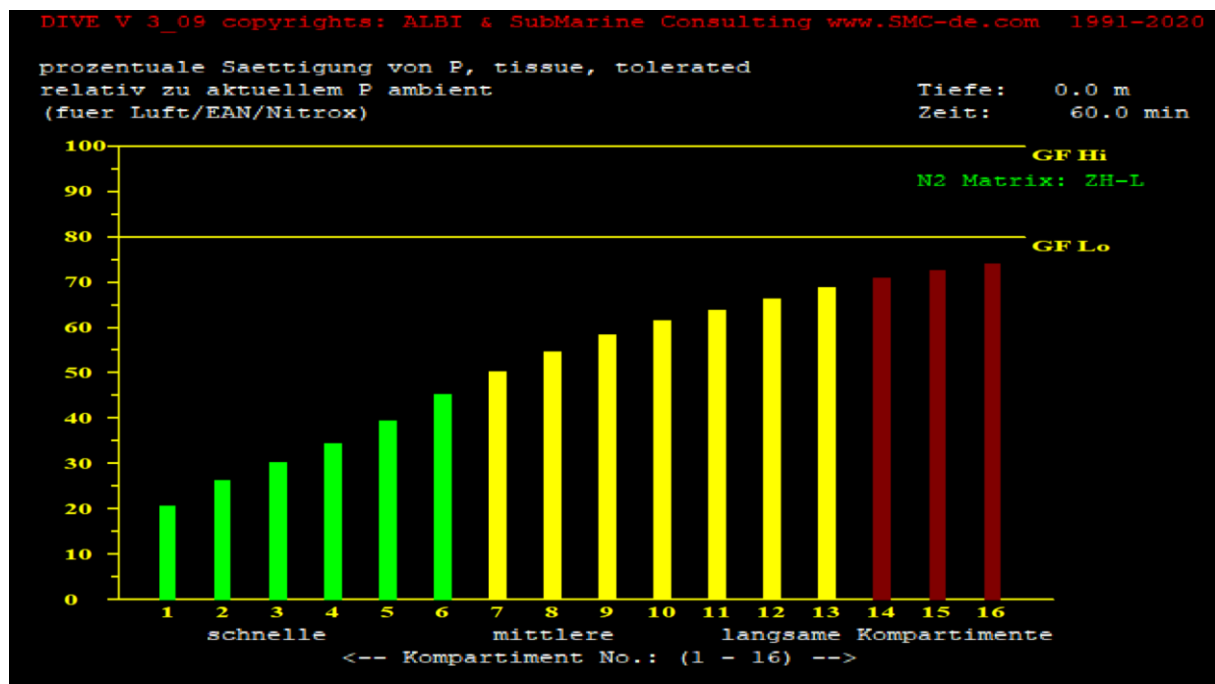
Wir sehen die tolerierten Werte der relativen Kompartiment-Sättigung, damit spazieren wir jetzt innerhalb, als Beispiel in etwa 1 h (eine Stunde) auf einen Bergsee mit reduziertem Umgebungsdruck oder auch in eine Flugzeug-Kabine während des Fluges:

„I“ „0.8“ „e“ „0.0“ „60.“ „p“:



Die grüne / weisse Linie ist entsprechend abgesenkt, die schnellen Kompartimente, so im Bereich #1 bis #4, haben begonnen sich zu entsättigen: der absolute Druck ist ja gesunken.

Damit ändern sich auch die tolerierten Kompartiment-Sättigungen; „%p“:



Das „t“ würde uns jetzt eine erste Bergsee-Tabelle ausgeben:

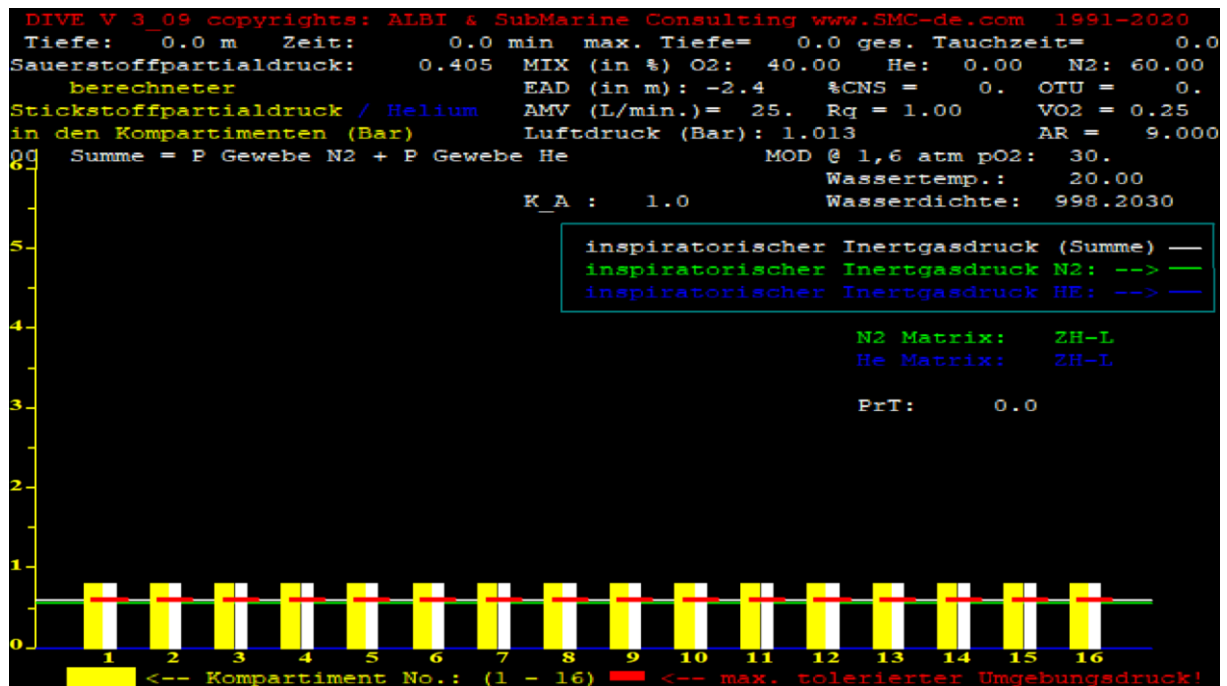
```
was jetzt?t
Gemisch O2 = 0.21 He = 0.00 N2 = 0.79
MOD @ 1,6 atm pO2 : 66.2
MOD @ 1,5 atm pO2 : 61.4
MOD @ 1,4 atm pO2 : 56.7
MOD @ 1,3 atm pO2 : 51.9
MOD @ 1,2 atm pO2 : 47.1
MOD @ 1,1 atm pO2 : 42.4
MOD @ 1,0 atm pO2 : 37.6
No Decompression Limits / NDL :
```

6.0 m: ***** min.	9.0 m: 457.1 min.	12.0 m: 134.3 min.	15.0 m: 73.1 min.
18.0 m: 50.3 min.	21.0 m: 34.6 min.	24.0 m: 24.7 min.	27.0 m: 17.9 min.
30.0 m: 14.3 min.	33.0 m: 11.9 min.	36.0 m: 9.7 min.	39.0 m: 8.0 min.
42.0 m: 6.9 min.	45.0 m: 6.1 min.	48.0 m: 5.4 min.	51.0 m: 4.9 min.
54.0 m: 4.5 min.	57.0 m: 4.2 min.	60.0 m: 3.9 min.	63.0 m: 3.6 min.

```
was jetzt?
```

Die „NDL“ sind bereits reduziert: im flachen Bereich, z.B. bei 15 m von ca. 90 min auf ca. 70 ...

Starten wir mit einem Nitrox-Gemisch, z.B. EAN40, werden die grünen / weissen Linien ebenfalls entsprechend abgesenkt: („c/lr“) „m“ „0.4“ „p“:



Da nun der (inspiratorische) pN_2 gesunken ist auf ca. 0,6 Bar, sind an der Oberfläche die Kompartimente, relativ hierzu, übersättigt. Würdest du dieses Gemisch eine Zeitlang vor dem tauchen atmen, werden sich die schnellen Kompartimente ebenfalls diesem pN_2 annähern.

Mit dem „t“ erhalten wir die EAN40 Tabelle mit gewaltig verlängerten „NDL“:

```

was jetzt?t
Gemisch O2 = 0.40 He = 0.00 N2 = 0.60
MOD @ 1,6 atm pO2 : 30.0
MOD @ 1,5 atm pO2 : 27.5
MOD @ 1,4 atm pO2 : 25.0
MOD @ 1,3 atm pO2 : 22.5
MOD @ 1,2 atm pO2 : 20.0
MOD @ 1,1 atm pO2 : 17.5
MOD @ 1,0 atm pO2 : 15.0
No Decompression Limits / NDL :
6.0 m: ***** min. 9.0 m: ***** min. 12.0 m: ***** min. 15.0 m: 782.9 min.
18.0 m: 246.0 min. 21.0 m: 127.5 min. 24.0 m: 80.6 min. 27.0 m: 60.2 min.
30.0 m: 45.2 min. 33.0 m: 35.1 min. 36.0 m: 27.1 min. 39.0 m: 22.0 min.
42.0 m: 17.7 min. 45.0 m: 15.0 min. 48.0 m: 13.1 min. 51.0 m: 11.6 min.
54.0 m: 10.5 min. 57.0 m: 9.0 min. 60.0 m: 8.0 min. 63.0 m: 7.2 min.
was jetzt?

```

13 Die Befehle der Versionen 3_xx im Einzelnen

Nach Eingabe von z.B. D3_10

bzw. je nachdem, wie die gerade aktuelle DIVE-Version heißt, die du benutzt; die Haupt-Version (Major Release) Nr. 3, also D3 bleibt erhalten, lediglich die Minor Releases .xx werden hochgezählt, z.B.: D3_00 → D3_01 → D3_02 → D3_03 → usf. ...

„D3_xx“

Oder:

„D3_xx.exe“

in der DOS Box

(Start -> Ausführen -> "COMMAND" bzw. „CMD“) oder:

(short-cut für die „Ausführen“-Pop-Up Box: Windows Taste + „R“ drücken);

bzw.: Doppel-Klick im Windows Explorer auf das „D3_xx“ Symbol;

kann es, je nach Sicherheitseinstellungen bzw. Berechtigungsprofil auf dem PC, zu einer Sicherheitswarnung kommen, hier die Beispiele für WIN 7 und WIN10:

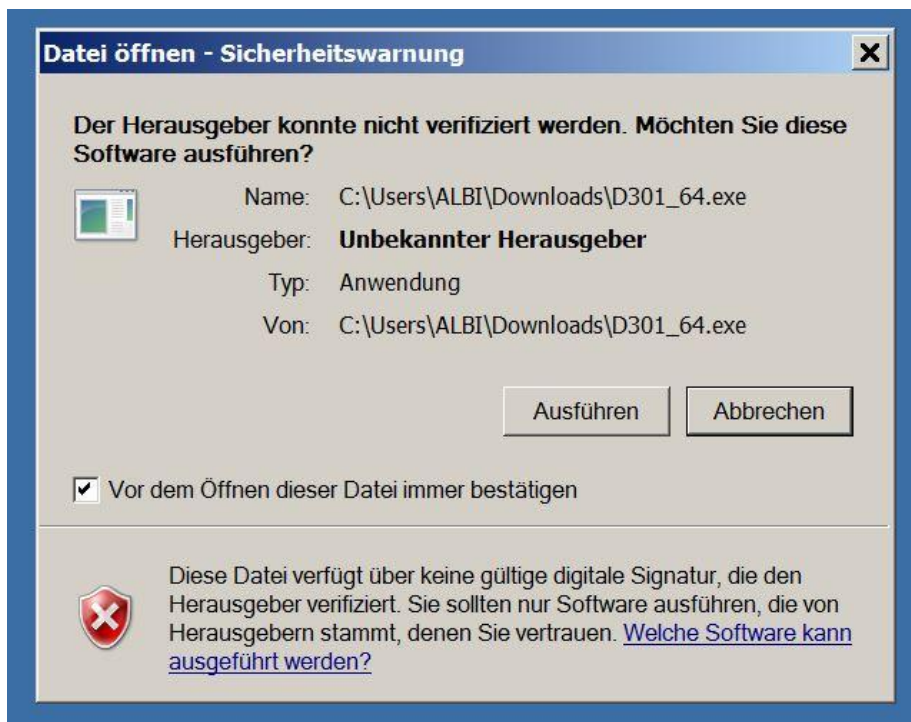


Abbildung 13-1: Sicherheitswarnung WIN7

Dies bestätigen mit Klick auf „Ausführen“. Analoge Verfahrensweise gilt für die Warnungen, die der „SmartScreen-Filter“ des Internet Explorers ausgibt:



Abbildung 13-2: SmartScreen-Filter Warnung (IE)



Abbildung 13-3: Sicherheitswarnung WIN10 / Defender

Bei dieser Meldung auf: „Weitere Informationen“ (links oben) klicken, dann:



Abbildung 13-4: Sicherheitswarnung WIN10

... kommen die Informationen über das *.EXE File, hier auf: „Trotzdem ausführen“ klicken.

Ganz ähnlich gehalten sind die Warnmeldungen direkt vom MS Browser Edge:



Abbildung 13-5: Info Edge

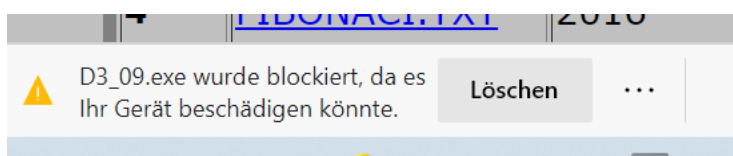


Abbildung 13-6: Edge Warnmeldung im download Bereich

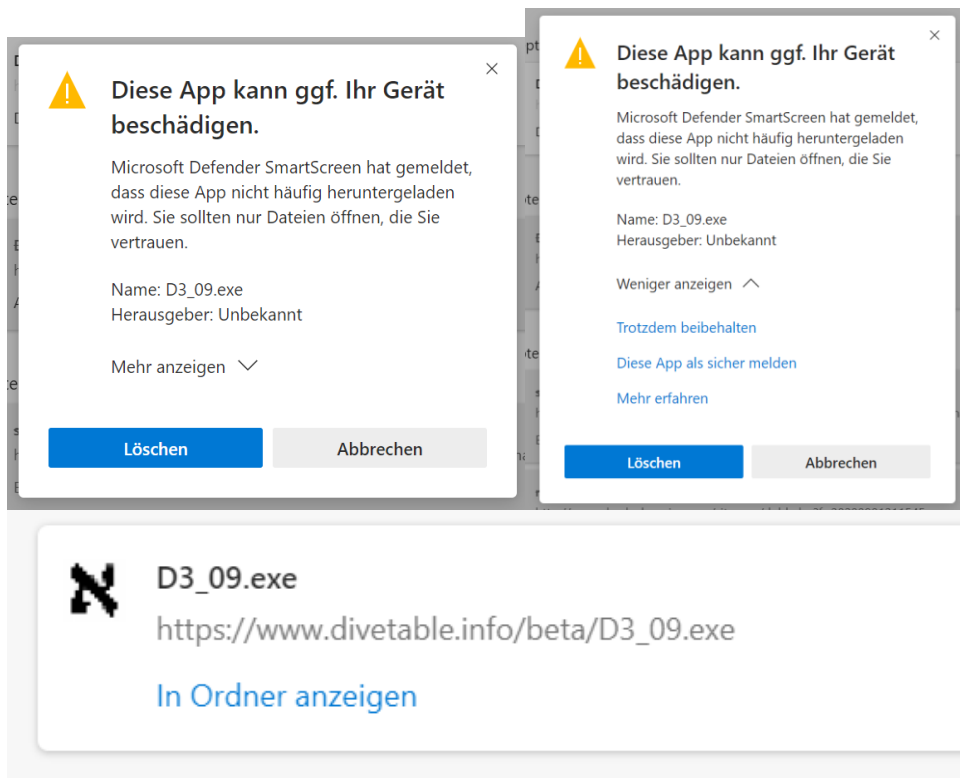


Abbildung 13-7: Edge Warnmeldung & Anzeige im download Bereich

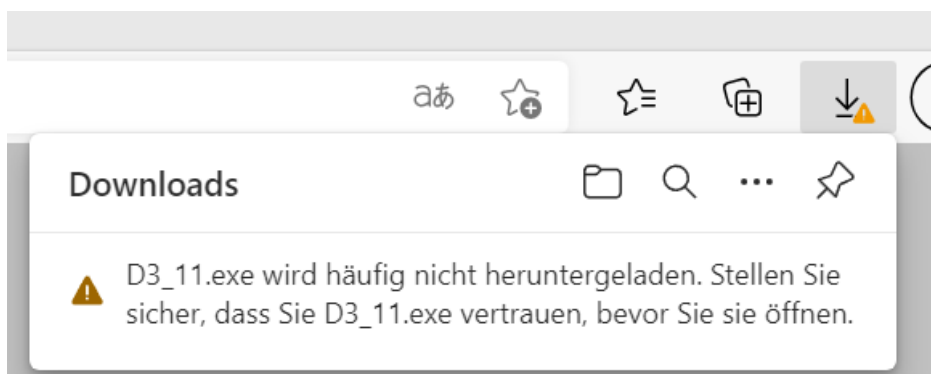


Abbildung 13-8: Edge; neue Version & neue Warnmeldung

Jetzt hier nicht „löschen“, sondern durch Klick auf die 3 Punkte rechts die weiteren Meldungen bestätigen, danach kommt die Information über die Datei im download Bereich. Nach dem Doppel-Klick auf die *.exe geht's auch hier genau gleich weiter:

```
D3_10 - [Graphic1]
Kommentar / Comment:

*****
DIVE V 3_10 ist nicht abwaertskompatibel !
*****

DIVE Version 3_10      08/2023 FTN 77
Intel(R) Fortran 64 Compiler Classic
Version: 2021.10.0 Build 20230609_000000
copyright: 1991-2023 @ Dipl. Phys. "ALBI" A. Salm,
PADI Master Scuba Diver Trainer #33913
SSI Advanced & Technical Extended Range
Trimix Instructor #12653
& SubMarineConsulting: www.SMC-de.com
Jegliche Haftung, die aus dem Gebrauch oder den Ergebnissen
des Programms resultiert, ist hiermit ausgeschlossen ! ! ! !
was jetzt?
```

Abbildung 13-9: BANNER: Begrüßung / Kommentarzeile

Danach erscheint zunächst als Prompt die Aufforderung zur Eingabe eines Kommentars (Kommentar / Comment :); hier kann man einen Kommentar zur geplanten Aufgabe / Simulation / Mission eingeben, oder auch nichts („RETURN“, „Daten Freigabe“ drücken). Dieser Kommentar erscheint in den run times, dem Protokoll-File PROTOCOL.TXT als Klartext zwischen den einzelnen Simulationen. Danach erscheint der übliche Begrüßungstext mit den Informationen zur vorliegenden Version mit Versions-Datum und zum verwendeten Intel-Compiler sowie die freundliche Erinnerung, daß ab DIVE Version 3_06 die Dateiformate der ASCII-Ausgaben, d.h. die PROTOCOL-Files und die Kompartiments-Dateien nichtmehr abwärtskompatibel sind. Ebenso sind auch alle P(DCS) Berechnungen nichtmehr mit den älteren Versionen vergleichbar da wir jetzt die Standardabweichungen in den Parametersätzen zum Zwecke der besseren Auswertung der verschiedenen Methoden anders gewichtet haben. Die Dekompressionsberechnungen haben sich **nicht** geändert! Naja, vielleicht mal irgendwo in der zwei-einhalbten oder 3. Nachkomma-Stelle: aber das spielt *überhaupt keine Rolle!*

Mit:

was jetzt?

kann das Programm jetzt Daten aufnehmen. Sämtliche Basis-Befehle beginnen mit einem einzelnen Buchstaben. Diesen Buchstaben, egal ob GROSS- oder kleinschrift, einfach eintippen, Return (=Daten Freigabe), das Programm erfragt dann die weiteren Daten für den jeweiligen Befehl. Wenn Ihr euch vertippt, meldet sich das Programm lediglich mit:

QUARK!

Die Idee bei der TG-Simulation beruht auf der Einteilung des TGs in definierte Stufen, sprich Kombinationen von Tiefen mit den dazugehörigen Zeiten. Es können beliebig viele Stufen nacheinander eingegeben werden, ebenso gibt es keine Limitation bezüglich Anzahl Gaswechsel.

Mit Eingabe von:

"?"
oder auch von
„help“

erscheint die erste Hälfte der Erklärungen zu den Befehlszeilen-Kommandos:

```
was jetzt?HELP
  DIVE Version 3_10:      09/2021
?   = Info zum Programm
HELP = Info zum Programm
Q   = Programm Ende (QUIT)
EX  = Programm Ende (EXIT)
D   = DIVE: Eingabe von Tauchtiefe und Tauchzeit
A   = Aufstieg: Eingabe der Austauschstufe (Dekompressionsstopptiefe)
E   = Entsaettigung: Berechnung der Dekompressionszeit (Stoppzeit)
O   = OFF: Entsaettigungszeit & Zeit bis Flug
Z   = Zeige: die aktuellen Parameter- u. Kompartiment-Werte
F   = Filename fuer Kompartiment-Protokoll
N   = Nullzeiten fuer Wdh-TG (Wiederholungs-Tauchgang)
T   = NDL - TABELLE: komplette NoDecoLimits
P   = Plotten der Kompartimentsaettigungen
M   = MIX: Veraenderung des Atemgemisches
V   = Verbrauch: Aenderung des AMV, 25 L/min.
R   = Respiratorischer Quotient, 0.5 < Rq < 1.5
W   = Sauerstoffverbrauch, 0.25 < VO2 < 3 L/min.
L   = Umgebungsluftdruck fuer Bergseetauchen
S   = SIMULATION der Austauschzenarien
PMRC = Dekoprognose nach DAN DSL/PMRC
NC   = N2 Koeffizienten
HC   = HE Koeffizienten
ASY  = asymmetrische Entsaettigung (nach NEDU)
OC   = Oxygen Correctionfactor (nach NMRC)
... weiter mit ENTER
```

Abbildung 13-10: die erste Hälfte der Befehle

Nach der Betätigung der „Enter“-Taste („return“, Datenfreigabe) geht es weiter:

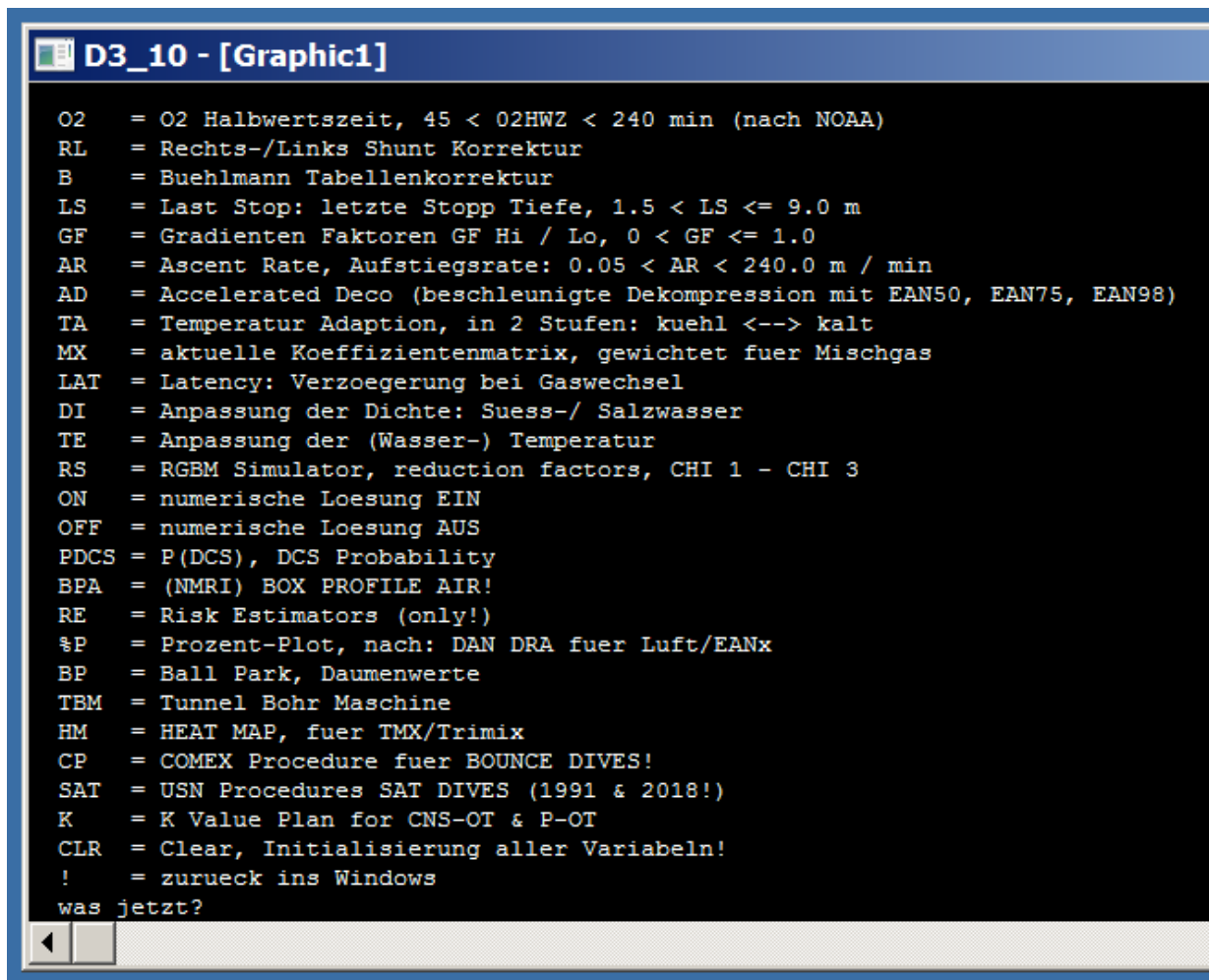


Abbildung 13-11: die zweite Hälfte der Befehle

Kurze Erklärungen zu den einzelnen Befehlen:

- ? oder HELP der o.g. Hilfstext wird ausgegeben
- Q oder EX Programm Ende (wie QUIT oder EXIT)
- D Start der Tauchgangssimulation (DIVE), Eingabe von Tauchtiefe (Obacht, in: m.cm, also mit Dezimalpunkt) und Tauchzeit (in Minuten.)
- A Aufstieg: Eingabe der Austauschstufe, die notwendigerweise unterhalb der Ceiling ist, ansonsten kommt lediglich eine Warnmeldung
- E Entsättigung: Berechnung der Dekozeit, Eingabe einer Wunsch-Dekostufe
- O OFP (wie Oberflächenpause): Ausgabe der kompletten Entsättigungszeit & Zeit bis Flug
- Z Zeige: die aktuellen Werte für alle 16 Kompartimente, max. Tiefe (Schleppzeigerfunktion), aktuelle Tiefe, Zeit in dieser Tiefe sowie Gesamttauchzeit und sämtliche weiteren Parameter wie Rq, AMV, GF Hi / Lo, Tiefen des ersten & letzten Stopps, Startluftdruck, Tabellenkorrekturfaktor, etc aufgeteilt auf 2 Bildschirmseiten
- F Filename für das Protokollfile der oben erwähnten Kompartimentsdaten, also die berechneten Kompartimentssättigungen usw.; nicht das TG – Protokollfile. Das File kann geschrieben werden (W = Write) oder auch eingelesen werden (R = READ)
- N Nullzeiten (wie NDL) für einzelne Wiederholungstauchgänge in bestimmte Tiefen (nur während der OFP!)

T	TABELLE: Tabelle mit den kompletten No-Decompression-Limits (NDL, „Nullzeiten“) für ein bestimmtes Gasgemisch, in den Tiefen von 6 - 63 m, im üblichen 3m-Abstand, angezeigt wird das Gemisch und ein Satz von MODs
P	Plotten des Inertgasprofils: graphische Darstellung der Kompartiment-Sättigung, zusätzlich werden der Sauerstoffpartialdruck und die EAD (EQUIVALENT AIR DEPTH) angegeben. Jeder Kompartiment-Balken entspricht der aktuellen Sättigung (Stickstoff- oder Helium-Partialdruck im Kompartiment, absolut in [Bar], die grüne durchgezogene Linie entspricht dem „inspiratorischen Inertgasdruck“; bei Luft also dem Stickstoffpartialdruck in dieser Tiefe, die kurzen roten Linien geben den jeweiligen maximalen tolerierten Umgebungsdruck an. Ist dieser z.B. in einem Kompartiment auf 1,6 bar gestiegen, so heißt das einfach: wegen diesem Kompartiment ist eine Dekostufe von 6 m einzuhalten. Und zwar solange, bis in sämtlichen anderen Kompartimenten der max. tolerierte Umgebungsdruck auf 1,3 bar (also die 3 m Deko-Stufe) oder 1,0 (Oberflächendruck) gefallen ist! Weiterhin werden die Sauerstoff-Parameter (% O ₂ , %CNS, OTU) angegeben, das aktuell eingestellte Oberflächenatemminutenvolumen (AMV) sowie der respiratorische Quotient R _q ; verlassen dieses Screens mit: Return / Datenfreigabe
M	MIX: Veränderung des Atemgemisches, Eingabe des Sauerstoffanteils und des Helium-Anteils; der N ₂ -Anteil wird dann daraus berechnet
V	Verbrauch: das Oberflächenatemminutenvolumen (AMV, default = 25 L / min.) kann geändert werden
R	respiratorischer Quotient R _q : $0,5 < R_q < 1,5$
W	Workload / Arbeitsbelastung und damit: Sauerstoffverbrauch VO ₂ : $0,25 < VO_2 < 3 \text{ L/min.}$
L	Luftdruck: Veränderung des Umgebungsluftdrucks, z.B. für Bergseetauchen
S	Simulation diverser Austausch-/Deko Szenarien: Konservatismusfaktoren sowie prozentuale Sicherheitszuschläge
PMRC	Deko-Prognose nach dem DAN / DSL PMRC Konzept
NC	Experten-Modus: die N ₂ -Koeffizienten-Matrix (TAU, A, B) kann geändert werden, sowie pro Kompartiment die Gradientenfaktoren GF HI und GF LO
HC	dito, wie oben, jedoch für Helium
ASY	asymmetrische Entsättigung, sowohl in der Tiefe als auch in der OFP auf der Grundlage der U.S. Navy EDU Korrekturen
OC	Oxygen Correction: die Sauerstoff Korrektur Faktoren, sowohl in der Tiefe als auch als Tabelle während der OFP, Basis sind die NMRI Reduktionsfaktoren
O2	die O ₂ Halbwertszeit für die Berechnung der NOAA %ZNS Ox-Tox Dosis kann, abweichend von den üblichen 90 min, angepaßt werden: $45 \leq O_2 \text{ HWZ} \leq 240 \text{ min}$
RL	pulmonaler Rechts-/Links Shunt, Korrektur-Faktor nur während der OFP
B	Bühlmann Tabellenkorrektur
BSC	Bühlmann Shunt Correction: für pulmonalen R-/L Shunt
LS	Last Stop: Tiefe des letzten Deko-Stopps, von 1,5 bis 9,0 m
GF	Gradienten Faktoren: die beiden GF HI und GF LO können eingegeben werden: $0 < GF \leq 1,0$, mit GF HI > GF LO!
AR	die Aufstiegsrate (ascent rate) kann zwischen 0,1 (Sättigung) und 200 m/min (für Apnoe) angepaßt werden
AD	accelerated deco: automatisierte Prognose mittels beschleunigter Dekompression; es werden die Gase EAN50, EAN75 und EAN98 gemäß der MOD bei ca. 1,6 atm pO ₂ eingesetzt
TA	Temperatur Adaption in etwa nach ZH-L 8 ADT: die Reduktion der Perfusion durch die Kälte kann in 2 Stufen (kühl oder kalt) beeinflusst werden
MX	Matrix: für die Mischgasberechnungen wird die gerade aktuelle Matrix der gewichteten a-, b-, sowie HWZ Koeffizienten ausgegeben
LAT	Latency: physiologische Verzögerung (Latenz) durch begrenzte Perfusion/Ventilation in der Lunge bei Gaswechseln in der Deko

DI	Anpassung der Wasserdichte für Süß- oder Salzwasser
TE	Anpassung der Wassertemperatur (und damit Berechnung der Dichte-Anomalie)
RS	R GBM S imulator: Matrix der „bubble factors“ wird berechnet
ON	numerische Lösung: EIN
OFF	numerische Lösung: AUS
PDCS	Abschätzung der Wahrscheinlichkeit eines DCS-Hits, P(DCS) = Probability of Decompressionsickness
BPA	(NMRI) B ox P rofile A ir, die P(DCS) Berechnungen gemäß dem NMRI Model 4 für einfache Kasten-TG mit Luft sowie das sogen. „P-NO-STOP Model“
RE	die sogen. „ R isk E stimators“ (Risiko Schätzwerte) für „EOD“ (end of dive) sowie „OTF“ (on-the-fly)
%P	Prozent-Plot, analog DAN DRA, aber nur für Luft/EAN (Nitrox)
BP	B all P ark = Schätzwerte für Taucher
TBM	T unnel B ohr M aschine, Profil gemäß DruckLV
HM	H eat M ap, analog wie %P, aber für Trimixe ausgelegt
CP	C OMEX P rocedure: Deko-Prozedur nur für Bounce-Dives, allerdings abgeleitet von SAT-TG!
SAT	echte SAT TG gemäß MT92, N-15 und USN old 1991 sowie USN new 2018
K	die K -Werte Berechnung für CNS- & P-OT, nach Ran Arieli
DS	d eco s tress I ndices nach Hempleman und DCIEM
UMR	U M R echnung der allfälligen Druckeinheiten, z.B.: bar → atm oder fsw → atm
CLR	C Lea R : alle Variablen und Kompartimentsättigungen werden zurückgesetzt
!	zurück ins DOS (bzw. das Gast-System), ein sekundärer Kommando-Prozessor wird aufgerufen. Mit EXIT wird dann das DOS wieder verlassen und man stürzt zurück in das DIVE Programmchen

Nicht alle Befehle können zu jederzeit aufgerufen werden, z.B.: "T", "N" oder "RL" während des Tauchens macht keinen Sinn, das geht nur während der OFP; umgedreht machen z.B. "S" oder "PMRC" während der OFP keinen Sinn. Genausowenig wenn die Tauchzeit zu kurz ist, z.B. für einen SAT TG. Das Programm reagiert in diesen Fällen einfach nicht.

Beim Beenden des DIVE Programmes wird noch einmal kurz und freundlich an die Fehler erinnert, die prinzipiell jeder Berechnung aus Meßwerten innewohnen bzw. an die Folgen des Fehlerfortpflanzungsgesetzes; auch bei der Anzeige deiner Digital- oder Funkuhr oder an deinem Fahrzeug-Tacho! (Begründung, warum, wieso: folgt im „deco workshop“!). In der Pop-Up Box die Frage des Betriebssystems einfach mit „Ja“ bestätigen:

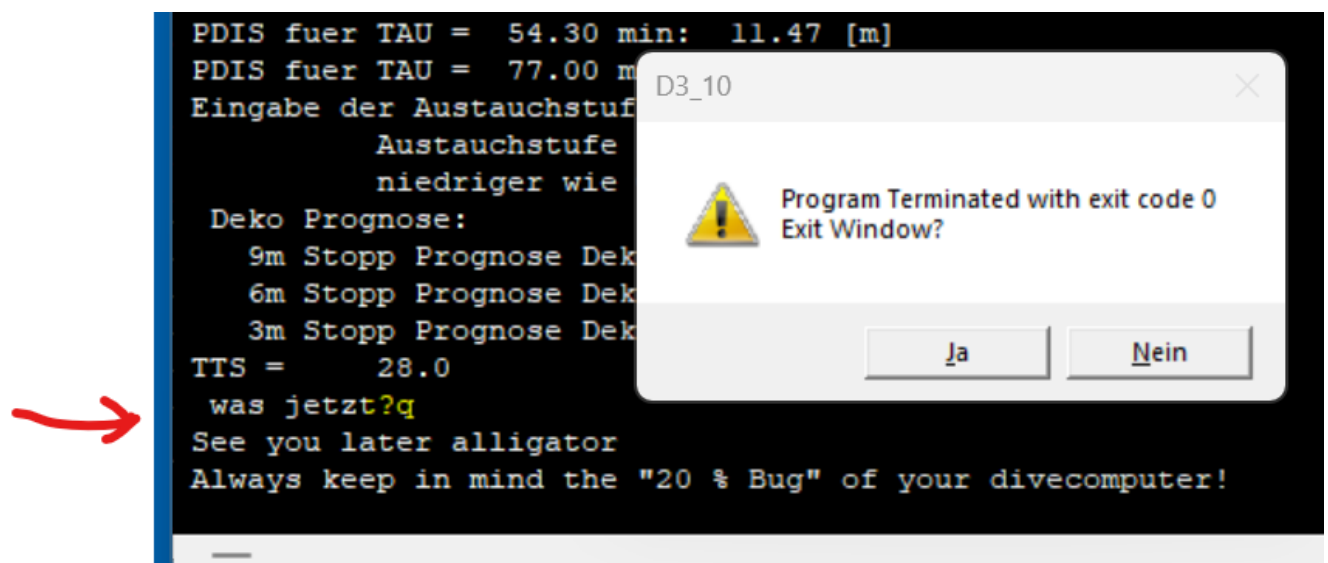
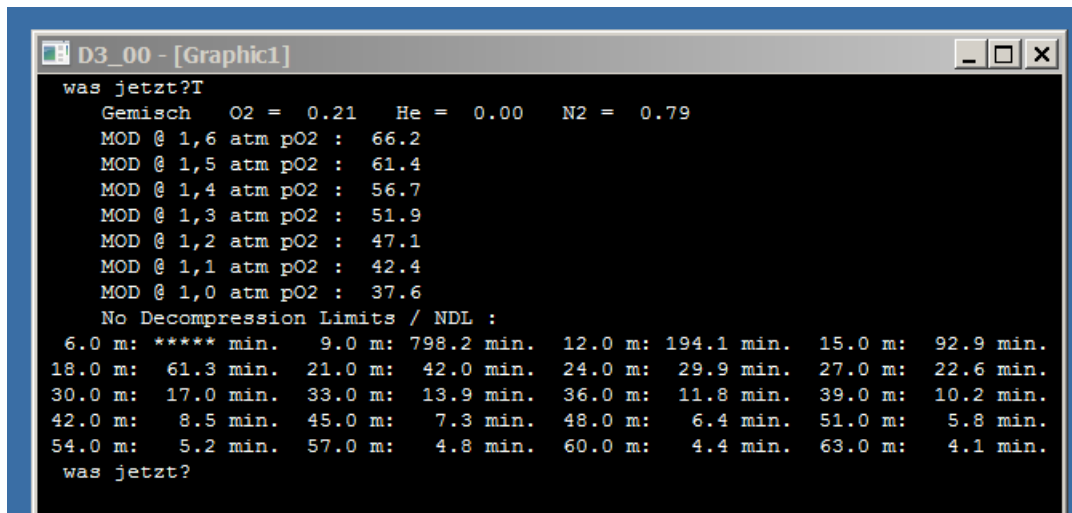


Abbildung 13-12: Abschiedsmeldungen

14 NDL Tabellen (Luft und NITROX / EANx)

Das einfachste ist die Generierung von NDL („No Decompression Limits“, sog. „Nullzeit“)-Tabellen für die verschiedenen Gasgemische (Luft oder Nitrox / EAN): die Eingabe von: "T" generiert eine „normale“ NDL Tabelle für Luft:

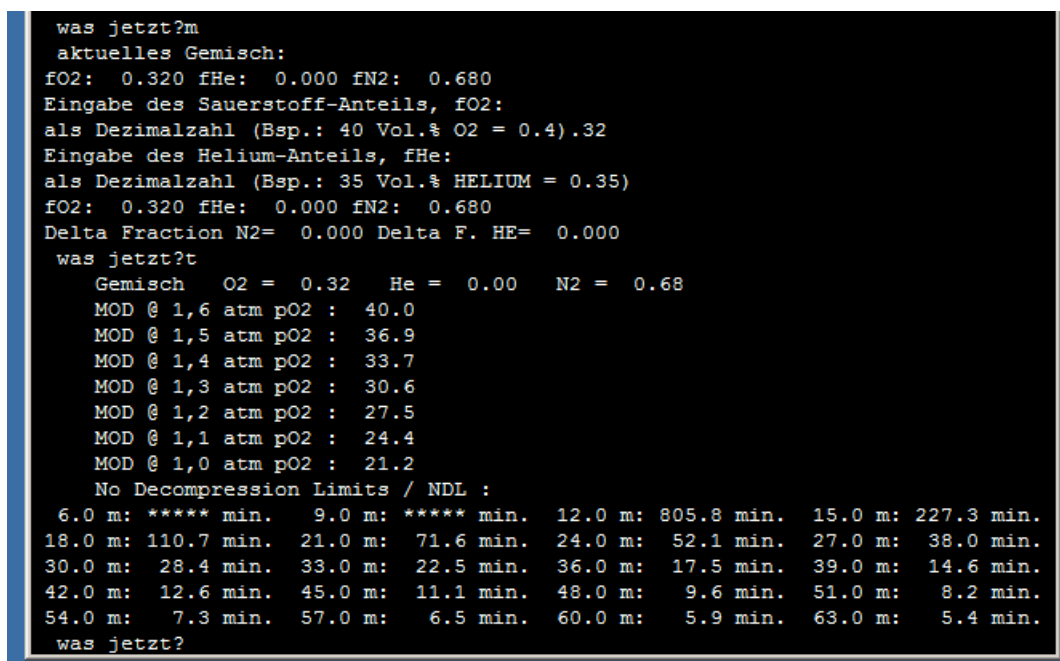


```
was jetzt?T
Gemisch O2 = 0.21 He = 0.00 N2 = 0.79
MOD @ 1,6 atm pO2 : 66.2
MOD @ 1,5 atm pO2 : 61.4
MOD @ 1,4 atm pO2 : 56.7
MOD @ 1,3 atm pO2 : 51.9
MOD @ 1,2 atm pO2 : 47.1
MOD @ 1,1 atm pO2 : 42.4
MOD @ 1,0 atm pO2 : 37.6
No Decompression Limits / NDL :
6.0 m: ***** min. 9.0 m: 798.2 min. 12.0 m: 194.1 min. 15.0 m: 92.9 min.
18.0 m: 61.3 min. 21.0 m: 42.0 min. 24.0 m: 29.9 min. 27.0 m: 22.6 min.
30.0 m: 17.0 min. 33.0 m: 13.9 min. 36.0 m: 11.8 min. 39.0 m: 10.2 min.
42.0 m: 8.5 min. 45.0 m: 7.3 min. 48.0 m: 6.4 min. 51.0 m: 5.8 min.
54.0 m: 5.2 min. 57.0 m: 4.8 min. 60.0 m: 4.4 min. 63.0 m: 4.1 min.
was jetzt?
```

Abbildung 14-1: NDL Tabelle für Luft

Zunächst erscheinen nochmals die Anteile im jeweiligen, gerade aktuellen Gemisch, dann kommt eine kleine Liste mit MODs („Maximum Operation Depth“) für einen $pO_{2, MAX}$ von 1,6 bis 1,0 atm.

Jetzt generieren wir eine Nitrox / EAN 32 Tabelle, also mit 32 % Sauerstoff, d.h. die NN32 (alte Bezeichnung NOAA I):



```
was jetzt?m
aktuelles Gemisch:
fO2: 0.320 fHe: 0.000 fN2: 0.680
Eingabe des Sauerstoff-Anteils, fO2:
als Dezimalzahl (Bsp.: 40 Vol.% O2 = 0.4).32
Eingabe des Helium-Anteils, fHe:
als Dezimalzahl (Bsp.: 35 Vol.% HELIUM = 0.35)
fO2: 0.320 fHe: 0.000 fN2: 0.680
Delta Fraction N2= 0.000 Delta F. HE= 0.000
was jetzt?t
Gemisch O2 = 0.32 He = 0.00 N2 = 0.68
MOD @ 1,6 atm pO2 : 40.0
MOD @ 1,5 atm pO2 : 36.9
MOD @ 1,4 atm pO2 : 33.7
MOD @ 1,3 atm pO2 : 30.6
MOD @ 1,2 atm pO2 : 27.5
MOD @ 1,1 atm pO2 : 24.4
MOD @ 1,0 atm pO2 : 21.2
No Decompression Limits / NDL :
6.0 m: ***** min. 9.0 m: ***** min. 12.0 m: 805.8 min. 15.0 m: 227.3 min.
18.0 m: 110.7 min. 21.0 m: 71.6 min. 24.0 m: 52.1 min. 27.0 m: 38.0 min.
30.0 m: 28.4 min. 33.0 m: 22.5 min. 36.0 m: 17.5 min. 39.0 m: 14.6 min.
42.0 m: 12.6 min. 45.0 m: 11.1 min. 48.0 m: 9.6 min. 51.0 m: 8.2 min.
54.0 m: 7.3 min. 57.0 m: 6.5 min. 60.0 m: 5.9 min. 63.0 m: 5.4 min.
was jetzt?
```

Abbildung 14-2: NDL Tabelle für EAN 32

von 6 - 63 m Tiefe werden die NDL ausgerechnet, ohne Kontrolle der MOD bei EAN! Eine echte Tauchtabelle rundet die Nachkommastelle zwecks Sicherheit ab oder nimmt sogar irgendeine nächstkleinere, ganze Zahl! Weiterhin gibt es ja die Unterschiede zwischen "echten" Tabellen, also diesen Plastik-Dingern zum Mitnehmen und einer computer-generierten Tabelle. Das haben wir im Specialty diskutiert und dies ist der Grund z.B. für die Existenz von den drei ZH-L A, B, C- Varianten der Koeffizientensätze (a.a.O., Seite 158)!

Mit: „m“ (oder „M“) werden die EAN / NITROX-Mischungen eingegeben: man sieht sofort die Verlängerung der „Nullzeiten“. Auch hier wieder: eine Kontrolle der Sauerstoff-Uhr (O₂ Toxizität) bleibt euch überlassen. Man kann natürlich m = 1.0, also mit 100 % Sauerstoff tauchen, was im Ergebnis eine ca. mehrstündige „Nullzeit“ auf 70 m zur Folge hätte ... Ihr wißt natürlich, daß das physiologisch nicht möglich ist, drum gebt ihr sowas gar nicht erst ein ...

Mit zunehmendem Sauerstoff Gehalt verlängern sich natürlich die Nullzeiten; Sterne (***) bedeuten, das einfach eine Zahl zu gross oder zu klein ist zum Darstellen.

15 Eine Tauchgangssimulation: „Nullzeit“-Tauchgang

Wir wollen einen längeren „Nullzeit“-Tauchgang mit Pressluft simulieren; Tauchtiefe 15 m für 1 h; da die Ceiling = 0 ist, können wir nach der Ausgabe der berechneten Kompartimentsättigungen ("d", "15.0", "60") über "a" direkt zur Oberfläche:

```

was jetzt?d
Eingabe der TAUCHTIEFE in Metern & cm:(m.cm): 15.0
Eingabe der TAUCHZEIT in Minuten (min):60
P amb: 2.484 P insp N2: 1.913 P insp He: 0.000
max. Tiefe= 15.0 ges. Tzeit= 60.00 akt. Tiefe: 15.0 m akt. Zeit: 60.00
- - - - -
Nr.: 1 1.91 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.91 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.33
Nr.: 2 1.91 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.91 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.59
Nr.: 3 1.87 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.87 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.73
Nr.: 4 1.80 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.80 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.81
Nr.: 5 1.67 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.67 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.86
Nr.: 6 1.54 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.54 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.87
Nr.: 7 1.40 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.40 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.83
Nr.: 8 1.26 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.26 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.77
Nr.: 9 1.15 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.15 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.71
Nr.: 10 1.08 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.08 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.67
Nr.: 11 1.02 P N2 0.00 P HE Sum.= 1.02 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.65
Nr.: 12 0.98 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.98 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.63
Nr.: 13 0.94 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.94 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.62
Nr.: 14 0.91 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.91 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.62
Nr.: 15 0.89 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.89 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.62
Nr.: 16 0.87 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.87 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.62
was jetzt?

```

Abbildung 15-1: "Nullzeit"-Tauchgang (NDL TG)

Diese Tabelle gibt pro Kompartiment den berechneten Stickstoff- und den Heliumpartialdruck (in bar), sowie den Summenwert an. Die Summe ist bei Luft/EAN unverändert, erst bei einem Helium-Anteil passiert hier was. Die Ceiling (engl.: Decke) ist die nächst-tiefste erlaubte Austauschstufe, in m, d.h. der maximale, tolerierten Umgebungsdruck. Dieser Druck ist natürlich von Kompartiment zu Kompartiment verschieden. Erst ab einem Druck größer als 1,0 bar wird auch die Ceiling größer Null! Gleiches gilt genauso für Helium. Diese Daten können wir separat speichern, um z.B. später mit den Daten aus dem Tauchcomputer Logbuch zu vergleichen. Zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Simulation kann man über Eingabe von „Z“ [wie „Zeige“] diese Daten anschauen und über „F“ [wie „File“] in das Kompartiments-Protokollfile abspeichern.

Bemerkung:

ab- & zu ist in dieser Dokumentation das Wort „Nullzeit“ mit diesen Anführungszeichen „“ verziert. Das rührt daher, weil, wirkliche, echte & verlässliche Nullzeiten gibt es ja nicht, da die allgemeinüblichen NDL lediglich aus Statistik bestehen. Nichtmal streng wissenschaftlich gibt es NDL: dies verrät der Blick auf die wilden Sammlungen von NDL der verschiedenen Ausbildungssysteme und Tabellen! Ein kleiner Überblick über ein paar gebräuchliche Tabellen mit ein paar anschaulichen Beispielen ist da zu finden:

<https://www.divetable.info/dekotg.htm>

Insbesondere nach einer OFP und für einen Wdh-TG wandern die im jeweiligen Modell erlaubten Zahlenwerte stark auseinander. Ein Beispiel ist genau da zu finden:

<https://www.divetable.info/dekotg.htm#Kap%208>

„NDL“ bedeutet somit: man akzeptiert stillschweigend eine von Null verschiedene Eintrittswahrscheinlichkeit einer DCS als übliches Risiko für Sporttauchgänger, die keine Stopps machen wollen.

Selbstverständlich kann euch DIVE auch **quantitativ** bei dieser Frage unterstützen; siehe Abschnitt über P(DCS) und dort insbesondere die Bemerkung bei "OBACHT!".

Eine einfache Übung hierzu:

einfach mal PDCS aufrufen, wenn ihr einen oder auch mehrere "NDL" TG geplant habt: die P(DCS) Auswertungen geben tatsächlich eine deutlich von Null verschiedene Wahrscheinlichkeit an, sich eine Dekompressionskrankheit zu kontrahieren. Natürlich hängt die zahlenmäßige Größe dieser Angabe von der Methode und den Kalibrierungs-TG der Datenbasis ab!

Mit „A“ leiten wir den Aufstieg ein:


```

D3_00 - [Graphic1]
was jetzt?a
maximale Ceiling: 0.00
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 2
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 7
PDIS fuer TAU = 10 min: 14.77 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 13.14 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 11.28 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm): 4.5
Austauschstufe: 4.50 Aufstiegszeit: 1.167 P insp N2: 1.913 P insp He: 0.
000
Nr.: 1 1.8357 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.8357 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.291
Nr.: 2 1.8673 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.8673 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.565
Nr.: 3 1.8494 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.8494 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.713
Nr.: 4 1.7827 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.7827 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.803
Nr.: 5 1.6692 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.6692 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.853
Nr.: 6 1.5364 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.5364 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.870
Nr.: 7 1.3971 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.3971 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.831
Nr.: 8 1.2670 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.2670 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.772
Nr.: 9 1.1557 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.1557 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.710
Nr.: 10 1.0784 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.0784 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.672
Nr.: 11 1.0242 P N2 0.0000 P HE Sum.= 1.0242 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.647
Nr.: 12 0.9797 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.9797 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.633
Nr.: 13 0.9436 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.9436 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.626
Nr.: 14 0.9140 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.9140 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.623
Nr.: 15 0.8904 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8904 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.617
Nr.: 16 0.8716 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8716 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.617
Deko Prognose:
3m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp.#: 16
TTS = 1.00
was jetzt?

```

Abbildung 15-2: Aufstieg zum Sicherheits-Stopp

Wir erhalten Vorschläge für „deep stops“. Da die Ceiling mit 0.0 berechnet wurde, und dies ist ja ein Kennzeichen für eine „NDL“-Situation, können wir bei der Eingabe der Austauschstufe sofort unsere Wunsch-Tiefe für den Sicherheitsstopp (hier z.B.: „4.5“ m) angeben.

Mit „P“ erhalten wir den Plot der Inertgassättigung über alle 16 Kompartimente, getrennt für jedes Kompartiment nach Stickstoff- und Heliumanteilen. Es werden die berechneten Inertgas-Partialdrücke für die 16 Kompartimente dargestellt. Die gelben Balken sind proportional den absoluten Werten der N₂-Partialdrücken, die blauen entsprechen den Helium-Kompartimentsättigungen, die Größe dieser Werte kann man am linken Rand, der Y-Achse, direkt in Bar ablesen. Je nach Lage zum inspiratorischen Inertgasdruck (die grüne Linie für N₂, die blaue für He) wird das Kompartiment noch weiter aufgesättigt (unterhalb den Linien) oder aber bereits entsättigt (Balken sind größer als die Linien). Die Ceiling wird als kleiner roter Strich dargestellt, ebenfalls als Absolutwert in Bar. Wird jetzt nur ein Ceiling-Wert größer 1, z.B. 1,3; bedeutet es, daß max. bis zu diesem absoluten (Umgebungsdruck) Druck aufgetaucht werden darf, hier am Beispiel bis auf 3 m. (Siehe auch die Details dazu im Abschnitt „P“). Mit Return / Datenfreigabe wird dieser Modus beendet:

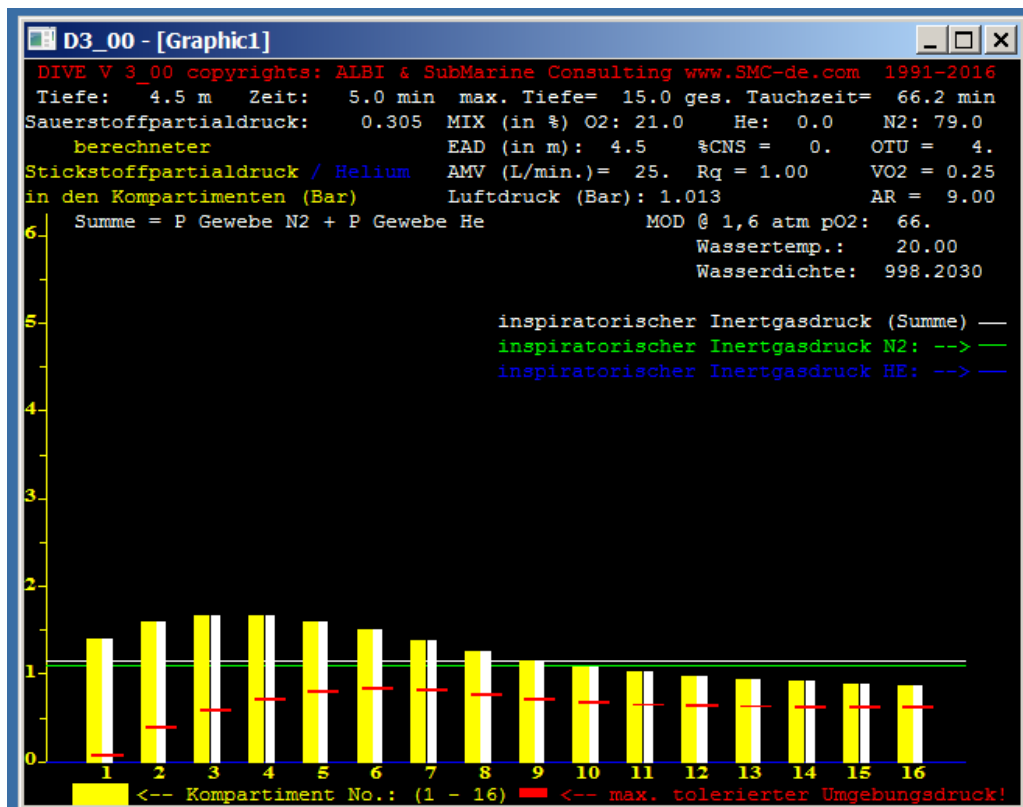


Abbildung 15-3: Graphik der berechneten Kompartimentsättigungen beim Sicherheitsstopp

Es wird die Situation auf 4,5 m nach einem 5 min. Stopp gezeigt.

Nach dem Auftauchen zur Oberfläche mit: „a“ machen wir hernach eine Oberflächenpause: „e“ von, sagen wir ca. 8 h (über Nacht, 8 h = 480 min). Danach kontrollieren wir die Inertgaspartialdrücke in den Kompartimenten über „z“: ... und stellen fest, daß selbst über Nacht einige Kompartimente nicht komplett entsättigt sind! Die Oberflächenpause wird einfach als Tauchzeit bei Tiefe = 0.0 m („d“) oder als Deko-Stoppzeit bei Tiefe = 0.0 m angegeben („e“):

```

Deko Pause: wie lange ? (min): 480
was jetzt?z
Luftdruck: 1.013 AMV: 25.0 RQ: 1.000 O2: 0.210 He: 0.000 N2: 0.790
CNS: 0.00 OTU: 4.43 AR = 9.00 VO2 = 0.25 Latency: N
NUM FLAG: OFF Wassertemp.: 20.00 Wasserdichte: 998.20300
Korrektur: N GFHI= 1.00 GFLO= 1.00 LAST STOP= 3.0 m First Stop = 3.0 m
Tiefe: 0.00 Zeit: 480.00 max. Tiefe= 0.00 ges. Tauchzeit= 480.00
berechnete Kompartimentwerte:
Nr.: 1 0.7505 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7505 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.000
Nr.: 2 0.7505 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7505 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.000
Nr.: 3 0.7505 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7505 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.000
Nr.: 4 0.7505 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7505 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.000
Nr.: 5 0.7505 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7505 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.106
Nr.: 6 0.7506 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7506 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.208
Nr.: 7 0.7519 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7519 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.269
Nr.: 8 0.7573 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7573 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.312
Nr.: 9 0.7696 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7696 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.342
Nr.: 10 0.7840 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7840 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.373
Nr.: 11 0.7967 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.7967 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.400
Nr.: 12 0.8075 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8075 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.431
Nr.: 13 0.8153 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8153 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.463
Nr.: 14 0.8202 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8202 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.496
Nr.: 15 0.8222 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8222 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.518
Nr.: 16 0.8222 P N2 0.0000 P HE Sum.= 0.8222 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.541
was jetzt?

```

Abbildung 15-4: Ruhepause über Nacht

Spaßeshalber könnt ihr mal 3 oder 4 harmlose Wdh-TG an eurem Lieblings-Hausriff an den Malediven simulieren und eine 12 h OFP. Dann vergleicht mit eurer bevorzugten Tabelle (oder der rollierenden NDL Tabelle von eurem Tauchcomputer), die da meint, ihr seid nach 6 – 12 – oder auch 15 h N₂-frei ... Weit gefehlt !!!

OBACHT!

Bemerkung zu den Balkendiagrammen:

wenn ihr die Balkendiagramme von DIVE mit den der üblichen Desktop-Deco-Softwares (wie z.B. dem SDM, dem Suunto Dive Manager oder dem SmartTRAK von UWATEC etc. ...) vergleichen wollt: bei DIVE seht ihr für alles die absoluten Werte, in Bar. Bei anderen Produkten oft nur die relativen erlaubten Sättigungen in Prozent (%). D.h.: da sind also die Balkenlängen der einzelnen Kompartimente nicht miteinander zu vergleichen! Ihr seht auch nicht die Relation zum Umgebungsdruck, d.h. auch nicht, ob ein Kompartiment eben noch sättigt oder schon entsättigt. Vgl. Titelbild: verlaufen die Linien der inspiratorischen Inertgasdrücke (grün für N₂, blau für He) unterhalb der Kompartimentsbalken, so sind die Kompartimente übersättigt. Verlaufen die Linien oberhalb der Balkenobergrenze so werden diese Kompartimente immer noch aufgesättigt, auch während der Deko- oder Sicherheitsstopps. Im obigen Bildchen also die Situation ab Kompartiment #11!

Wer diese relativen Sättigungen sehen möchte, auch im Zusammenhang mit den Gradientenfaktoren High und Low, einfach den Befehl „%p“ (wie „Prozent Plot“, siehe den entsprechenden Abschnitt weiter unten) für EANx resp. „HM“ für Trimix benutzen.

Kleine Übung zu den „NDL“ gefällig?

Also gut: 30 m / 17 min (DECO 2000); bei den meisten anderen Ausbildungssystemen gelten sogar hier noch 20 min als „NDL“ (NAUI, PADI, SSI; auch das NAUI RGBM gibt hier noch 20 min als „NDL“ an!). Wir machen trotzdem auf 3 m einen Stopp mit 5 min und lassen uns sowohl die P(DCS), die Wahrscheinlichkeit, daß wir uns einen DCS-Hit einfangen, als auch die prozentuale Sättigung gemäß der DAN Decompression Risk Analysis (DRA) berechnen:

„d“	→	30.	17.
„PDCS“	→	9.	(die TTS für die Methode IV: Aufstiegs- + Stoppzeiten)
„a“	→	3.	
„d“	→	3.	5. („Sicherheits-Stopp“)
„a“	→	0.	Aufstieg von der Stopp-Tiefe zur Oberfläche
„%P“			

und erhalten damit folgende Diskussionsgrundlagen:

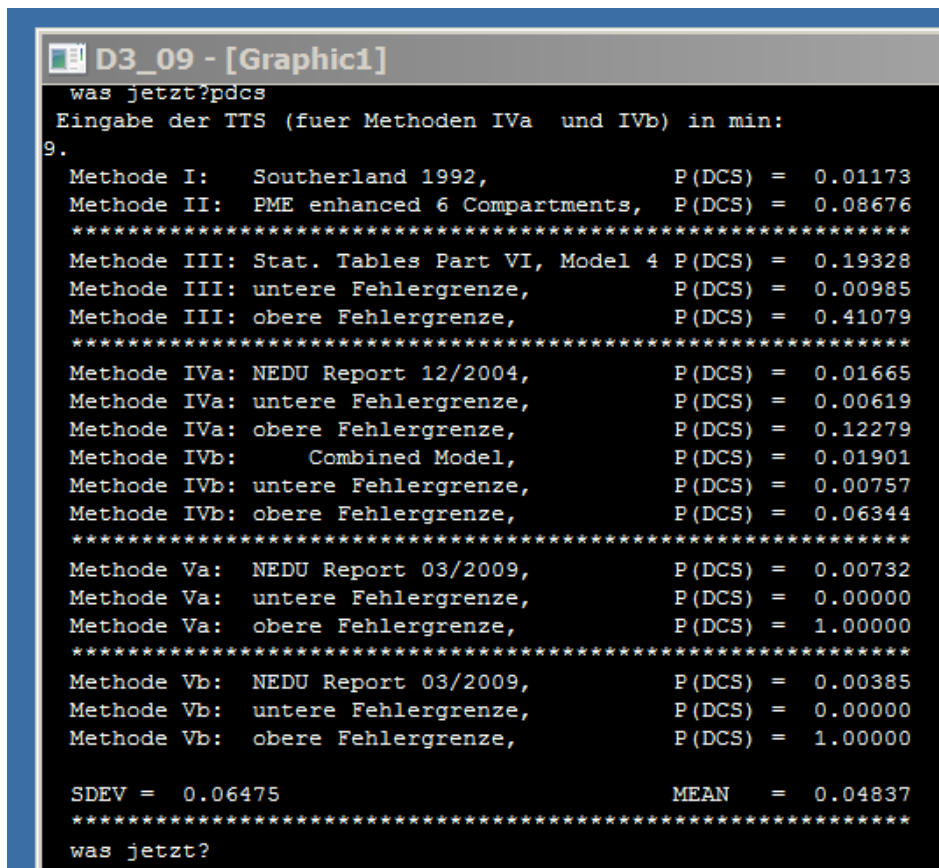


Abbildung 15-5: P(DCS) für einen "NDL"-TG (30 m, 17 min.)

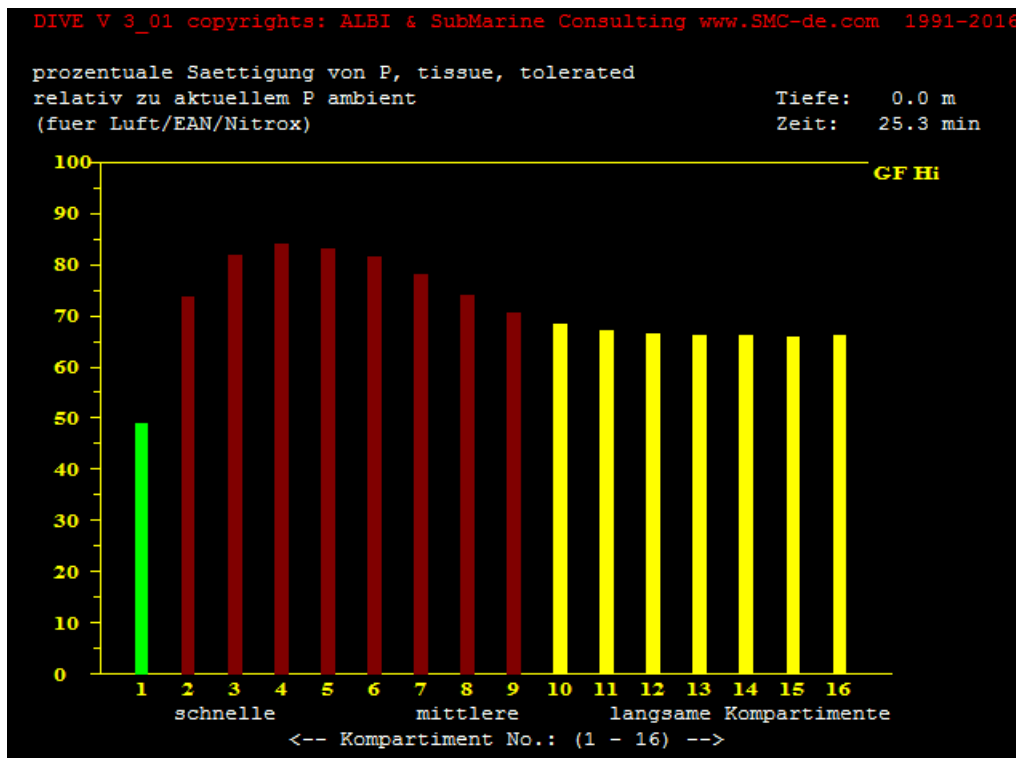


Abbildung 15-6: DAN Decompression Risk Analysis (DRA) für diesen "NDL"-TG

- 1) Für diesen „NDL“-TG ist die P(DCS) nicht zu vernachlässigen, gibt es doch hierfür Werte (je nach Methode: siehe hierzu den entsprechenden Abschnitt weiter unten) zwischen 1,1 → 1,9 % für die Methoden I, IV & V. (Die anderen Methoden spielen im Moment hier für unsere Übung keine Rolle). Dies ist zum Glück nicht bedrohlich viel, aber immerhin eine wesentlich differenziertere Ansage wie dies die üblichen Ausbildungssysteme verkünden.
- 2) Auch noch nach einem „Sicherheits-Stopp“ (3 m, 5 min) werden ein paar der „rot“ eingefärbten Kompartimente vom DAN DRA (s. Kapitel „%p“) als kritisch betrachtet

Die einfache Frage des geübten / fortgeschrittenen Tauchers an der Stelle ist natürlich:
 „... hoppla, ca. 2 % würde ja bedeuten, daß ca. 4 TG aus meinen 200 so ziemlich ähnlichen TGs mit Problemen behaftet wären ... ???“ Ganz genau! Aber:

- 1) DCS Probleme oder eine große P(DCS) ist nicht automatisch gleichbedeutend mit einem unmittelbaren Aufenthalt in der Druckkammer: es gibt „sub-klinische“ DCS, „marginale Symptome“, „silent bubbles“, und, und, und ... (siehe natürlich auch die vielen Hinweise in unserem „deco workshop“ ☺)
- 2) Die erwähnten Tabellen, wie auch das soeben eingegebene Profil gehen ja von einer relativ hohen Inertgasdosis aus, nämlich daß die kompletten 17 min auf 30 m verbracht wurden! Machst du zu fast 100%-iger Sicherheit nicht! D.h. deine aufgenommene Inertgasdosis und damit selbstverständlich deine individuelle P(DCS) ist somit wesentlich geringer! Von der instantanen Abstiegsphase mal garnicht zu reden. Und genau auch deshalb gibt dir dein Tauchcomputer beim Auftauchen noch jede Menge „Rest-Nullzeiten“ an.
- 3) Aber mit DIVE hast du immerhin die reelle Chance, dein tatsächliches Profil mal einzugeben ...
- 4) Mit ausreichend Luftvorrat / Kälteschutz: kein Problem, die 17 oder gar die 20 min zu erreichen bzw. zu überschreiten. Deshalb macht es, z.B. für Tekkies, Sinn, je nach körperlicher Belastung, Strömung, Kälte etc. hier bereits mit Gradientenfaktoren aus diesem „NDL“-TG einen echten Deko-TG incl. tiefen Stopps zu machen: auch hierbei hilft „%P“: habt ihr GFs eingegeben, werden diese automatisch miteingezeichnet.

Eine Zusammenfassung der NDL / P(DCS) Thematik eines 30 m Luft-TG gibt es da zu finden:

[On the statistical probability of contracting a decompression sickness after a single scuba dive on air within a no-decompression-limit](#)
[DOI: 10.13140/RG.2.2.17249.74084](#)

16 Eine Tauchgangssimulation: Dekompressionstauchgang

Wir verwenden die Zahlen aus dem Kapitel Schnellstart: 42 m, 25 min, Luft, wir tauchen auf zu einem deep stop um dann langsam die 9, 6 und 3 m Stopps abzusitzen. Die Information, welches Kompartiment für welchen Stopp und für wie lange verantwortlich ist, gibt es immer bei:

"a" -> Wunschtiefe, z.B. 6 m (immer tiefer als die aktuelle Ceiling), und dann:

"e" -> Zieltiefe des nächsten Stopps, z.B. 3 m

```

was jetzt?e
Eingabe der geplanten ZIEL-Dekostufe in Metern & cm:(m.cm):3.
I: 1 TAU N2: 4. TAU He: 2. TAU Summe: 4.00 Dekozeit: 0.00
I: 2 TAU N2: 8. TAU He: 3. TAU Summe: 8.00 Dekozeit: 0.00
I: 3 TAU N2: 12. TAU He: 5. TAU Summe: 12.50 Dekozeit: 2.45
I: 4 TAU N2: 18. TAU He: 7. TAU Summe: 18.50 Dekozeit: 4.02
I: 5 TAU N2: 27. TAU He: 10. TAU Summe: 27.00 Dekozeit: 2.57
I: 6 TAU N2: 38. TAU He: 14. TAU Summe: 38.30 Dekozeit: 0.00
I: 7 TAU N2: 54. TAU He: 21. TAU Summe: 54.30 Dekozeit: 0.00
I: 8 TAU N2: 77. TAU He: 29. TAU Summe: 77.00 Dekozeit: 0.00
I: 9 TAU N2: 109. TAU He: 41. TAU Summe: 109.00 Dekozeit: 0.00
I:10 TAU N2: 146. TAU He: 55. TAU Summe: 146.00 Dekozeit: 99.00
I:11 TAU N2: 187. TAU He: 71. TAU Summe: 187.00 Dekozeit: 99.00
I:12 TAU N2: 239. TAU He: 90. TAU Summe: 239.00 Dekozeit: 99.00
I:13 TAU N2: 305. TAU He: 115. TAU Summe: 305.00 Dekozeit: 99.00
I:14 TAU N2: 390. TAU He: 147. TAU Summe: 390.00 Dekozeit: 99.00
I:15 TAU N2: 498. TAU He: 188. TAU Summe: 498.00 Dekozeit: 99.00
I:16 TAU N2: 635. TAU He: 240. TAU Summe: 635.00 Dekozeit: 99.00
Deko Pause: wie lange ? (min):

```

Abbildung 16-1: Entsättigung und Leitkompartiment auf der 6 m Stufe

hier das Kompartiment #4. Der Tauchcomputer oder die Tabelle würde dann hier einen aufgerundeten Wert von 5 oder 6 min zeigen. Sind wir auf der 3 m Stufe und wollen auftauchen: "a" -> 3 m; "e" -> Zieltiefe des nächsten Stopps, hier die Oberfläche = 0 m; sehen wir wieder, welches Kompartiment für den Stopp "führt": nämlich die #6 mit aufgerundet auf 15 min:

```

was jetzt?e
Eingabe der geplanten ZIEL-Dekostufe in Metern & cm:(m.cm):
I: 1 TAU N2: 4. TAU He: 2. TAU Summe: 4.00 Dekozeit: 0.00
I: 2 TAU N2: 8. TAU He: 3. TAU Summe: 8.00 Dekozeit: 0.00
I: 3 TAU N2: 12. TAU He: 5. TAU Summe: 12.50 Dekozeit: 2.53
I: 4 TAU N2: 18. TAU He: 7. TAU Summe: 18.50 Dekozeit: 6.97
I: 5 TAU N2: 27. TAU He: 10. TAU Summe: 27.00 Dekozeit: 11.15
I: 6 TAU N2: 38. TAU He: 14. TAU Summe: 38.30 Dekozeit: 14.41
I: 7 TAU N2: 54. TAU He: 21. TAU Summe: 54.30 Dekozeit: 9.31
I: 8 TAU N2: 77. TAU He: 29. TAU Summe: 77.00 Dekozeit: 0.00
I: 9 TAU N2: 109. TAU He: 41. TAU Summe: 109.00 Dekozeit: 0.00
I:10 TAU N2: 146. TAU He: 55. TAU Summe: 146.00 Dekozeit: 0.00
I:11 TAU N2: 187. TAU He: 71. TAU Summe: 187.00 Dekozeit: 0.00
I:12 TAU N2: 239. TAU He: 90. TAU Summe: 239.00 Dekozeit: 0.00
I:13 TAU N2: 305. TAU He: 115. TAU Summe: 305.00 Dekozeit: 0.00
I:14 TAU N2: 390. TAU He: 147. TAU Summe: 390.00 Dekozeit: 99.00
I:15 TAU N2: 498. TAU He: 188. TAU Summe: 498.00 Dekozeit: 99.00
I:16 TAU N2: 635. TAU He: 240. TAU Summe: 635.00 Dekozeit: 99.00
Deko Pause: wie lange ? (min):

```

Abbildung 16-2: Entsättigung und Leitkompartiment auf der 3 m Stufe

Das zugehörige Protokoll-File (alte Version) sah dann so aus:

```

Yr: 2016 Mon: 02 D: 27 Hr: 21 Min: 30 Version: 3_00 , 03/2016
JURA TG zum Üben, für die Dokumentation !!!!
TIEFE ZEIT GES.ZEIT N O HE CNS OTU GAS
X 0.00 0.00 0.00 0.79 0.21 0.00 0. 0. 0.00
D 42.00 25.00 25.00 0.79 0.21 0.00 10. 28. 3207.41
A 20.00 2.44 27.44 0.79 0.21 0.00 11. 29. 193.75
D 12.00 4.00 31.44 0.79 0.21 0.00 11. 29. 218.98
A 9.00 0.33 31.78 0.79 0.21 0.00 11. 29. 35.41
D 6.00 6.00 37.78 0.79 0.21 0.00 11. 29. 240.21
A 3.00 0.33 38.11 0.79 0.21 0.00 11. 29. 40.31
E 3.00 15.00 53.11 0.79 0.21 0.00 11. 29. 490.20
A 0.00 0.33 53.44 0.79 0.21 0.00 11. 29. 42.77
X 0.00 0.00 0.00 0.79 0.21 0.00 11. 29. 0.00

```

Beginnend in der ersten Zeile sehen wir den aktuellen Zeitstempel sowie rechts die Kennzeichnung der Version;

"X": Anfang und Endes des TG

"D": Grundphase oder weitere Tauchphasen

"A": Aufstieg und "E" Entsättigung

wir sehen die Zeiten auf jeder Stufe (TIEFE / ZEIT) sowie aufsummierten Zeiten (GESamte ZEIT = run time), das verwendete Gas sowie die CNS und OTU Werte; über den Befehl "AMV" kann man die berechneten Gasmengen (GAS) für jede Stufe anpassen.

17 TEC Diving

Simulation eines Deko-Tauchganges mit normoxischem Trimix und mit accelerated Deco, TG auf 50 m für 20 min mit Tmx 20/50/30.

Befehlsfolge:

„m“ „.2“ „.5“ „d“ „50.“ „20.“ „a“

```
was jetzt?a
maximale Ceiling: 11.47
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 20.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 30
PDIS fuer TAU = 10 min: 41.67 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 33.33 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 29.00 [m]
PDIS fuer TAU = 18.92 min: 25.91 [m]
PDIS fuer TAU = 27.66 min: 19.64 [m]
PDIS fuer TAU = 40.91 min: 14.28 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
12m Stopp Prognose Dekozeit: 3.0 Komp.#: 4
 9m Stopp Prognose Dekozeit: 5.0 Komp.#: 6
 6m Stopp Prognose Dekozeit: 11.0 Komp.#: 7
 3m Stopp Prognose Dekozeit: 22.0 Komp.#: 9
TTS = 48.0
was jetzt?
```

Abbildung 17-1: Standarddekoprognose ("a")

Wer es noch viel schneller haben will, kann eine einfache, automatisierte Prognose über "AD" für die beschleunigte Dekompression (accelerated deco) rechnen lassen:

„ad“

ergibt genau diese automatisierte Deko-Prognose mit EAN50, EAN75 & EAN98:


```

was jetzt?ad
Accelerated Deko Prognose:
12m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 75):      2.0
 9m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 75):      3.0
 6m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2):      3.0
 3m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2):      7.0
TTS =      22.0
AD Deko Prognose, mit Sauerstoff-Korrekturfaktoren:
12m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ):      3.0
 9m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ):      4.0
 6m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ):      4.0
 3m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ):      9.0
TTS =      27.0
was jetzt?

```

Abbildung 17-2: accelerated deco ("ad")

Die Sauerstoff-Korrekturen kann man über "OC" abrufen: diese spielen bei kurzen Deko-Stopps aber noch keine allzu grosse Rolle. Bemerkbar macht sich aber eine asymmetrische Entsättigung: einfach amal "ASY" eintippen und vergleichen, wie sich denn die TTS verlängert: Details hierzu in den entsprechenden Abschnitten.

Die Gasmengen werden für jede Stufe gesondert berechnet um damit die Gaswechsel durchführen zu können. Hierbei wird das AMV = 25 L / min. angesetzt: dies kann über „V“ geändert werden. Mit einem vollen Doppel-12er auf'm Buckel und links & rechts noch jeweils mit EAN-Stages behängt, vielleicht noch ein Argon-Fläschchen für den Trockki, 2 Lampen und, und, und ...: da sind 25 L/min in der Grundphase nicht zuviel!

Bemerkung: AMV = Oberflächen-Atemminutenvolumen, wird im englischen oft als SAC (Surface Air Consumption) bezeichnet. Auf den Deko-Stufen wird gerne mit 13 oder 11 L / min gerechnet.

Mit „M“ kann zu jeder Zeit das Gemisch geändert werden, wir könnten also einen „optimal Deco-Mix“ simulieren, d.h. so viele Gaswechsel machen, damit wir in jeder Tiefe ständig bei einem $pO_2 \leq 1,6$ Bar sind (Ob dies aber Sinn macht (Anzahl Tanks, Gewicht, Logistik, Komplexität ..) , steht auf einem ganz anderen Blatt). Wenn wir den Sauerstoffgehalt erhöhen, werden dann auch die %CNS und die OTUs sowie die K-Werte für CNS-OT & P-OT interessant. Wird der Sauerstoffpartialdruck $\geq$ ca. 1,6 atm so wechselt die Farbe der Beschriftung im Plot "P" von **weiß** nach **rot**.

Obacht: die meisten Deco-Programmchen machen hier den Fehler, die Ox-Tox Dosen anhand Bar zu bestimmen. Dies ist falsch: alle Originalveröffentlichungen von Bob Hamilton, der NOAA und vielen anderen (C. Lambertsen z.B.) legen atm fest.

Zusätzlich gibt es bei „m“ noch eine „ICD Warning“, eine Warnung der Gefahr eines Problems der isobaren Gegendiffusion in Abhängigkeit der Größe der Anteile von N_2 im vgl. zu He.

Weiterer Hinweis:

Die OTU Dosis wird nach der REPEX Methode berechnet; die %CNS (%ZNS) Dosis Berechnung orientiert sich an der üblichen NOAA / USN Vorgabe im Bereich $0,55 < pO_2 < 1,6$ atm (nicht Bar!). Die offiziellen Quellen hierzu findet ihr alle in der Bibliographie des Manuals zum unserem "deco workshop" und auch weiter hinten, im Anhang D:

<https://www.divetable.info/workshop/workshop.htm>

oder auch in einem guten EAN / Nitrox Manual.

Steigt der $pO_2 > 1,6$ atm, werden zur Dosisberechnung modifizierte USN Werte herangezogen. DIVE benutzt etwas konservativere Werte, siehe Tabelle unten und ab 2,2 atm ist Schluß! Die USN Werte sind keine "exceptional exposures" wie bei der NOAA, also "außergewöhnliche Sauerstoffbelastungen", sondern eine Standardprozedur. Diese Standardprozedur der USN gilt allerdings nur für 100 % O_2 und deshalb nicht für Mischgase!

<u>pO₂</u> <u>[atm]</u>	<u>NOAA</u> <u>[min]</u>	<u>NOAA</u> <u>exceptional</u> <u>exposure</u>	<u>USN</u> <u>[min]</u>	<u>DIVE,</u> <u>V3, [min]</u>
1,2	210			
1,3	180	240		
1,4	150	180		
1,5	120	150		
1,6	45	120		45
1,7		75	240	37,5
1,8		60		30
1,9		45	80	22,5
2		30	25	15
2,1				7,5
2,2			15	0
2,3				
2,4				
2,5			10	
	<u>100 %</u>	<u>ZNS (CNS)</u>	<u>Dosen</u>	

Tabelle 3: ZNS / Ox-Tox Dosen

Wie kann es kommen, dass wir bei einem $pO_2 > 1,6$ atm dekomprimieren? Na, ganz einfach: ihr seid auf ca. 6 – 7 m mit reinem Sauerstoff: ein bisschen Strömung, ein kleiner Wellengang oder ihr wollt mal eben eurem Tauchkumpel helfen, der/die sich mit seinem Reel beim Bojenschiessen (SMB) verhaspelt hat: schon seid ihr auf 8, 9 oder auch amal 12 m ... Wer mehr dazu lesen will, hier ein Link zu einem Artikel im "Tech Diving Magazine", Ausgabe #7, Juli 2012, Seiten: 16 - 22: https://www.divetable.eu/TDM/TDM_Issue007.pdf

18 „P“ und die Details im graphischen Screen-Plot

Zu jederzeit kann über „p“ (wie PLOT) ein graphischer Screen erzeugt werden. Wir wollen anhand eines TGs von 20 min auf 50 m mit Tmx20/60 diesen Screen auf einem deep stop in der Tiefe von 20 m analysieren.

Mit Return / Datenfreigabe wird dieser Screen beendet. Der Wechsel zwischen graphischem Bildchen und Vollbild-Modus geschieht über: „alt“ + „Return“

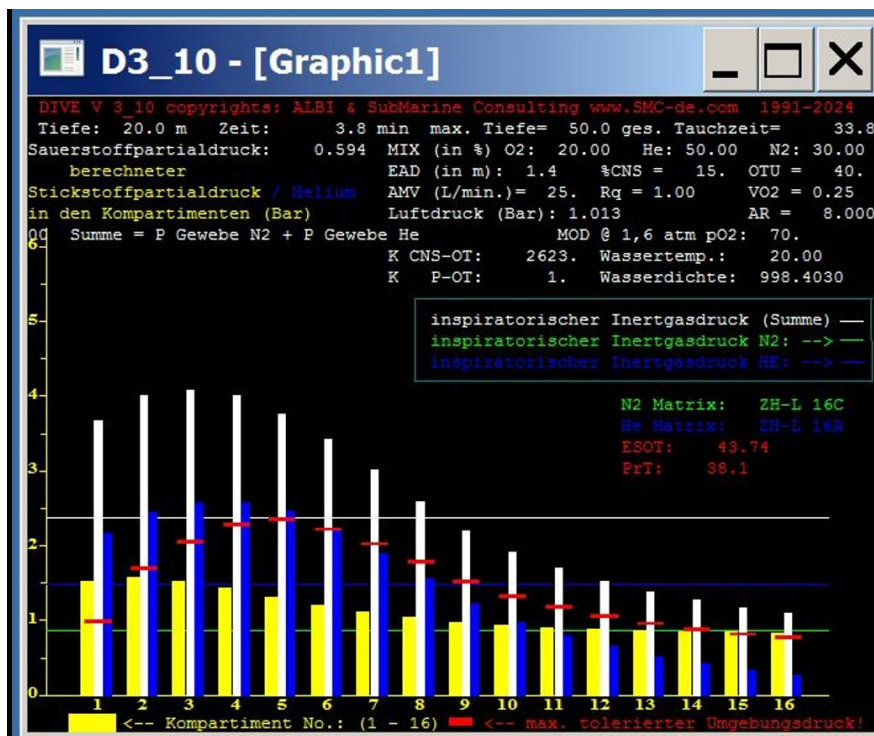
Die nächste Graphik zeigt den Screen mit Erklärungen für die 2 hauptsächlichen Blöcke:

- Oberer Teil: Parameterblock des TGs
- Unterer Teil: Kompartimentsblock.

Die aktuelle Tiefe des deep stops von 25 m (links im Block) + die Aufstiegszeit von 50 m auf 25 m, berechnet mit der Aufstiegsrate von 7.5 m / min ergeben die gesamte Zeit (rechts).

Die berechneten Kompartimentsättigungen werden durch die Balken dargestellt; die Linien sind die inspiratorischen Drücke. Offenbar ist im Moment das Kompartiment #4 gerade das Leitkompartiment: es hat den größten Wert für den tolerierten Umgebungsdruck erreicht. Dieser maximale Wert bedeutet aber gleichzeitig den tiefsten Stopp, die Ceiling.

Aus dem Wert der Kompartimentsättigungen in Bezug auf den jeweiligen Inertgaspartialdruck kann man erkennen, ob das Kompartiment sich noch weiter aufsättigt oder bereits in der Entsättigung ist:



Parameterblock aktuelle Parameter des TG:

aktuelle Tiefe & Zeit;
Schleppzeiger für
maximale Tiefe &
gesamte Tauchzeit;
pO₂; Gasmix; EAD,
N₂ & He-Matrizen

Ox-Tox Dosen:

%ZNS & OTU; MOD für
PO_{2, max} = 1,6 atm,
K-Index (Ran Arieli), ESOT

Physiologische

Parameter:

AMV (Atemminutenvolumen),
R_q (respiratorischer Quotient),
VO₂ (O₂-Verbrauch);
PrT Wert (Hempleman)

Umgebungs-

parameter:

Startluftdruck;
Aufstiegsrate; Wasser-
temperatur & -dichte;

Kompartimentblock

aktuelle Parameter der 16 Kompartimente:

Nummer: # 1 → 16

berechnete Inertgassättigungen (Balken): N₂ (gelb); He (blau); Summen (weiß)

inspiratorische Inertgaspartialdrücke (Linien): N₂ (grün); He (blau), Summe (weiß)

maximal tolerierte Umgebungsdrücke (Striche, rot)

© ALBI @ www.SMC-de.com 1991 - 2024

19 „Z“ (Zeige alle relevanten Parameter)

Da in den letzten paar Jährchen einige Parameter dazugekommen sind und insbes. beim pO₂ der Wert in atm interessiert, haben wir den D3_10 & D3_11 Versionen ab 07 / 2023 ein neues „Z“-eige-Modul spendiert, welches auch gleich den neuen ESOT Wert (als Ersatz für UPTD / OTU, inkl. der dazugehörigen recovery Funktion während normoxischen OFPs) auswirft:

```
was jetzt?z
physikalische Parameter:
Wasserdichte: 998.403   Wassertemperatur: 20.00
Luftdruck: 1.013       Beschl.konstante: 9.80665

Atemgas Parameter:
fO2: 0.2095   fHe: 0.0000   fN2: 0.7902
pO2: 0.51991 [bar] | [atm]: 0.51311

O2-Intoxikationsparameter:
NOAA %CNS: 10.4   OTU: 28.2
K Values   CNS-OT: 946.   P-OT: 0.   ESOT: 29.19

Tauch-Profil Parameter:
aktuelle Tiefe: 15.00   aktuelle Zeit: 3.0
max. Tiefe= 42.00   Summe aller Zeiten= 28.0   Aufstiegsgeschwindigkeit: 9.000
tiefster Stopp: 9.00   letzter Stopp: 3.0

Physiologische Parameter:
SAC [l/min]: 25.0   respr. quotient: 1.000   VO2: 0.250   PRT= 29.9

GLOBALE PARAMETER:
N2 Koeff.-Matrix: ZH-L 16C   He Koeff.-Matrix: ZH-L 16C
Gradientenfaktoren: GFHI= 1.00   GFLO= 1.00
Buehlmann Zuschlag: N   numerische Loesung: OFF
Konversions Faktor USN STD 1 Bar: 32.63360 fsw @ 15 deg Celsius!
Konversions Faktor aktuell: 1 Bar= 33.50867 fsw (feet of seawater)
... weiter mit: ENTER
```

Abbildung 19-1: "Z", erster Teil

D3_10 - [Graphic1]									
... weiter mit: ENTER									
Comp.#	pN2 [Bar]	pHe [Bar]	pN2 + pHe	Ceiling [m]	Pamb,tol [Bar]				
Nr.: 1	3.5152 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 3.5152	Ceill. m=	1.29	Putol:	1.139		
Nr.: 2	3.4679 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 3.4679	Ceill. m=	6.07	Putol:	1.608		
Nr.: 3	3.1583 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 3.1583	Ceill. m=	6.59	Putol:	1.659		
Nr.: 4	2.7663 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 2.7663	Ceill. m=	5.72	Putol:	1.573		
Nr.: 5	2.3625 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 2.3625	Ceill. m=	4.12	Putol:	1.416		
Nr.: 6	2.0168 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 2.0168	Ceill. m=	2.68	Putol:	1.276		
Nr.: 7	1.7226 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.7226	Ceill. m=	1.03	Putol:	1.114		
Nr.: 8	1.4854 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.4854	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.967		
Nr.: 9	1.3026 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.3026	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.843		
Nr.: 10	1.1840 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.1840	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.769		
Nr.: 11	1.1043 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.1043	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.722		
Nr.: 12	1.0410 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 1.0410	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.691		
Nr.: 13	0.9906 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 0.9906	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.670		
Nr.: 14	0.9502 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 0.9503	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.658		
Nr.: 15	0.9184 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 0.9184	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.644		
Nr.: 16	0.8934 P N2	0.0000 P HE	Sum.= 0.8934	Ceill. m=	0.00	Putol:	0.638		
was jetzt?									

Abbildung 19-2: "Z", zweiter Teil

(Details zu ESOT im Anhang, bei den Quellen)

20 Deep Stops / way points

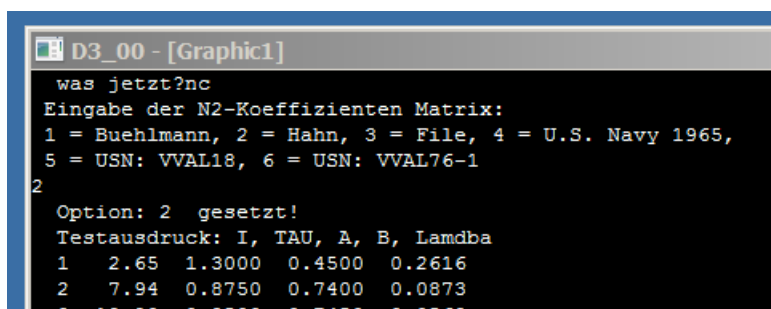
Die Entsättigungs-Rampe wird, wie bei den meisten Computern / Tabellen mit 10 m / min. angenommen: wir können natürlich auch hier variieren indem wir mit „AR“ diese Rate verändern. Wir können aber auch, z.B. für sogenannte „DEEP STOP“s, statt zur Ceiling (oder in die Nähe der Ceiling) einfach von 50 m nach 35 m auftauchen oder die Aufstiegsintervalle noch enger setzen. In der Austauschphase (Eingabe von „A“) werden auch Vorschläge für diverse, optionale „deep stops“ gemacht und zusätzlich (Standard-) Deko-Prognosen ausgegeben. Die verschiedenen angezeigten „deep stop“ Strategien sind:

- Methode Haldane ist die übliche Druckreduktion im Verhältnis 2:1
- Methode Hills, nach Brian Andrew Hills, aus seinem Buch „Decompression Sickness“
- PDIS (Profile Dependant Intermediate Stop) ist die UWATEC Methode, bei der auf das Kompartiment mit $\tau = 20$ min geachtet wird. Zusätzlich haben wir hier noch ein schnelleres und ein langsames Kompartiment auf dem Radar zur Vergleichszwecken.
- Ist $f_{He} > 0$ (beim Tri-Mixen), wird auch für die He-Kompartimente ein PDIS abgeschätzt
- ...
- wurde vorher über „NC“ oder „HC“, jeweils Option 3 eine Koeffizientenmatrix mit den GF HI / LO ungleich 1.0 eingelesen, erscheinen zusätzlich die Prognosen nach der VG-Methode (siehe „VGM“):

Zwei Besonderheiten:

- 1) Die Deko-Zeiten von 0.0 bedeuten, daß das jeweilige Kompartiment bereits entsättigt ist und somit keinen Beitrag zur Deko-Zeit leistet.
- 2) Deko-Zeiten von 99.00 o.ä. bedeuten, daß diese Kompartimente eine geringere Sättigung als der vorherrschende inspiratorische Stickstoffpartialdruck aufweisen und somit zur Berechnung einer Deko-Zeit nicht mehr herangezogen werden. Diese Kompartimente sättigen sich lediglich noch weiter auf in der Deko.
- 3) ***** bedeutet das die Zahl zu groß ist zum darstellen

Von Hand eingefügte „deep stops“ beim Aufstieg werden gerne auch als „way points“ bezeichnet, also Punkte auf dem Wege des Aufstieges. Unser üblicher „JURA“ Test-TG auf ca. 42 m und 25 min. könnte dann z.B. so aussehen:



```
D3_00 - [Graphic1]
was jetzt?nc
Eingabe der N2-Koeffizienten Matrix:
1 = Buehlmann, 2 = Hahn, 3 = File, 4 = U.S. Navy 1965,
5 = USN: VVAL18, 6 = USN: VVAL76-1
2
Option: 2 gesetzt!
Testausdruck: I, TAU, A, B, Lambda
1  2.65  1.3000  0.4500  0.2616
2  7.94  0.8750  0.7400  0.0873
3 12.20  0.8500  0.7450  0.0568
```

Abbildung 20-1: Hahn-Option gesetzt zum Vergleich mit der DECO 2000

Und mit der Planung lt. DIVE V3 zum Vergleich mit der DECO 2000 Tabelle:

```

was jetzt?a
maximale Ceiling: 10.54
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 16.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 26
PDIS fuer TAU = 10 min: 34.60 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 24.39 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 18.50 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm):
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
12m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp.#: 2
9m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp.#: 2
6m Stopp Prognose Dekozeit: 10.00 Komp.#: 5
3m Stopp Prognose Dekozeit: 15.00 Komp.#: 5
TTS = 33.00
was jetzt?

```

Abbildung 20-2: Deco 2000 Deko-Prognose ("a")

Da die DECO 2000 1/4/8/16 aufruft:

42 7'	4					C
	7					D
	10				2	E
	13			1	5	E
	16			4	6	F
	19		2	4	10	F
	22		3	6	13	G
	25	1	4	8	16	G

Abbildung 20-3: Auszug aus der DECO 2000 für 42 m / Luft

planen wir einen „deep stop“ auf $42/2 + 12/2 = \text{ca. } 27 \text{ m}$ für 3 min ein. Für den Aufstieg dahin und die Stoppzeit berücksichtigen wir ca. 5 min, die wir die JURA eher verlassen, d.h. bereits nach 20 min:

```

D3_00 - [Graphic1]
was jetzt?a
maximale Ceiling: 9.05
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 16.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 25
PDIS fuer TAU = 10 min: 31.53 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 21.06 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 15.62 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm):
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
12m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp.#: 2
9m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp.#: 2
6m Stopp Prognose Dekozeit: 4.00 Komp.#: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 14.00 Komp.#: 5
TTS = 25.00
was jetzt?

```

Abbildung 20-4: Auftauchen zum deep stop nach 20 min Grundzeit

Unsere run time (alte Version) sah dann so aus:

```

Yr: 2016 Mon: 02 D: 29 Hr: 18 Min: 30 Version: 3_00 , 03/2016
JURA Test TG / Luft mit einem deep stop / Way Point ← Kommentarzeile
TIEFE ZEIT GES.ZEIT N O HE CNS OTU GAS
X 0.00 0.00 0.00 0.79 0.21 0.00 0. 0. 0.00
D 42.00 20.00 20.00 0.79 0.21 0.00 8. 23. 2565.93
A 27.00 1.67 21.67 0.79 0.21 0.00 9. 24. 103.50
D 27.00 3.00 24.67 0.79 0.21 0.00 9. 25. 274.56 ← deep stop
A 12.00 1.67 26.33 0.79 0.21 0.00 9. 25. 164.79
D 12.00 1.00 27.33 0.79 0.21 0.00 9. 25. 54.75 ← tiefster Tabellenstopp
A 9.00 0.33 27.67 0.79 0.21 0.00 9. 25. 35.41
D 9.00 4.00 31.67 0.79 0.21 0.00 9. 25. 189.56
A 6.00 0.33 32.00 0.79 0.21 0.00 9. 25. 37.86
D 6.00 8.00 40.00 0.79 0.21 0.00 9. 25. 320.28
A 3.00 0.33 40.33 0.79 0.21 0.00 9. 25. 40.31 ← „Nullzeit“
D 3.00 16.00 56.33 0.79 0.21 0.00 9. 25. 522.88 bereits erreicht!
A 0.00 0.33 56.67 0.79 0.21 0.00 9. 25. 42.77
X 0.00 0.00 0.00 0.79 0.21 0.00 9. 25. 0.00

```

d.h. die anfängliche Deko-Prognose am Grund des Bodensees hat sich am Ende des „deep stops“ dahingehend verändert:

```

D3_00 - [Graphic1]
was jetzt?a
maximale Ceiling: 5.15
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 8.5
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 16
PDIS fuer TAU = 10 min: 22.14 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 15.57 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 11.80 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm):
Austauschstufe ist zu hoch:
niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
6m Stopp Prognose Dekozeit: 4.00 Komp.#: 3
3m Stopp Prognose Dekozeit: 10.00 Komp.#: 6
TTS = 17.00
was jetzt?

```

Abbildung 20-5: Deko-Prognose nach Ablauf des ersten deep stops

Wenn wir dann noch die Stopps wie nach Tabelle geplant absitzen, haben wir bereits beim Verlassen der 6 m die „Null“-Zeiten wieder erreicht.

Warum macht man das so umständlich? Es gibt doch einfache „deep stop“ Tabellen (s. z. Bsp. Bergsee Kapitel) oder solche Ratschläge wie: „1 min Stopp auf halber maximal Tiefe“? Ganz einfach: in der Zwischenzeit hat sich herumgesprochen, daß tiefe Stopps von 1 min oder so kontraproduktiv sind: 2 bis 3 min. dürfen es schon sein wg. den endlichen Transportkapazitäten des Blutes und der Lunge.

TTS bedeutet: time-to-surface in Minuten: die Summe aller Stopp-Zeiten plus eine Standard-Auftauchrampe mit der aktuell gültigen Auftauchgeschwindigkeit, z.B. 9 m/min gerechnet.

Die Standard-Deko-Prognose (bezogen auf den jeweiligen gerade geladenen Koeffizientensatz) wird bei Aufstieg („a“) gleich mitangezeigt. Andere Simulationen gehen mit: "S", "PMRC", "ASY", "OC" oder auch "AD".

Bei den Sauerstoff-Dekompressionen wird ab 6 m mit EAN100, eigentlich 100% O₂, intern aber mit nur 98%, gerechnet. Auf Grund der USN Correction Factors müssen/könnten/sollten dann

diese Zeiten wieder nach oben korrigiert werden! Werden diese Zeiten auf der 6- und 3-m Stufe noch länger, werden automatisch zur TTS die AIR BREAKS (Luftpausen) addiert.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die sogenannten "run times", unser Protokoll-File: die run time ist die verstrichene Zeit, diese findet man im Protokoll-File in der 4. Spalte unter der Bezeichnung: GES. ZEIT. DIVE erzeugt automatisch diese run times in Form des Protokoll-Files „PROTOCOL.TXT“, sobald das Programm den Ordner

C:\DIVE\PROT

vorfndet, werden mit jedem Aufrufen von DIVE die TG-Daten als ASCII File angehängt. Die einzelnen TG sind mit:

Yr: 2021 Mon: 06 D: 10 Hr: 18 Min: 40 Version: 3_10 , 06/2021

	TIEFE	ZEIT	GES.ZEIT	N	O	HE	CNS	OTU	K CNS	K POT	GAS
X	0.0	0.0	0.0	0.79	0.21	0.00	0.	0.	0.	0.	0.0
D	42.0	25.0	25.0	0.79	0.21	0.00	10.	28.	941.	0.	3202.7
A	15.0	3.0	28.0	0.79	0.21	0.00	10.	28.	960.	0.	274.2
D	12.0	5.0	33.0	0.00	1.00	0.00	44.	42.	9892.	1.	273.5
A	3.0	1.0	34.0	0.00	1.00	0.00	44.	44.	10370.	1.	120.8
X	0.0	0.0	0.0	0.00	1.00	0.00	44.	44.	10370.	1.	0.0

voneinander getrennt. PROTOCOL.TXT kann jederzeit gelöscht oder z.B. mit dem NOTEPAD (Start -> Ausführen -> NOTEPAD) etc. editiert werden und Kommentare könnten eingefügt werden. Auch beim Wechsel auf eine andere Version des Programmes wird das Protokoll-File einfach fortgeschrieben.

Bemerkung:

beim Start des Programms wird eine Kommentarzeile abgefragt (man kann auch hier nichts eingeben). Diese Kommentarzeile wird dann zusätzlich als Trennung zwischen den einzelnen Tauchgängen im Protokoll-File gezeigt, zusätzlich wird automatisch zur besseren Kennzeichnung auch noch das aktuelle Systemdatum eingefügt.

21 „D“ versus „A“

Mit „d“ wird, wie oben gezeigt, immer ein instantaner Druck-Sprung simuliert. Dies ist auch i.d.R. bei Standard-Tabellen so. Ein Aufstieg unter Berücksichtigung der Aufstiegsrate geschieht mit „a“:

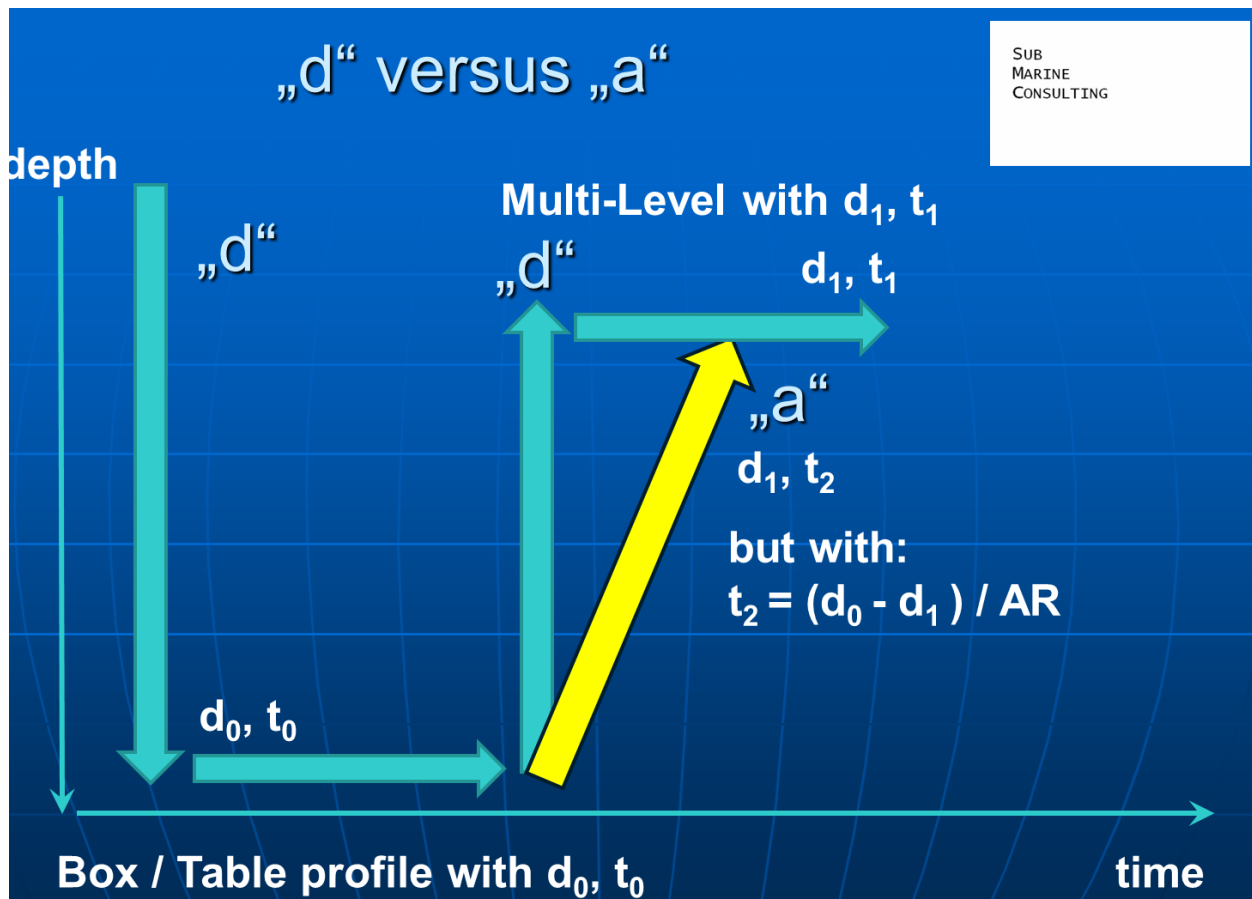


Abbildung 21-1: D versus A

22 Deko-Prognosen

Bei Druckreduktionen (Auftauchen mittels „a“ oder „d“) werden automatisch einfache Deko-Prognosen angezeigt, sofern die aktuelle Tauchtiefe grösser 2 m beträgt und die allfälligen „NDL“ abgelaufen sind! Die Basis ist die aktuell geladene Koeffizienten-Matrix (Befehl „HC“ oder „NC“, aber nur, wenn ihr was ändern wollt!). Per default (also, wenn ihr nix ändert) werden die Bühlmann-Hahn Koeffizienten von 1993 benutzt. Diese Prognose würde auch ein Tauchcomputer anzeigen, sobald die NDLs abgelaufen sind und die allfällige Deko-Pflicht beginnt.

Zusätzlich könnte man jetzt mit „S“ oder „PMRC“, „ASY“ oder auch „OC“ andere Simulationen gegen diese Standard-Prognose laufen lassen um die qualitativen oder auch nur quantitativen Änderungen festzustellen.

Ganz wichtig:

die berechneten Kompartimentsättigungen werden durch keines der Prognose- / Simulationstools geändert! Im Klartext: egal welches Modell ihr wählt oder wann welche Simulation berechnet wird: die dem Tauchprofil entsprechenden Werte („Z“) werden nicht beeinflusst! Dies ist wichtig, da ihr nur so „ungestört“ weiter tauchen / planen könnt und da es ja eine Vielzahl von Simulationstools gibt ...

Da Bühlmann ([4], [5] bzw. [65]: 2002, S. 165) in die Tabellenberechnung noch einen Sicherheits- bzw. Korrekturfaktor ($\text{Rechentiefe} = \text{Tiefe} * 1,03 + 1 \text{ m}$) miteinfließen läßt, kann man diesen über den Befehl „B“ nachbilden. Diese Korrektur gilt dann global und solange das Programm läuft bzw. bis mit „CLR“ alles wieder auf die Anfangswerte zurückgesetzt wird.

23 deco stress / PrT

Von Hempleman et al. gibt es ein einfaches Kriterium, die physiologische Belastung durch Dekompression (deco stress) zu erfassen: PrT; mit:

$$\text{PrT} = P_{\text{amb}} * \text{Squareroot} (T)$$

P_{amb} ist der Druck auf Arbeitstiefe in Bar, T ist die Tauchzeit des Segmentes in min. Wird $\text{PrT} > 25$, steigt die P(DCS) signifikant. DIVE addiert die PrT-Werte aller Segmente, ist $\text{PrT} > 25$ wird es bei „P“ rot eingefärbt.

N.B.: d.h. diese Summation ist für Multi-Level Profile ausgelegt. Wenn ihr ein langes Profil in mehrere kürzere Segmente, z.B. mit demselben Druck aufteilt, u.U. wegen Änderungen in den Umgebungsbedingungen oder Gemischwechseln, wird die Dosis eben mit der Wurzel aus der Anzahl der Segmente normiert. Bsp.: ihr macht aus einem 100 min TG 4 Segmente a 25 min, dann wird ist der Normierungsfaktor $4^{1/2} = 2$.

Über warum, wieso und Vergleich mit anderen Methoden, eine Inertgas-Dosis abzuschätzen dient die Dokumentation auf RESEARCHGATE:

Technical Report 2024_07:

[On the Calculation of an Inert Gas Dose \(10.07.2024\)](#)

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32062.29769>

24 Rebreather (SCR)-Tauchgänge simulieren

Selbstverständlich können auch TG für halbgeschlossene Kreislaufgeräte (semiclosed rebreather, SCR), geplant & simuliert werden. Das funktioniert deshalb, weil bei SCR's genau wie beim offenen System (SCUBA) der Inertgaspartialdruck linear mit der Tiefe geht (bei CCRs wird ja der Sauerstoffpartialdruck konstant gehalten). Lediglich der veränderte Stickstoffgehalt des Atembeutels beeinflusst die Stickstoffsättigung: wir dürfen also nicht mit dem Gehalt des Pre-Mixes (aus der Flasche) rechnen! Es muß die Anstrengung berücksichtigt werden: über den Sauerstoffverbrauch muß eine sinnvolle Annahme getroffen werden und hiermit der Stickstoffgehalt im Atembeutel nach oben korrigiert werden. Eine Faustregel besagt, daß mit durchschnittlicher Anstrengung ca. 80 % des Pre-Mix Sauerstoffanteils im Atembeutel zu finden ist. Bsp.: Pre-Mix eines SCR DOLPHINs sei ein Nitrox 40, 40 % Sauerstoff. Im Atembeutel sind dann nur noch ca. $40 * 0,8 = 32$ % Sauerstoff vorhanden: der Stickstoffanteil des geatmeten Gemisches ist also von 60 auf 68 % gestiegen! Wir müssen also bei der Eingabe des Gemisches (M) statt 0,4 0,32 eintippen! (Bem.: natürlich kann man auch, mit entsprechender Mühe, CCR TG simulieren. Beim CCR wird der O_2 Partialdruck konstant gehalten. Der Wert für die Tiefe sei z.B. $pO_2 = 0,7$ Bar (lower, deep SET POINT). Tauchen wir auf 40 m und wollen diesen pO_2 erreichen muß über „M“ folgender O_2 -Anteil gesetzt sein: 0,14; und zwar ausschließlich und für die Dauer dieser Tiefenstufe. Wird über „D“ oder „A“ die Tiefe verändert, muß vorher wieder über „M“ der Sauerstoff-Anteil korrigiert werden!

25 “O” = Time-to-Flight und Entsättigung

Die „time-to-flight“ (Zeit des Flugverbotes) und die totale Entsättigungszeit wird über: „O“ ausgegeben. Hier nochmals der Hinweis auf den Unterschied zwischen time-to-flight und der

kompletten, totalen Entsättigung: letztere ist eigentlich mathematisch erst nach einer unendlich langen OFP möglich wegen der Exponentialfunktion: es muß also mit einem künstlichen Grenzwert gerechnet werden. Dieser Grenzwert ist sehr klein (z.b. 1/1000) und deshalb dauert die Entsättigung entsprechend lange. Hier rechnen wir mit 1/2 der täglichen durchschnittlichen Luftdruckschwankungen, die im Mittel 0,02 Bar (20 mbar) betragen. Unser Grenzwert lautet somit genau 10 mbar.

Der Grenzwert für das Flugverbot ist vorgegeben, nämlich als minimaler Kabinendruck. Dieser beträgt, wie Ihr jetzt aus dem Kurs wißt, ca. 0,58 bar und ist somit sehr, sehr viel größer als das o.g. 1/1000:

```

was jetzt?o
I: 1 Entsättigungszeit: 11.58 min.      Zeit bis Flug: 0.00 --
I: 2 Entsättigungszeit: 28.62 min.      Zeit bis Flug: 0.00 --
I: 3 Entsättigungszeit: 52.73 min.      Zeit bis Flug: 0.00 --
I: 4 Entsättigungszeit: 85.21 min.      Zeit bis Flug: 1.86 min.
I: 5 Entsättigungszeit: 2.14 h.         Zeit bis Flug: 16.81 min.
I: 6 Entsättigungszeit: 3.02 h.         Zeit bis Flug: 38.84 min.
I: 7 Entsättigungszeit: 4.15 h.         Zeit bis Flug: 64.19 min.
I: 8 Entsättigungszeit: 5.58 h.         Zeit bis Flug: 92.84 min.
I: 9 Entsättigungszeit: 7.34 h.         Zeit bis Flug: 2.01 h.
I:10 Entsättigungszeit: 9.12 h.         Zeit bis Flug: 2.51 h.
I:11 Entsättigungszeit: 10.87 h.        Zeit bis Flug: 3.02 h.
I:12 Entsättigungszeit: 12.82 h.        Zeit bis Flug: 3.75 h.
I:13 Entsättigungszeit: 14.97 h.        Zeit bis Flug: 4.85 h.
I:14 Entsättigungszeit: 17.36 h.        Zeit bis Flug: 6.63 h.
I:15 Entsättigungszeit: 19.93 h.        Zeit bis Flug: 8.40 h.
I:16 Entsättigungszeit: 22.66 h.        Zeit bis Flug: 11.74 h.
was jetzt?

```

Abbildung 25-1: Entsättigung und Flugverbot ("O")

Die Entsättigungszeit, die ein durchschnittlicher Tauchcomputer ausgeben würde, wäre jetzt das Maximum aus der ersten Spalte, gerundet 23 bis 24 h. Hierfür ist i.d.R. immer das Kompartiment # 16 verantwortlich.

Die Flugverbotszeit berechnet sich aus dem Maximum der letzten Spalte: das Kompartiment # 16 hat 11,74 h ein Tauch-Computer würde also ca. 12 bis 14 h als minimale Flugverbotszeit (time-to-flight) ausgeben.

Hiervon völlig unberührt bleiben natürlich die UHMS Empfehlungen über „Fliegen nach dem Tauchen“, nämlich die 24 h zu warten!!! (siehe Kapitel 5 des Skriptes zum Computer/Tabellen Spezialkurs).

26 Oberflächen-Modus / TG Planer / rollierende NDL Tabelle

Fast alle Tauchcomputer bieten die o.g. Features an: i.d.R. zeigt der Computer, sobald er im Oberflächenmodus ist, die sogenannte „rollierende Nullzeit Tabelle“ an, d.h. mit fortschreitender Entsättigung während der OFP werden die NDLs in den üblichen 3-m Abständen ausgegeben. Selbstverständlich können wir das mit DIVE ebenfalls simulieren, indem wir während der OFP (Tauchtiefe = 0) einfach eine Entsättigung (mittels „e“) rechnen lassen: nach jedem „Deko-Stopp“ auf der Tauchtiefe 0 wird einfach über „t“ die gerade gültige Tabelle der NDLs ausgegeben. Das gilt auch dann, wenn der nachfolgende TG ein NITROX TG sein soll: einfach über „m“ das gewünschte Gemisch eingeben und mit „t“ die verlängerten NDLs angucken. Während der OFP werden die %CNS Werte entsprechend der allgemein akzeptierten HWZ für Sauerstoff von 90 min. reduziert! (Noch eine Bemerkung zu %CNS: diese können auch über 100 sein. Darüberhinaus benutzen wir in DIVE die CNS Werte der US Navy, diese gehen bis

ca. 2,5 atm!). Die HWZ von O₂ kann, gemäß NOAA, geändert werden (siehe das entsprechende Kapitel).

27 respiratorischer Quotient

Über den sogen. „respiratorischen Quotienten“ können Belastung bzw. Typ der Ernährung eingestellt werden: $0,5 < R_q < 1,5$. Bei kleinem R_q (Fettstoffwechsel, durchschnittliche Belastung) sinkt die Ceiling als solches: d.h. der Ceiling Wert wird größer und damit sinkt eben die maximal tolerierte Tiefe. Bei größerem R_q (Kohlehydratstoffwechsel, hohe Belastung) steigt die Ceiling, d.h. der Ceiling-Wert [in m] wird kleiner und damit näher an die Oberfläche verlegt! Der Default für den R_q ist = 1 (Bühlmann, Hahn und v.a.m.), andere sehen das anders: z.B.: U.S.N. = 0,9. Die genauen Hintergründe für dieses Verhalten und die Details sowie die Formeln hierzu heben wir uns für den „deco workshop“ auf ...

28 Bergseetauchen

Zum Verändern des Umgebungsluftdruckes (default ca. 1 Atmosphäre, 1.013 mbar) den Buchstaben „L“ (wie Luftdruck) eingeben, dann die Eingabe des gewünschten Luftdruckes. Faustregel: pro 1000 m Höhenzunahme: Druckabnahme um ca. 0,1 Bar, d.h. bei einem Bergsee auf 2.000 m Höhe wäre die Eingabe dann 0.8. Wenn ihr dann sofort spaßeshalber „T“ eingibt, seht ihr die entsprechende NDL-Tabelle für den Bergsee. Bsp.: um die NDL Werte für eine Bergseetabelle bis 1.500 m Höhe zu erhalten, bei „L“ einfach „0.85“ eingeben, dann mit „T“ die Tabelle anschauen: es sind die identischen Nullzeiten wie in der DECO 92 / DECO 2000 Bergseetabelle 701 – 1.500 m, also ohne Adaption; d.h. ohne die mehrstündige Höhenanpassung.

OBACHT: die Methode, die hier verwendet wird, ist die selbe, mit der Bergseetabellen aus dem Stamme ZH-83, ZH-86, Deco '92 und DECO 2000 erzeugt werden. Diese Methode wird als sogenannte „LEM“ bezeichnet. LEM bedeutet: **L**ineare **E**xtrapolation der **M**-Werte. Ob dies tatsächlich die Methode der Wahl ist, bleibt abzuwarten: es liegen halt zuwenige Daten vor. Eine in der freien Wildbahn gefundene Bergsee Tabelle, gleich mit tiefen Stopps (= deep stop) ist diese hier, von SAA:

The SAA Bühlmann DeeP-Stop Table 3, Altitude 701 - 2500m

Air Decompression Tables 701-2500 Metres Above Sea Level
For non-tabulated depths use the next deeper value or Go for Gold

Depth (m)	BT (min)	DeeP and all other Stops (metres/minutes). Rise-times (min)					Exit RG
9	135	-	-	-	-	2/2 3.0	6
13	-	15/1 3.0	6/1 5.0	4/1 6.0	2/1 7.0		E

Abbildung 28-1: SAA DeeP Stop @ altitude

		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	
	15	-	15/1 3.0	6/1 5.0	4/1 6.0	2/1 7.0	E
	20	-	15/1 3.0	9/1 4.0	4/1 6.0	2/4 10.0	F
30	25	15/1 3.0	9/1 4.0	6/1 6.0	4/2 8.0	2/8 16.0	G
	30	15/1 3.0	9/1 4.0	6/1 6.0	4/5 11.0	2/12 23.0	H

Abbildung 28-2: SAA DeeP Stop: Auszug für 30 m

Andere Tabellen, wie z.B. PADI / USN Tabellen, NAUI oder auch die DCIEM benutzen die sogenannte „CRT“ (**C**onstant **R**atio **T**ranslation), besser bekannt unter dem Namen „Cross Correction“ nach dem Namensgeber Ellis Royal Cross (1913 – 2000). Es wird eine fiktive Tauchtiefe (Vergrößerung der Plan-Tauchtiefe im Bergsee) benutzt. Auf jeden Fall gibt es noch andere, vielversprechende Methoden, die wir selbstverständlich im „deco workshop“ genauestens analysieren. Welche dieser Methoden (es gibt ja auch noch ein paar andere ...) denn nun besser oder sicherer ist, kann gegenwärtig nicht entschieden werden, da, wie immer, viel zu wenig belastbare Daten vorliegen.

29 Adaption / Anfahrtsrampe

Wenn ihr beim obigen Beispiel jetzt über „Z“ oder „P“ die Kompartimente kontrolliert, stellt ihr fest, daß diese „NDL“ für die Sättigung bei Meereshöhe gelten. Wollt ihr eine Anfahrtsrampe simulieren bzw. die Höhenanpassung, d.h. den längeren Aufenthalt in der gewählten Höhe, dann einfach einen Deko-Stopp bei Tauchtiefe 0 wählen. Kontrolliert mit „Z“ oder „P“ wie mit länger andauernder Adaption die Kompartimente die geringere Sättigung bedingt durch den geringeren Luftdruck in der Höhe annehmen.

30 Error / Out-of-Range

Ein ganz wesentlicher Unterschied zu „lebenden“ Tauchcomputern ist das Verhalten im Fehlerfall. Wenn ihr zu lange zu rasch auftaucht oder Deko-Stopps zu lange mißachtet (die max. erlaubte Druckdifferenz von etwa 0,8 Bar darf im „echten Leben“ für ca. 2 – 3 min. erreicht werden) oder eine sonstige Begrenzung der Hardware überschreitet, z.B. zu große Tauchtiefe und zu lange Tauch- / resp. Deko-Stopp Zeiten, verabschieden sich die Kisten in der Regel. Entweder über Error / Out-of-Range oder SOS Anzeigen oder über 12 – 24 – 48 stündiges Zwangsabschalten oder das Einfrieren der Dekompressions-Analyse mit gleichzeitigem Rücksturz in den „Gauge“-Modus (nur noch Tiefe / Zeit im Display). Bei DIVE wird sowas normalerweise verhindert über zwei Text-Ausgaben mit den Aufforderungen: „Zuerst ganz austauchen“ bzw. „Deko-Stufe tiefer wählen“. Dies passiert immer dann, wenn die pure Mathematik Kopf stehen würde, also bei Divisionen durch Null oder beim Logarithmus aus negativen Zahlen.

31 Prebreathing

Darunter wird das Atmen von reinem Sauerstoff vor dem TG verstanden. Es dient nicht nur zur weitergehenden Sauerstoffsättigung, sondern die schnellen Kompartimente werden „vor-entsättigt“! Ein 15-minütiges prebreathing Intervall können wir einfach so simulieren:

„m“ = 1.0 dann: „d“ mit Tiefe = 0.0 und Zeit = 15.

Mit „p“ kontrollieren wir, ob die Kompartimente tatsächlich entsättigt sind und machen nun einen TG, oder wir checken mit „n“ und der Wunsch-Tiefe lediglich die verlängerten Nullzeiten.

32 Verdünnungs-Hypoxie

Ganz ähnlich gelagert sind die Themen „Verdünnungs-Hypoxie“ das Rebreather-Diver erwischt, wenn der Kreisel nicht sauber gespült ist („flushing the loop“) und Effizienz der Masken-Atmung (z.B. mit BIBS in der Deko-Kammer). Die obige Kommando-Folge liefert folgendes Ergebnis:

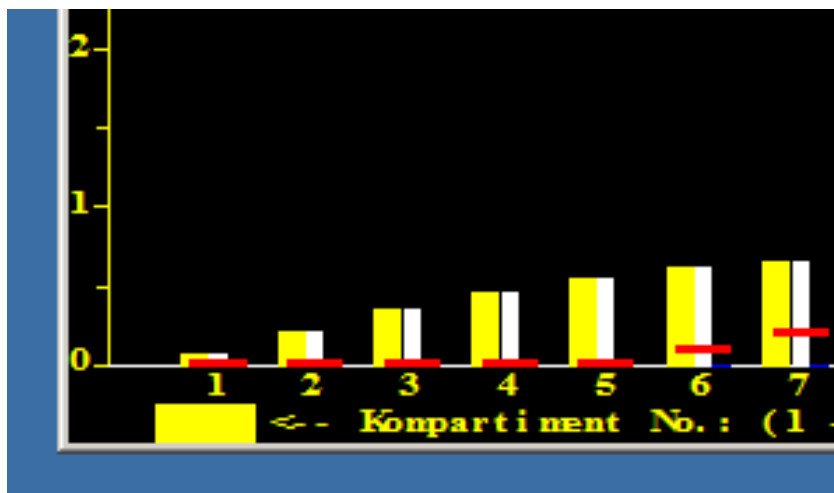


Abbildung 32-1: Pre-Breathing, Verdünnungs-Hypoxie, BIBS, I.

Das dazugehörige Zahlenwerk (mit „z“) sieht so aus:

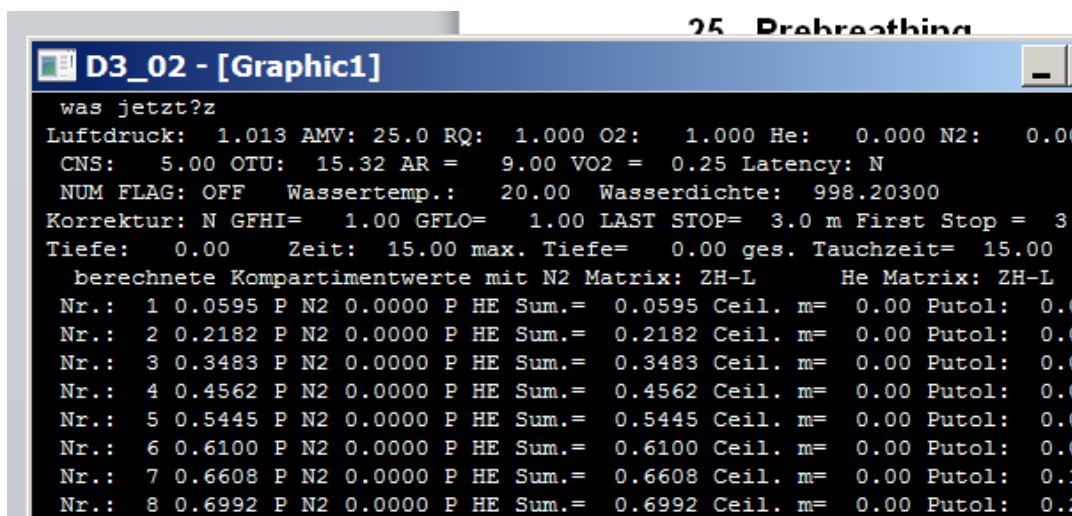


Abbildung 32-2: Pre-Breathing, Verdünnungs-Hypoxie, BIBS, II.

Wenn man jetzt noch sinnvolle Annahme über Volumen und Löslichkeitskoeffizienten der ersten paar Kompartimente macht, kann man über das Henry'sche Gesetz errechnen, wieviel N₂ jetzt in der Loop ist und den eigentlich gewünschten Mix verdünnt; oder, wieviel ml N₂ der Körper jetzt losgeworden ist.

33 Isobare Gegendiffusion

Ähnlich wie o.g. Prebreathing oder die Anfahrt zum Bergsee kann man auch eine isobare Gegendiffusion (ICD), z.B. an der Oberfläche simulieren:

über „m“, „.2“, „.8“ wird ein normoxisches Heliox vorgegeben, danach einfach bei Tiefe 0 mit „d“ oder „e“ die Gasaufnahme berechnen lassen. Wählt ihr kleine Zeitintervalle bei der Zeitabfrage, könnt ihr mit „p“ zuschauen, wie sich der „Helium-Berg“ (blaue Balken) von links nach rechts nacheinander durch alle Kompartimente „durcharbeitet“; die Übersättigungen relativ zum anliegenden Umgebungsdruck könnt ihr für jedes Kompartiment bequem über „z“ verfolgen. Graphisch wird die Übersättigung durch den weissen Balken der Summe der Inertgase dargestellt; erkenntlich an dem Teil, der über die weisse Linie hinausragt.

Wie bereits oben erwähnt: bei „m“ kann es eine „ICD Warning“ geben in Abhängigkeit der Größe der Partialdruckdifferenz!

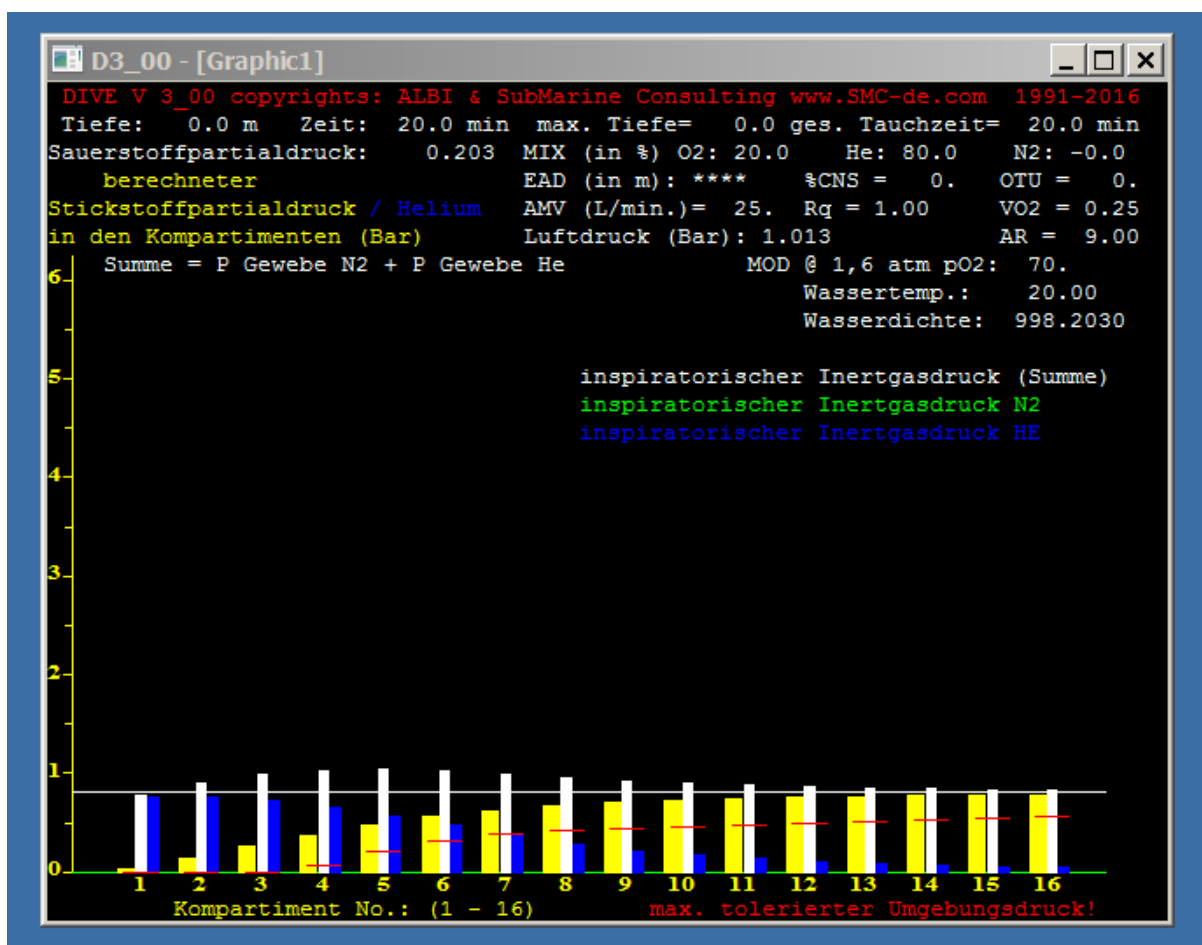


Abbildung 33-1: Isobare Gegendiffusion (ICD) mit normoxischem Heliox nach 20 min.

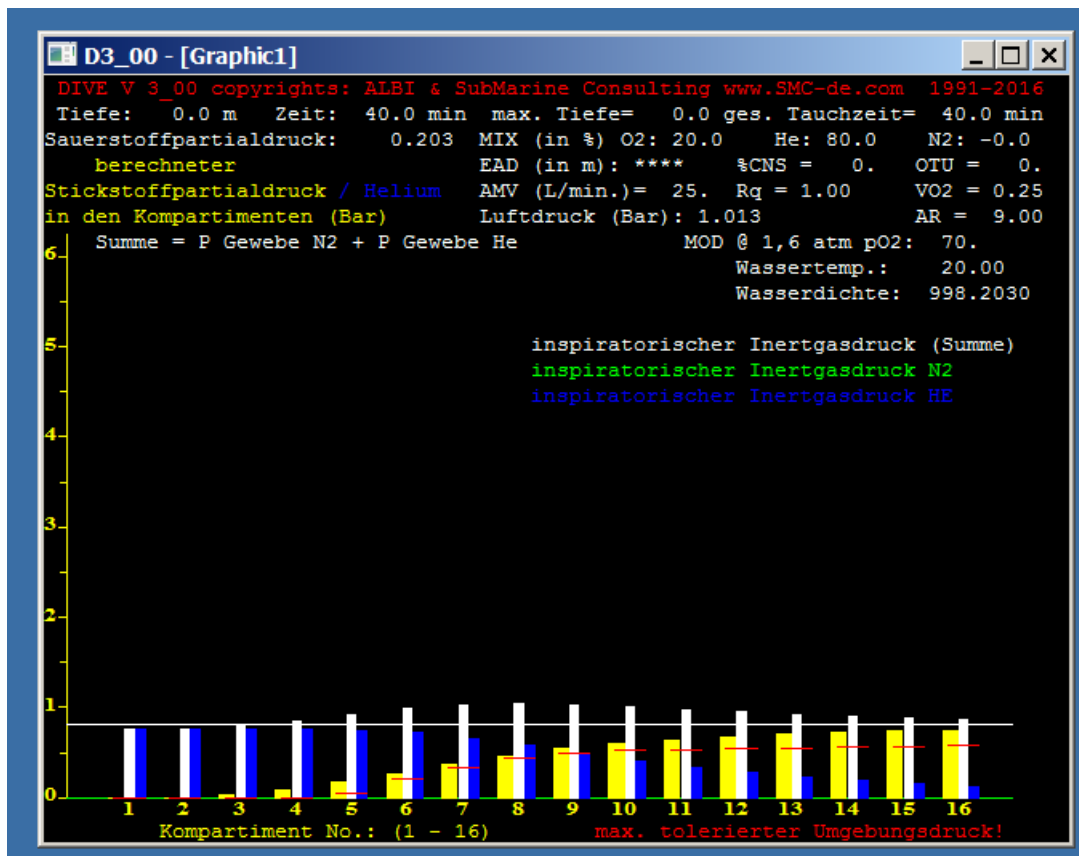


Abbildung 33-2: ICD an der Oberfläche nach weiteren 40 min.

Dies funktioniert natürlich auch bei der umgedrehten Reihenfolge, z.B. nach einem Heliox- oder Trimix-TG wird in der Deko auf EAN gewechselt: die hierbei entstehende Untersättigung kann zur beschleunigten Dekompression benutzt werden!

Die Berechnungen zur ICD, wie überhaupt alle Mischgase-Berechnungen, beruhen für Helium auf einer um den Faktor 2,65 reduzierten HWZ gegenüber N2. Die Begründung folgt aus dem „Graham’schen Gesetz“. Ob dies allerdings der Renner ist, bleibt abzuwarten: es liegen eben zu wenig nachprüfbar Daten für ernsthafte Trmix Tauchgänge vor. Es gibt bereits genügend experimentelle Hinweise, daß diese sogenannte „Helium Penalty“ (Strafe für Helium über tiefer & längere Stopps) nicht haltbar ist.

Mehr dazu, Hintergründe, die Formeln und Bilder (wer hätte es gedacht?): wie immer im „Deko Manual“ ...

34 Hinweise zu den Simulationen: die Tool Box

Mit:

„S“

(wie „Simulation“) werden zwei unterschiedliche Austausch-Strategien / Deko-Szenarien simuliert:

- Sicherheitszuschläge
- Konservatismus-Faktoren

Sicherheitszuschläge sind lediglich prozentuale Aufschläge zu den bereits berechneten Deko-Zeiten, kann eigentlich jeder im Kopf selber machen, sobald der Computer was anzeigt bzw. wenn ihr eine Planung mit der Tabelle macht. Die Zuschläge sind aufgerundet zur nächstgrößeren, ganzen Minuten-Zahl und betragen:

15, 20 und 25 %

Die Konservatismus-Faktoren (a la Methode COCHRAN, SUUNTO oder MARES) sind prozentuale Aufschläge auf die berechneten Kompartiment-Sättigungen. Üblicherweise kann man diese Prozentzahlen auch genau so in den genannten Tauch-Computern resp. den dazugehörigen Desktop-Deco-Software bei den Menues für „Alter“, „Fitness“ etc., eingeben. Die Aufschläge betragen 5, 10, 15 und 20 %. Aus den erhöhten Sättigungen berechnen sich dann ebenfalls verlängerte Deko-Stopps.

Mit:

„PMRC“

(wie „Proportional M-Value Reduction Concept“) wird ein anderes Deko-Szenario simuliert. Das PMRC ist ca. 2001 im DSL (Diving Safety Laboratory) gemeinsam von DAN / UWATEC entwickelt worden. Es bedeutet die Reduktion (Verringerung) der M-Werte (maximale Inertgasdrücke). Proportional bedeutet in diesem Zusammenhang proportional zu Lambda, also umgekehrt proportional zur Halbwertszeit. Im Klartext: je kürzer die HWZ desto größer die Reduktion! Das PMRC Szenario wartet deshalb mit tiefen Stopps und langen Deko-Zeiten auf!

Asymmetrische Entsättigungen und der R/L Shunt: durch Mikrogasblasen verzögerte Entsättigung kann mit dem Befehl:

„ASY“

(wie: asymmetrisch) simuliert werden. Dies geschieht in der Tiefe als auch während der OFP; eine weitere Asymmetrie kann über den Befehl:

„OC“

eingefügt werden. Hierbei werden die sogenannten Oxygen Correction Factors (Sauerstoff-Korrektur Faktoren) benutzt. Übersteigt die Dekompression mit reinem Sauerstoff (auf den 3 und 6 m Stufen) die 15 min. Marke, wird zusätzlich noch die Luftpause (AIR BREAK) mitberechnet und auch in der TTS ausgegeben. Bsp. TG: 50m, 30 min, Tmx 20/60/20. "a" bzw. hernach "ad":

```

Deko Prognose:
18m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp. #: 5
15m Stopp Prognose Dekozeit: 3.00 Komp. #: 5
12m Stopp Prognose Dekozeit: 6.00 Komp. #: 6
9m Stopp Prognose Dekozeit: 11.00 Komp. #: 7
6m Stopp Prognose Dekozeit: 20.00 Komp. #: 9
3m Stopp Prognose Dekozeit: 45.00 Komp. #: 11
TTS = 91.00
was jetzt?ad
Accelerated Deko Prognose:
18m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 50): 1.00
15m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 75): 3.00
12m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 75): 3.00
9m Stopp Prognose Dekozeit (EAN 75): 5.00
6m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 6.00
3m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 12.00
TTS = 35.00
AD Deko Prognose, mit Sauerstoff-Korrekturfaktoren:
18m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 1.00
15m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 4.00
12m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 4.00
9m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 7.00
6m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 8.00
3m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 16.00
3m Stopp Prognose Dekozeit (OC): 16.00 + AIRBREAK!: 6
TTS = 45.00
TTS + AIRBREAKs = 51.00
was jetzt?

```

Abbildung 34-1: Tmx TG mit accelerated deco, Sauerstoff-Korrektur & "Air Breaks"

Wenn mit EAN Gemischen statt mit normoxischem Backgas ausgetaucht wird, verringert sich die TTS von ca. 90 min auf 35. Werden die Sauerstoff-Korrektur Faktoren (verringerte Inertgaselimination durch Bradycardie & Vasoconstriction aufgrund des hohen pO_2) berücksichtigt, dann steigt die TTS wieder auf ca. 45 bzw. bis 51 mit einem „Air Break“ („oc“, das folgende Bildchen).

Werden jetzt auch noch die empfohlenen "Air Breaks" zur Unterbrechung bei 100% O_2 -Atmung berücksichtigt so landen wir bei ca. 68 min. Dies ist zwar immer noch eine deutliche Verkürzung gegen die Backgas-Deko mit 90 min, aber fast doppelt solange, wie andere Standard-Dekoprogrammchen die accelerated deco ohne Sauerstoff-Korrekturen mit ca. 35 min berechnen:

```

was jetzt?oc
OC Deko Prognose, 100% O2 ab 6m:
18m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00
15m Stopp Prognose Dekozeit: 4.00
12m Stopp Prognose Dekozeit: 5.00
9m Stopp Prognose Dekozeit: 10.00
6m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 8.00
3m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 15.00
TTS = 48.00
OC Deko Prognose, mit Sauerstoff-Korrekturfaktoren:
18m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 1.00
15m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 5.00
12m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 7.00
9m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 13.00
6m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 11.00
3m Stopp Prognose Dekozeit ( OC ): 20.00
3m Stopp Prognose Dekozeit (OC): 20.00 + AIRBREAK!: 6
TTS = 62.00
TTS + AIRBREAKs = 68.00
was jetzt?

```

Prinzipiell geben dann beide Verfahren eine verlängerte Deko-Prognose aus bzw. während der OFP zum Vergleich eine symmetrisch berechnete NDL Tabelle (kann auch über „T“ kontrolliert werden).

Ein funktionaler, also über die Ventilation der Lunge (pulmonaler) beeinflusster, Rechts-/Links Shunt (Shunt = Kurzschluß) kann während der OFP von 0 – 180 min. simuliert werden (Befehl: „RL“)

Wie auch bei den o.g. anderen Simulations-Verfahren werden die „ungestört“ berechneten Kompartimentsdrücke nicht manipuliert! Zum leichteren Vergleich werden die „ungestört“ berechneten NDL Tabellen nach der Standard-Methode „symmetrisch“ ausgegeben und sofort dahinter die jeweilige Simulation.

Hintergrund-Info:

bei „ASY“ steckt die Standardasymmetrie der USN mit 120 min. dahinter, die „OC“ stammen ebenfalls aus der Feder der USN. Die Idee der „OC“-Sauerstoff-Korrekturen ist in der Vasoconstriction (Gefäßverengung) sowie in der Bradycardie (Herzschlag-Verlangsamung) bei hohen Sauerstoff-Partialdrücken zu finden. Das Modell für den R/L Shunt ist von Bühlmann (z.B.: [65] auf S. 123, die Kurve des TG # „A“) zu finden). Ab der Version 3_07 haben wir die Anzahl der Stützstellen zur Interpolation im Bereich $0 \leq \text{OFP} \leq 180 \text{ min.}$ auf 12 erhöht. Ebenso kann man den empirischen Gain-Faktor (A.A.B.) zwischen 1,00 und 1,25 anpassen. Weiteres ist unserem „deco workshop“ zu entnehmen resp. dem dazugehörigen Manual (zu bestellen per e-Mail, siehe den [Katalog](https://www.divetable.info/Flyer/Katalog.pdf) unter: <https://www.divetable.info/Flyer/Katalog.pdf>).

35 R-/L Shunt: „rl“ & „bsc“

Mit „rl“ erhalten wir, siehe oben, nur eine einfache Simulation eines pulmonalen Rechts-/Links Shunts (R-/L shunt) während der OFP / SI von 0 bis 180 min. Ist die OFP/ SI länger als 3 h, verschwindet der Effekt langsam (nach Bühlmann; Quelle:

➔ [65], S. 123.

Die Ausgabe ist einfach eine korrigierte „NDL“ Tabelle. Als Basis dient die Kurve D des R-/L Shunt-Modells von S. 123. Diese Kurve haben wir mit einer nicht-linearen Funktion gefittet:

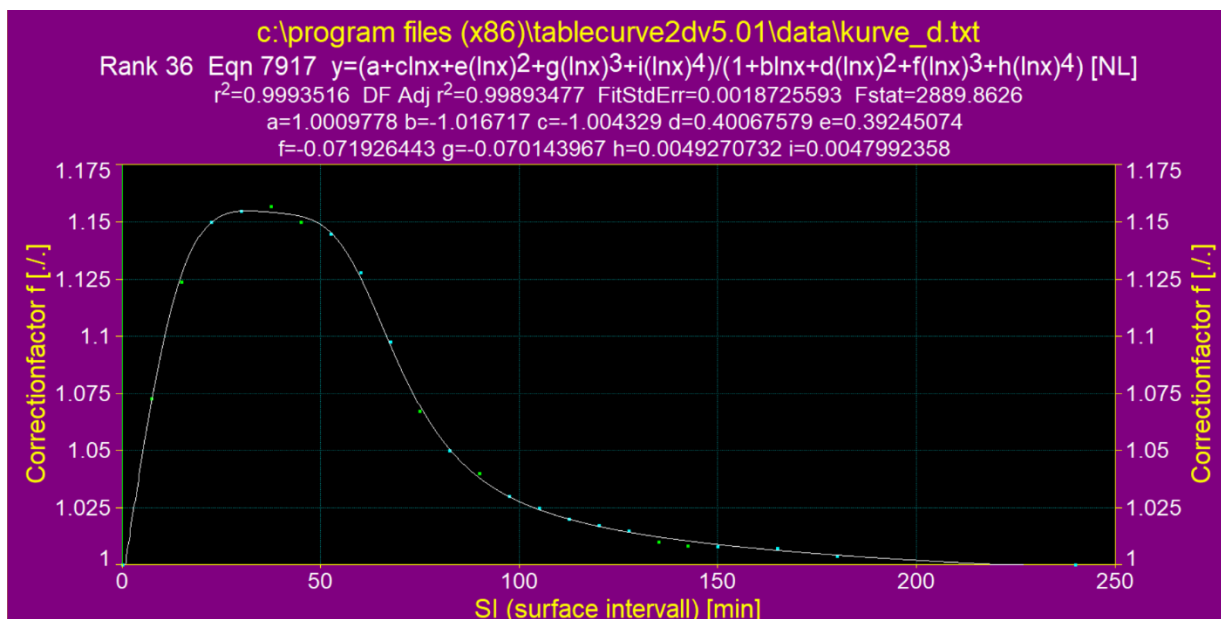


Abbildung 35-1: R-/L Shunt-Modell von A.A.B.

Die echte numerische Simulation eines funktionalen R-/L Shunts zur Veränderung der aktuellen Sättigungen zu einem beliebigen Zeitpunkt beim tauchen wird hingegen durch „bsc“ (wie „Bühlmann Shunt Correction“) gestartet: wir haben das allerdings für N₂ UND Helium gemacht (im Gegensatz zur Quelle!).

Der hierbei abgefragte %-Wert entspricht den Angaben aus der Quelle von AAB.

Weitere Details hierzu:

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23856.74245>

36 Experten Modus: die Koeffizienten Matrix

Unter der Koeffizienten Matrix ist folgendes zu verstehen: es handelt sich um die Zusammenstellung der wesentlichen Parameter die für sämtliche „Post Haldane“ Perfusions-Deko-Algorithmen ähnlich sind. Post Haldane sind, in etwaiger zeitlicher Reihenfolge nach John Scott Haldane:

Robert Dean Workman → Heinz R. Schreiner → Siegfried Ruff & Karl-Gerhard Müller → Robert William Hamilton → Edward Deforest Thalmann → Albert Alois Bühlmann → Max Hahn

Tabelle 4: Post Haldane Perfusionsmodelle

(Viele nette Geschichtchen, Bilder & Formeln dazu: im „deco workshop Manual“ ...)

TAU ist die HWZ, A und B die jeweiligen Kompartimentskoeffizienten, d.h. die Achsenabschnitte und (Kehrwerte) der Steigungen der linearen Kompartimentsgleichungen, GF HI und GF LO die Gradientenfaktoren High und Low. Wie die a- und b- Koeffizienten aus den Bühlmann-Hahn-et al. -Modellen in die M und DeltaM (M₀, Δ M) -Werte von Bob Workman & Heinz Schreiner umzurechnen sind, habt ihr bereits im Kurs gelernt und was die GF HI & GF LO bewirken ebenfalls. Diese Matrix kann man nun ändern mit:

„NC“

(„.C“ wie Koeffizient auf englisch...) für die N₂/Stickstoff-Koeffizienten sowie

„HC“

für die He/Helium-Koeffizienten. Man wird man in einen Dialog mit den folgenden 15 Optionen geführt (bzw. 7 für Helium, siehe übernächstes Bildchen):

1. die original Bühlmann Koeffizienten (default) nach ZH-L 16C von 2002 für Tauchcomputer
2. Hahn Koeffizienten, in etwa nach der DECO 2000 Tabelle
3. es wird eine Datei namens: N2COEFF.TXT (für Stickstoff) bzw. HECOEFF.TXT (für Helium) eingelesen. Diese müssen eine bestimmte Form haben und an einem bestimmten Platz stehen, sonst geht's halt nicht!
4. United States Navy, Methode Workman von 1965
5. ebenfalls USN: aber Methode von 2008, gemäß dem Koeffizientensatz namens „VVAL18“
6. nochmals USN, das aktuelle „VVAL76“, angepaßtes Subset -1
7. original Bühlmann Koeffizienten nach ZH-L 16B (a- & b Werte zur Tabellenberechnung)
8. original Bühlmann Koeffizienten nach ZH-L 12 (1983)

9. von Max Hahn modifizierte Koeffizienten für den Deco-Brain II®, Programm Version P2-2 von 1985
10. & 11. sind ebenfalls File-Optionen, analog zur Option 3, lediglich die Koeffizienten-Matrizen heißen anders: F10.TXT für die Option 10 und halt eben F11.TXT für die Option 11
12. ist die Option für die Koeffizientenmatrix für die französischen Tabellen MT92 (Ministere du Travail 1992)
13. der angepaßte Koeffizientensatz für eine lineare DCIEM Simulation wird geladen (und damit gleich die Wasserdichte auf den USN Standard hochgesetzt!)
- 14: USN VVAL-76 Koeffizientensatz
- 15: TONAWANDA IIa Koeffizientensatz aus dem DCAP Manual Version 6.6 (2002) (allerdings mußten diese umgerechnet & angepaßt werden, da DCAP seine eigene Philosophie hat: Details im „deco manual“!) sowie da:

Technical Report 2024_09:

TON IIa : on the use of the TONAWANDA IIa coefficients set (03.09.2024)

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28305.24165>

```

was jetzt?nc
Input of N2 coefficient matrix:
1 = Buehlmann ZH-L 16C Computer,
2 = Dr. Max Hahn,
3 = File: N2COEFF.TXT,
4 = U.S. Navy 1965,
5 = USN: VVAL18,
6 = USN: VVAL76-1,
7 = Buehlmann ZH-L 16B table,
8 = Buehlmann ZH-L 12 (1983),
9 = M. Hahn DECO-BRAIN P2-2, (1985),
10 = File: F10.TXT,
11 = File: F11.TXT,
12 = MT92,
13 = ES-L 16D DCIEM Simulation,
14 = USN: VVAL79,
15 = TONAWANDA IIa ?

```

Abbildung 36-1: 15 Optionen der Koeffizienten-Matrix ("NC")

Allerdings müßt ihr bei den Optionen 4 bis 6 & 14 berücksichtigen, daß die U.S. N. Tabellen für Salzwasser gerechnet sind sowie mit einem anderen R_q und einer erhöhten Aufstiegsgeschwindigkeit. Weiterhin müßt ihr bei den Optionen 5, 6 & 14 über LS den Stopp auf 6 m legen, und „ASY“ berücksichtigen sowie den Startluftdruck und die Aufstiegsraten korrigieren, sonst wird es schwierig mit der Vergleichbarkeit der gedruckten Tabellen. Die Hintergründe sowie die Parameter zu den Optionen 4 bis 6 findet ihr im „Deko Manual“.

Ein paar theoretische Hintergründe sowie die Dokumentation des aktuellen Vergleichs findet ihr auf RG:

→ zum DCIEM: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27420.36480>

→ zu USN Vval-79: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31593.36961>

Dann noch eine bittere Pille (zumindest für die aktuellen Versionen): den Parameter SDR, die Saturation/Desaturation Ratio, also die Verlangsamung der Entsättigung gegenüber der (Auf-)Sättigung bei O₂-Deko, im Original = 0,7, haben wir identisch 1 gesetzt; den „EL-kick in“ Parameter P_{x0} ist auf unendlich ...

Die Unterschiede und die Motivation für die Koeffizientensätze ZH-L 16A, ZH-L 16C sowie 16B werden, wie immer, im „deco workshop“ auseinanderklamüsert ...

(die originalen ZH-L16A Matrizen aus der Theorie sowie die ZH-L 12 und die Deco-Brain P2-2 gibt es auch als separate ASCII-Files zum herunterladen von der BETA Test Seite).

Die 7 Optionen für die Helium-Koeffizientenmatrizen sehen wir da:

```
was jetzt?hc
Eingabe der HE-Koeffizienten Matrix:
1 = Buehlmann ZH-L 16A (2002),
2 = Buehlmann ZH-L 12 (1983),
3 = File: HECOEFF.TXT,
4 = U.S. Navy 1965,
5 = File: F05.TXT,
6 = File: F06.TXT,
7 = Tonawanda IIa ?
```

Abbildung 36-2: die 7 Optionen der Helium-Koeffizienten-Matrix ("HC")

5. & 6. sind ebenfalls File-Optionen, analog zur Option 3, lediglich die Koeffizienten-Matrizen heißen anders: F05.TXT für die Option 5 und halt eben F06.TXT für die Option 6
7. sind die DCAP-Koeffizienten für das Tonawanda IIa Modell

OBACHT:

die Koeffizientenmatrix während einer Simulation zu wechseln bringt völlig falsche Sättigungen, da ja die Anzahl Kompartimente i.d.R. nicht übereinstimmt!
Weiterhin: „CLR“ löscht diese Matrizen mit Absicht **nicht!**

Für die Option 3 gilt:

C:\DIVE\PROT\N2COEFF.TXT
sowie:
C:\DIVE\PROT\HECOEFF.TXT

ist der erwartete Pfad. Aussehen muß das File der Form nach **genau** so (Bsp. für N₂):

#	TAU	A	B	HI	LO
01	4.00	1.2599	0.5050	1.0	1.0
02	8.00	1.0000	0.6514	1.0	1.0
03	12.50	0.8618	0.7222	1.0	1.0
04	18.50	0.7562	0.7825	1.0	1.0
05	27.00	0.6200	0.8126	1.0	1.0
06	38.30	0.5043	0.8434	1.0	1.0
07	54.30	0.4410	0.8693	1.0	1.0
08	77.00	0.4000	0.8910	1.0	1.0
09	109.00	0.3750	0.9092	1.0	1.0
10	146.00	0.3500	0.9222	1.0	1.0
11	187.00	0.3295	0.9319	1.0	1.0
12	239.00	0.3065	0.9403	1.0	1.0
13	305.00	0.2835	0.9477	1.0	1.0
14	390.00	0.2610	0.9544	1.0	1.0
15	498.00	0.2480	0.9602	1.0	1.0
16	635.00	0.2327	0.9653	1.0	1.0



Abbildung 36-3: Beispiel Koeffizientenmatrix für N2

und zwar **GENAU** so, incl. Blanks! Sonst geht's halt auch nicht!

Lediglich als optisches Signal zur Trennung der GF von den Perfusionskonstanten sind die Zeichen (|), s. oben, am roten Pfeil, eingefügt! (Es könnten hier genausogut auch BLANKS oder was ganz anderes stehen!).

Diese Files könnt ihr mit jedem ASCII Editor (z.B.: NOTEPAD; über: Start -> Ausführen -> Notepad) ändern und die Koeffizienten nach eurer Wahl anpassen. Nach dem Einlesen („NC“ oder „HC“ jeweils mit der Option 3 = File) erfolgt sofort eine Wiedergabe auf dem Bildschirm: ihr könnt dann kontrollieren, ob alles so ist, wie es sein soll.... Andernfalls nochmals editieren und nochmals einlesen lassen. Geändert werden können prinzipiell alle Werte für TAU, A und B, und auch, nur für die VGM-Methode, die Gradientenfaktoren pro Kompartiment GF HI und GF LO. Nur die Feldbreite der Zahlen und der jeweiligen Abstand (Blanks) bzw. der Kompartimentindex 1 – 16 darf nicht geändert werden, sonst fällt das Programmchen auf die Nase!

Tipp: es macht wenig Sinn, z.B. die Hahn Koeffizienten nochmals zu verändern und dann das PMRC darüberlaufen zulassen: die Deko-Zeiten steigen lediglich ins Unendliche Ebenso ist der absoluten Veränderung der Bühlmann-Koeffizienten auch eine Grenze gesetzt: ihr wißt das ja aus dem Kurs, daß die a- & b-Koeffizienten mathematisch mit der HWZ verknüpft sind. Es kann aber durchaus Sinn machen, sich die Matrix vom Typ COCHRAN mit den sehr liberalen Werten, die ja in etwa den US Navy Werten entsprechen, herzunehmen und darauf dann eine PMRC Simulation durchzuführen (naja, deshalb heißt diese Option eben „Experten Modus“ ... ☺)

Wird in der Koeffizientenmatrix auch nur einer der GF HI/LO gegenüber 1.0 verändert, wird die Berechnung nach der VGM Methode bemüht, die Ausgabe der Prognose beim Auftauchen sieht dann so aus:

```

Deko Prognose:
12m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp. #: 2
9m Stopp Prognose Dekozeit: 3.00 Komp. #: 3
6m Stopp Prognose Dekozeit: 6.00 Komp. #: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 15.00 Komp. #: 6
TTS = 30.00
GF FLAG: V Deko Prognose nach VGM:
18m Stopp Prognose VGM Deko: 1.00 Komp. : 2 GFHI: 1.00 GFLO: .60 GF = .60
15m Stopp Prognose VGM Deko: 1.00 Komp. : 2 GFHI: 1.00 GFLO: .60 GF = .67
12m Stopp Prognose VGM Deko: 2.00 Komp. : 2 GFHI: 1.00 GFLO: .60 GF = .73
9m Stopp Prognose VGM Deko: 2.00 Komp. : 2 GFHI: 1.00 GFLO: .60 GF = .80
6m Stopp Prognose VGM Deko: 5.00 Komp. : 4 GFHI: 1.00 GFLO: 1.00 GF = 1.00
3m Stopp Prognose VGM Deko: 12.00 Komp. : 5 GFHI: 1.00 GFLO: 1.00 GF = 1.00

```

Abbildung 36-4: Variable Gradient Method (VGM)

Es wird zusätzlich zur VGM Deko-Zeit auf der jeweiligen Deko-Stufe auch noch das hierfür verantwortliche Kompartiment, die benutzten GF HI / LO Werte sowie der aktuell, der für genau dieses Kompartiment wirkende Gradientenfaktor (GF) dargestellt.

Wie funktioniert das?

Zuerst muß die Koeffizientenmatrix, bei einem Luft/EAN-TG die N2COEFF.TXT, editiert werden, dann über „NC“ und Option „3“ (= File) genau diese Datei einlesen und über „a“ die Deko-Prognose berechnen lassen:

```

was jetzt?nc
Eingabe der N2-Koeffizienten Matrix:
1 = Buehlmann, 2 = Hahn, 3 = File
3
Option: 3 gesetzt!
N2 - Kontrollausdruck!
=====
#      TAU      A      B      GFHI      GFLO
1      4.0      1.2599 .5050 1.0      .6
2      8.0      1.0000 .6514 1.0      .6
3     12.5      .8618 .7222 1.0     1.0
4     18.5      .7562 .7825 1.0     1.0
5     27.0      .6200 .8126 1.0     1.0
6     38.3      .5043 .8434 1.2     1.0
7     54.3      .4410 .8693 1.0     1.0
8     77.0      .4000 .8910 1.0     1.0
9    109.0      .3750 .9092 1.0     1.0
10   146.0      .3500 .9222 1.0     1.0
11   187.0      .3295 .9319 1.0     1.0
12   239.0      .3065 .9403 1.0     1.0
13   305.0      .2835 .9477 1.0     1.0
14   390.0      .2610 .9544 1.0     1.0
15   498.0      .2480 .9602 1.0     1.0
16   635.0      .2327 .9653 1.0     1.0

```

Abbildung 36-5: Beispiel für editierte Koeffizienten-Matrix für VGM

Kleine Denksportaufgabe zum Abschluß dieses Kapitels:

wie könnt ihr elegant und mit wenig Aufwand eine Original-Haldane Tabelle nachrechnen?

Tipp: wie müßt ihr A- und B- verändern, damit „2:1“ rauskommt?

Noch'n Tipp:

ab dem 6. Kompartiment nur noch die Werte vom 5. kopieren (mehr hatte ja die Haldane Theorie nicht vorgesehen ...).

Weitere Tipps bzw. erhellende Fragen:

hatte der gute Mann Süß- oder Salzwasser unterm Kiel? Folglich wird die einfache Umrechnung seiner Tiefenangaben von feet in m nicht ausreichen, oder?

Und, BINGO: hatte der nicht einfach den Sauerstoff vernachlässigt, d.h. mit $fN_2 = 1,0$ gerechnet???

Genau! Im Klartext: es müssen alle geometrischen Tiefenangaben der Tabelle, auch die der allfälligen Deko-Stopptiefen, entsprechend umgerechnet werden, z.B. so:
((Tabellentiefe + 10.) / 0,79) – 10. = Rechentiefe

Wer noch mehr Tipps möchte, einfach mal in unserem TechDiving Magazin-Archiv nachschauen:

<https://www.divetable.eu/TDM/index.htm>

Tech Diving Mag, Issue 25 / 2016:

Did Haldane really use his "2:1"?

37 Update per 11/2019:

Ab der **Version 3_06** sind die Kompartiments- & Parameterfiles nicht mehr abwärtskompatibel:

```
Kommentar / Comment:

*****
DIVE V 3_07 ist nicht abwaertskompatibel !
*****

DIVE Version 3_07          11/2019 FTN 77
Intel(R) Visual Fortran Intel(R) 64
Compiler Version 17.0.2.187 Build 20170213
copyright: 1991-2019 @ Dipl. Phys. "ALBI" A. Salm,
PADI Master Scuba Diver Trainer #33913
SSI Advanced & Technical Extended Range
Trimix Instructor #12653
& SubMarineConsulting: www.SMC-de.com
Jegliche Haftung, die aus dem Gebrauch oder den Ergebnissen
des Programms resultiert, ist hiermit ausgeschlossen ! ! ! !
was jetzt?
```

Abbildung 37-1: Begrüßungsnachricht ab Version 3_06

Ab der **Version 3_07** werden die K-Indices zur CNS-OT (CNS Oxygen Toxicity, also die ZNS-Sauerstoffvergiftung) und auch für die P-OT (pulmonale-, Ganzkörper-) für jedes Tauchsegment berechnet und in den kumulativen K-Index von Ran Arieli (IDF: israeli defence forces) überführt. Dieser wird bei „Z“ sowie „P“ eingeblendet und findet sich auch im Kompartiments-File wieder, die Quellen von Ran dazu stehen im Anhang. Weiterhin gibt es ab der **Version 3_10** in der Tool-Box eine kleine Planungshilfe dazu, mehr dazu im Abschnitt: „K-Werte“.

Die Empfehlung für ein ca. 1 % CNS-OT Risiko lautet:

$$K < 26.108 !!!$$

38 „LS“ = die „last stop“ Option, der letzte Stopp!

Hiermit kann die Tiefe des letzten Stopps vor Erreichen der Oberfläche geändert werden. Normalerweise sind das ja 3 m. Es gibt aber zahlreiche Situationen, in denen es sinnvoller ist, auf einer anderen Tiefenstufe vor Erreichen der Oberfläche zu dekomprimieren.

- Bergseetauchen: bei stark reduziertem Umgebungsdruck wird die letzte Stufe in ca. 2 m absolviert
- Strömung, Dünung, Wellengang, starker Schiffsverkehr: auch hier sind ab- und zu 6 m sicherer als 3 m
- Mischgas-TG: bei Helium im Atemgas wird üblicherweise zum Schluß zwischen 4 – 6 m dekomprimiert
- Accelerated Deco / 100 % O₂: die effizienteste Entsättigung findet mit reinem Sauerstoff auf 6 m statt
- USN Tabelle, Rev. 6 / 2008 bzw. USN Rev. 7 / Dec. 2016: die letzten Stopps sind ausschließlich die der 20 feet Marke!
- Kommerzielle Heliox-Tabellen machen den letzten Stopp meist bei 9 m

39 „GF“ = die Gradientenfaktoren

Über die Eingabe der Gradientenfaktoren GF HI (=High, an der Oberfläche) und GF LO (=Low, bei den deep stops) kann eine konservativere Rechenmethode erzwungen werden, ohne daß hierzu die Koeffizienten manipuliert werden müßten. Im Klartext: es genügt die Eingabe von genau 2 Faktoren für die komplette Schar aller Kompartimente. Im Dialog „GF“ werden zunächst der GF HI und dann der GF LO abgefragt, der GF HI sollte aber größer als der GF LO sein. Beim Auftauchen („A“) werden die deep stop Vorschläge und lediglich die Standard-Dekoprognose angegeben, wenn die GF's = 1.0 sind. Sind die GF's geändert (Kontrolle über „Z“), wird auch zusätzlich die Prognose mit diesen GF's berechnet.

Bsp. TG mit Luft, Tiefe 30 m / 30 min. und GF HI = 0.9, GF LO = 0.5 ergibt folgende Ausgabe:

```

was jetzt?gf
Gradientenfaktor GF Hi
Bereich: 0.x bis 1.0
.9
Gradientenfaktor GF Lo
Bereich: 0.x bis 1.0
.5
was jetzt?a
maximale Ceiling: 2.77
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 10.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 16
PDIS fuer TAU = 10 min: 26.27 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 19.44 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 15.06 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
Austauschstufe ist zu hoch:
niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
3m Stopp Prognose Dekozeit: 7.00 Komp. #: 4
TTS = 10.00
Deko Prognose mit Gradientenfaktoren: GFHI= 0.90 GFLO= 0.50
12m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 GF = 0.50 Komp. #: 2
9m Stopp Prognose Dekozeit: 3.00 GF = 0.60 Komp. #: 3
6m Stopp Prognose Dekozeit: 5.00 GF = 0.70 Komp. #: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 13.00 GF = 0.80 Komp. #: 6
TTS = 25.00
was jetzt?

```

Abbildung 39-1: TG 30 m / 30 min mit GF Hi =0,9 & GF Lo= 0,5

Der GF LO beginnt hier in diesem Beispiel bei 0,5 und erzwingt somit die tiefen Stopps bei 12, 9 und 6 m (statt 3 m), die Deko-Zeit bei 3 m wird von 7 auf 13 min verlängert, der GF ist von 0,5 über 0,6 jetzt bei 0,7. Bei 3 m ist der GF bei 0,8 und bedingt hier die ebenfalls verlängerte Deko-Zeit. Beim Auftauchen auf 0 m wird somit statt 100 % der ursprünglichen a-/b Koeffizienten der Zielwert von 90 % erreicht (GF HI = 0,9); die TTS ist von 10 auf 25 min angestiegen.

Die Extrapolation von GF Lo zu einem GF Hi wenn GF Lo < GF Hi ist, hat keinerlei physiologische Begründung. Dies ist halt Konvention bei der GF-Methode und dient lediglich dazu, extrem lange Stopps im Flachen zu vermeiden! Weitere Infos noch dazu:

Gradientenfaktoren auf dem Vormarsch? (18.12.2022)
Präsentation auf der ÖGTH Jahrestagung in Wien: update Tauchmedizin

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24866.30403>

Im Gegensatz dazu steht das VGM: hier könnt ihr über die Befehle „NC“ bzw. "HC" ganz gezielt für jedes einzelne Kompartiment den GF HI und den GF LO anpassen!

Und, nochmals, die freundliche Warnung: diesem Verfahren sind physiologische Grenzen gesetzt: wenn der GF Lo Wert in die Nähe von ca. 0,4 gerät, kann diese nun modifizierte M-Wert Linie, je nach Kompartiment, in die Nähe der Umgebungsdrucklinie geraten. Damit werden die erlaubten Übersättigungen so klein (gerechnet), daß dies nichtmehr dem täglichen Leben resp. der Tauchpraxis entspricht ...

Und, natürlich, noch ein letzter Tipp dazu:
es heißt zwar im „Hilfe“-Text und hier im „GF“-Dialog:

```
was jetzt?gf
Gradientenfaktor GF Hi
Bereich: 0.x bis 1.0
```

Abbildung 39-2: GF Dialog

GF Hi < 1.0 (und auch üblicherweise GF Lo < GF Hi, das ist eben Standard in allen anderen Deko-Programmmchen), aber niemand hindert euch, was anderes einzugeben, bzw. da ein bisschen kreativ ,rumzuspielen. Probiert doch einfach mal folgendes aus mit unserem Standard-Test TG (42 m, 25 min):

→ GF High: 1.15
→ GF Low: 0.6

Und herauskömmt:

```
Deko Prognose:
9m Stopp Prognose Dekozeit:    2.0  Komp. #:  3
6m Stopp Prognose Dekozeit:    6.0  Komp. #:  4
3m Stopp Prognose Dekozeit:   16.0  Komp. #:  6
TTS =    28.0
Deko Prognose mit Gradientenfaktoren:  GFHI=  1.15 GFLO=  0.60
15m Stopp Prognose Dekozeit:    1.0  GF =  0.60  Komp. #:  2
12m Stopp Prognose Dekozeit:    1.0  GF =  0.71  Komp. #:  3
9m Stopp Prognose Dekozeit:    3.0  GF =  0.82  Komp. #:  3
6m Stopp Prognose Dekozeit:    6.0  GF =  0.93  Komp. #:  4
3m Stopp Prognose Dekozeit:   13.0  GF =  1.04  Komp. #:  6
TTS =    28.0
```

Abbildung 39-3: Test-TG (42m, 25 min) mit GF Hi = 1.15 & GF Lo = 0.6

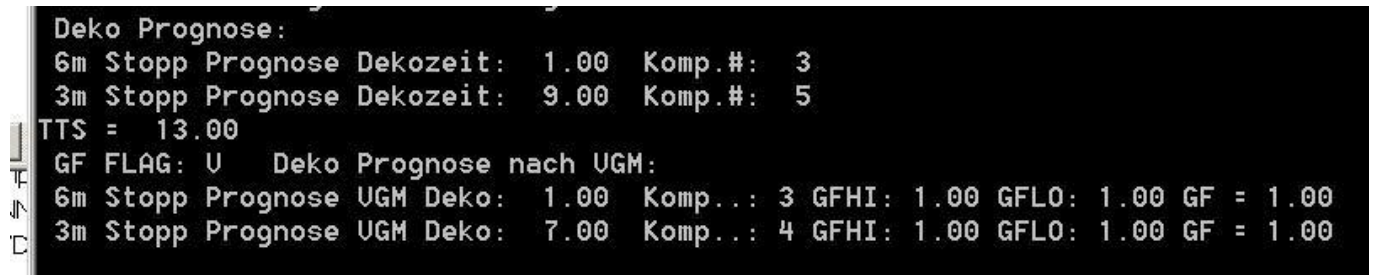
ein *aggressives RGBM*, d.h. mit kurzen, tieferen Stopps & verkürzten flachen Stopps; die TTS ist jetzt noch unverändert, d.h. die Stopp-Zeiten sind einfach nur umverteilt. Mit größer werdendem GF Hi werden dann die flachen Stopps eben noch kürzer ...

Ob es diese Umverteilung bringt??? Es gibt eine hübsche, wissenschaftlich korrekte und statistisch belastbare Studie der USN NEDU dazu (siehe Quellen im Anhang), die genau das bezweifelt ...

40 VGM, die „Variable Gradient Method“

Bei der VGM können die GF HI / LO pro Kompartiment so eingestellt werden, wie es der subjektiven / physiologischen Verfassung entspricht. Somit können diese GFs nicht nur < 1 werden (Standard GF Methode, siehe oben) sondern auch > 1! D.h. es wird eine aggressivere Rechenweise erzwungen und u.U. die Deko-Stopps verkürzt!

Folgendes kleine Beispielchen vom obigen TG (30 m, 30 min) soll das zeigen. Verändert wurde in der Koeffizientenmatrix nur ein einziger Wert: nämlich der GF HI von 1,0 auf 1,1 im Kompartiment #5! Alle anderen 79 Parameter blieben unverändert!



```

Deko Prognose:
6m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp.#: 3
3m Stopp Prognose Dekozeit: 9.00 Komp.#: 5
TTS = 13.00
GF FLAG: U Deko Prognose nach UGM:
6m Stopp Prognose UGM Deko: 1.00 Komp...: 3 GFHI: 1.00 GFLO: 1.00 GF = 1.00
3m Stopp Prognose UGM Deko: 7.00 Komp...: 4 GFHI: 1.00 GFLO: 1.00 GF = 1.00

```

Abbildung 40-1: VGM Deko-Prognose

Die Ausgabe zeigt: Tiefe des Stopps, Deko-Zeit, hierfür verantwortliches Kompartiment sowie die dazugehörigen GF HI / GF LO und der aktuell wirkende GF Wert: allerdings hat sich das Leitkompartiment von #5 nach vorne verschoben auf das #4 und somit die Stopp-Zeit auf der 3 m Stufe von 9 auf 7 min. verkürzt!

Die üblichen, damals (ca. 1995 – 2005) käuflichen VGM-Simulatoren zeigten normalerweise nur 3 Gruppen von Kompartimenten, nämlich eine schnelle, mittlere und die langsame Gruppe. Aber DIVE jedoch kann alle Kompartimente explizit und voneinander unabhängig bearbeiten; siehe auch das obige Kapitel zum Umgang mit den Koeffizientenmatrizen, Befehle: „NC“ & „HC“.

Da wir es beim VGM nun mit $2 * 16 * 2$ Gradientenfaktoren zu tun haben, kann man schon amal den Überblick verlieren und sich selber ins „Aus“ schiessen: das Verfahren ist einfach viel zu kompliziert und bietet viel zu viel Spielraum für Fehler. Es wird daher eigentlich nichtmehr verwendet. Auch die ganz, ganz wenigen Tauchcomputer und Desktop Deco Softwares, die es implementiert hatten, z.B. die VRx von DeltaP, sind schon lange vom Markt verschwunden.

41 „AR“ = ascent rate

Aufstiegsrate, von ca. 0,001 (Sättigungs-TG) bis 240 (Apnoe) m/min anpaßbar (der Wert von 4 m /sec ist aus dem Buch [129], S. 82 entnommen). Zusätzlich werden, nur zur Info, die Aufstiegsgeschwindigkeiten / -raten der USN für SAT TG eingeblendet und von feet / hour in m / min umgerechnet dargestellt:

```

was jetzt?ar
INFO USN SAT Ascent Rate / ascent speed:

USN: 2 feet/hour = 0.01016 meter / min
USN: 3 feet/hour = 0.01524 meter / min
USN: 4 feet/hour = 0.02032 meter / min
USN: 5 feet/hour = 0.02540 meter / min
USN: 6 feet/hour = 0.03048 meter / min

Eingabe der Aufstiegsrate
Bsp.: 8,5 m / min, Eingabe: 8.5 !
in Metern / Minute (sonst 9.0 m / min.):

```

Abbildung 41-1: AR mit INFO Block: USN SAT Aufstiegsraten

42 „AD“ = accelerated deco

Zur Beschleunigung der Dekompressions-Phase (accelerated) bei der MOD von einem max. pO₂ von ca. 1,6 atm werden nacheinander und automatisch die EAN Gase 50, 75 und 98 zur Dekompressionsprognose herangezogen (98 deshalb, weil 100%ig ist eigentlich garnix auf dieser Welt ...)

43 „TA“ = Temperatur Adaption

Hiermit kann in 2 Stufen (1 = kühl; 2 = kalt) die Perfusion der Haut- und Muskelkompartimente verändert werden. Bei Stufe 0 wird der Original-Zustand (normale Temperatur) wieder eingerichtet. Durch die niedrigere Umgebungstemperatur wird die Peripherie weniger durchblutet. Mathematisch steigt damit die HWZ. Diese Erhöhung der HWZ ausgewählter Kompartimente kann in den genannten 2 Stufen erfolgen; und dies allerdings nur beim Aufstieg, d.h. bei der aktiven Inertgaselimination!

Da das Original-ZH-L 8 ADT von UWATEC eigentlich nur für 8 Kompartimente gilt und auch nur für N₂ taugt, haben wir es hier für das ZH-L 16 angepaßt und für He erweitert und die entsprechenden HWZ der dazupassenden He-Kompartimente zusätzlich leicht nach oben aufgerundet (weil, He macht eh' kühl ...).

Als Beispiel soll ein TMX TG (40 m, 20 min mit Tmx 20/40/40) dienen. Da der ADT Algorithmus erst beim auftauchen, sprich der Entsättigung zuschlägt, einfach nach "d" gleich das "a" mit z.B. 1 oder auch 2 m Aufstieg angeben; hernach "TA" mit "2" (= kalt) und wir können die Zunahme der Deko-Zeiten (erstes Bildchen weiter unten, auf der 3 m Stufe die Zunahme von 16 auf 25 min) verfolgen als auch mittels des Befehls „PDCS“ die Zunahme der DCS-Wahrscheinlichkeiten (das darauffolgende Bildchen, der signifikante Anstieg des „Mittelwertes“ von ca. 0,19 auf ca. 0,23):

```

Deko Prognose:
9m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp.#: 3
6m Stopp Prognose Dekozeit: 6.00 Komp.#: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 16.00 Komp.#: 6
TTS = 28.00

was jetzt?ta

Eingabe Temperatur Adaption: 0 = normal 1 = kuehl, 2 = kalt
2

was jetzt?a

maximale Ceiling: 7.29
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 15
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 23
PDIS fuer TAU = 10 min: 33.06 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 23.36 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 17.74 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm):

Austauschstufe ist zu hoch:

niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
9m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp.#: 3
6m Stopp Prognose Dekozeit: 6.00 Komp.#: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit: 25.00 Komp.#: 6
TTS = 37.00

```

Abbildung 43-1: Deko-Prognose nach ZH-L ADT ("ta")

```

Methode V: NEDU Report 03/2009, P(DCS) = .21677
SDEV = .04219 MEAN = .18813

was jetzt?ta

Eingabe Temperatur Adaption: 0 = normal 1 = kuehl, 2 = kalt
2

was jetzt?pdcs

Eingabe der TTS (fuer Methode IV) in min:
50
Methode I: Southerland 1992, P(DCS) = .23076
Methode II: PME enhanced 6 Compartments P(DCS) = .14566
Methode III: Stat. Tables Part VI, Model 4 P(DCS) = .20737
Methode III: obere Fehlergrenze, P(DCS) = .36025
Methode III: untere Fehlergrenze, P(DCS) = .16830
Methode IV: NEDU Report 12/2004, P(DCS) = .14010
Methode IV: untere Fehlergrenze, P(DCS) = .00702
Methode IV: obere Fehlergrenze, P(DCS) = .99995
Methode V: NEDU Report 03/2009, P(DCS) = .21677
SDEV = .05958 MEAN = .22576

```

Abbildung 43-2: Veränderung der Deko-Prognosen mit „TA“ und die 5 Methoden zur Berechnung der P(DCS)

44 „MX“ = Matrix der gewichteten Koeffizienten

bei Mischgasen müssen Perfusionskonstanten (hier die a-, b- und HWZ Koeffizienten) gemäß der Gewebesättigung des jeweiligen Inertgases gewichtet werden. Dies geschieht gemeinhin nach folgendem Muster (am Bsp. des a-Koeffizienten):

$$a_{\text{Mischgas}} = (a_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{GewebeN}_2} + a_{\text{He}} \cdot p_{\text{GewebeHe}}) / (p_{\text{GewebeN}_2} + p_{\text{GewebeHe}})$$

Quellen für dieses Verfahren sind z.B. Bühlmann, 2002 [65], S. 119 und [54], S. 86. Folglich bleibt nur noch die "Kompartiment-Nummer" erhalten, alles andere wird im Verhältnis zur Summe der N₂ und He Partialdrücke im Kompartiment bewertet. Da man hierbei leicht den Überblick verlieren kann, vor allem, wenn man mit anderen Desktop-Deco Softwares vergleichen möchte, gibt es die kleine Matrix mit den gerade aktuellen, nur zur Laufzeit gültigen Werten!

45 „LAT“ = „latency“: Latenz bei Gaswechseln

Bei Gaswechseln zu fetten EAN oder Tmx Gemischen in der Deko, d.h. bei einer sprungartigen Erhöhung des O₂-Partialdrucks durch einen Gaswechsel rechnen die üblichen Deko-Programmchen instantan, d.h. *sofort* mit diesem neuen, höheren pO₂. Bedingt durch eine heterogene Ventilation/Perfusion in der Lunge und der endlichen Transportkapazität des Kreislaufs erfolgt diese Anpassung im p_{art}, d.h. im arteriellen Kreislauf natürlich nicht instantan sondern wesentlich verzögert! Dies passiert in Abhängigkeit der Ventilation (d.h. abhängig von der Atemfrequenz und dem Lungenvolumen) sowie der körperlichen Belastung und dauert bis zu 5 oder 6 min. Diese Verzögerung, Latenz genannt, kann man mit dem Befehl „LAT“ einschalten (toggeln!). Es ist ein globaler Befehl der auf „AD“ und „OC“ wirkt. D.h. eine nochmalige Eingabe von „lat“ bewirkt einfach das Ausschalten. Kann man mit „Z“ kontrollieren!

Details zur Latenz: wie immer, im Manual zum „deco workshop“ ... ☺

<https://www.researchgate.net/publication/369196910> Leseprobe Dekompression

und hier:

<https://www.divetable.info/workshop/workshop.htm>

46 „W“ = workload / Arbeitsbelastung

Workload = Arbeitsbelastung, und damit der Sauerstoffverbrauch VO₂. VO₂ kann von 0,25 (Ruhe) bis 3 L/min. (olympische Höchstlast bzw. im Tunnel resp. bei Caisson-Arbeiten) eingestellt werden. Über die erhöhte Muskelbelastung wird der erhöhte Sauerstoffbedarf angefordert und dies wird über eine erhöhte Durchblutung gewährleistet. Damit wird aber auch mathematisch die Perfusion erhöht und somit die Halbwertszeit in einigen Kompartimenten verringert, was sich letztenendes in einer erhöhten Inertgassättigung widerspiegelt. Dies wiederum führt zur verkürzten NDL (siehe der Screen shot unten) bzw. zu verlängerten Stoppzeiten, wenn ihr die Deko-Stopps (dann natürlich wieder in Ruhe!) absitzt:

```

was jetzt?w
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 3.0 L/min: .5

was jetzt?t
6.0 m: ***** min. 9.0 m: 610.2 min. 12.0 m: 148.1 min. 15.0 m: 71.6 min.
18.0 m: 47.4 min. 21.0 m: 34.0 min. 24.0 m: 26.9 min. 27.0 m: 22.3 min.
30.0 m: 16.8 min. 33.0 m: 13.7 min. 36.0 m: 11.7 min. 39.0 m: 10.0 min.
42.0 m: 8.3 min. 45.0 m: 7.2 min. 48.0 m: 6.4 min. 51.0 m: 5.7 min.
54.0 m: 5.2 min. 57.0 m: 4.8 min. 60.0 m: 4.4 min. 63.0 m: 4.1 min.

was jetzt?w
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 3.0 L/min: 1.

was jetzt?t
6.0 m: ***** min. 9.0 m: 425.4 min. 12.0 m: 103.3 min. 15.0 m: 49.9 min.
18.0 m: 33.0 min. 21.0 m: 23.7 min. 24.0 m: 18.8 min. 27.0 m: 15.6 min.
30.0 m: 13.3 min. 33.0 m: 11.7 min. 36.0 m: 10.4 min. 39.0 m: 9.4 min.
42.0 m: 8.3 min. 45.0 m: 7.2 min. 48.0 m: 6.4 min. 51.0 m: 5.7 min.
54.0 m: 5.2 min. 57.0 m: 4.8 min. 60.0 m: 4.4 min. 63.0 m: 4.1 min.

was jetzt?w
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 3.0 L/min: 1.5

was jetzt?t
6.0 m: ***** min. 9.0 m: 326.5 min. 12.0 m: 79.3 min. 15.0 m: 38.3 min.
18.0 m: 25.4 min. 21.0 m: 18.2 min. 24.0 m: 14.4 min. 27.0 m: 12.0 min.
30.0 m: 10.2 min. 33.0 m: 9.0 min. 36.0 m: 8.0 min. 39.0 m: 7.2 min.
42.0 m: 6.6 min. 45.0 m: 6.0 min. 48.0 m: 5.6 min. 51.0 m: 5.2 min.
54.0 m: 4.8 min. 57.0 m: 4.5 min. 60.0 m: 4.3 min. 63.0 m: 4.0 min.

was jetzt?w
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 3.0 L/min: 2.

was jetzt?t
6.0 m: ***** min. 9.0 m: 264.9 min. 12.0 m: 64.3 min. 15.0 m: 31.1 min.
18.0 m: 20.6 min. 21.0 m: 14.8 min. 24.0 m: 11.7 min. 27.0 m: 9.7 min.
30.0 m: 8.3 min. 33.0 m: 7.3 min. 36.0 m: 6.5 min. 39.0 m: 5.8 min.
42.0 m: 5.3 min. 45.0 m: 4.9 min. 48.0 m: 4.5 min. 51.0 m: 4.2 min.
54.0 m: 3.9 min. 57.0 m: 3.7 min. 60.0 m: 3.5 min. 63.0 m: 3.3 min.

```

Abbildung 46-1: O2-Verbrauch / workload ("w")

Von Arne Sieber, damals Chef-Entwickler bei Scubapro, habe ich folgendes Bildchen:



Beispiel: 40m TG, 30 min Grundzeit

- 50W: TTS = 23 min
- 10W: TTS = 21 min
- 200W: TTS = 38 min
- 300W: TTS = 48 min

Abbildung 46-2: workload & TTS (Quelle: Arne Sieber)

Das entspricht auch in etwa einer Simulation mit DIVE V3_01 und den Zahlen aus der ZH-86 Tabelle, allerdings, damit es für die ZH-86 paßt, für 39 m / 25'; TTS = 21

39 m / 25'	VO ₂ [l/min]	TTS [min]
	.25	21
	.5	27
	1.0	38
	1.5	45
	2.0	51

Tabelle 5: VO₂ & TTS

47 „O₂“ = O₂ Halbwertszeit

Mit diesem Befehl kann die Halbwertszeit (HWZ) zur Berechnung der zentralnervösen Sauerstoff-Toxizität (die ZNS Ox-Tox Dosis anhand %ZNS, %CNS oder auch: die Sauerstoff-Uhr) verändert werden. Der Parameterbereich geht von 45 bis 240 min. Üblicherweise, und dies habt ihr auch so in euren regulären TEC-Kursen gelernt, ist diese HWZ mit ca. 90 min hinterlegt. Bsp.: hat man am Ende des TGs eine %ZNS Dosis von 42, so soll diese Dosis auf die Hälfte, also hier am Beispiel auf 21 % gesunken sein, sobald in der OFP 90 min verstrichen sind. Nach 3 h OFP ist die %ZNS dann auf ein Viertel der ursprünglichen Dosis, d.h. jetzt ca. 11 %, gefallen.

Allerdings sagte der grosse Meister (Bob Hamilton, Möge er in Frieden ruhen) selber: „There is no experimental basis on this!“. Da nun auch die NOAA seit ca. 2013 in der 5. Ausgabe ihres Diving Manuals ([149] unserer Bücherliste auf <https://www.divetable.eu/BOOKS/index.htm>) dies zitiert und dann festhält (ebenda, S. 4-27): „... **120 min halftime ... consistent NOAA practice** ...“, haben wir diesen Parameter nun auch veränderbar gemacht, daß die %ZNS Dosen vergleichbar bleiben.

Auf die Dekompressions-Prognosen also solches hat dies natürlich keinen Einfluß.

48 Wasser, Wasser, Wasser.... (DI & TE)

Mit den Befehlen können weitere physikalische Situationen abgebildet werden: bei einem Tauchgänge im warmen Wasser des Roten Meeres auf 30 oder 40 m spielt das i.d.R. keine Rolle, bei 200 oder 300 m, vor allem in der Nordsee, aber schon ...

DI (von „**D**ichte“) kann die spezifische Dichte von Süß- oder Salzwasser grob anpassen. In der Tabelle für die default Werte seht ihr die Dichte für Süßwasser bei 20 °C. Manche Tauchcomputer oder Tabellen benutzen irgendeinen kryptischen, i.d.R. unbekannten, Mittelwert. Die ZH-86 z.B. mit 1,02 kg / L.

„Echtes“ Salzwasser hat eine ca. 3 % höhere Dichte (Temperatur, Salz- und Ortsabhängig), d.h. man kann mit ca. 1,025 - 1,03 kg / L rechnen.

Mit TE (wie „**T**emperatur“) des Umgebungswassers kann eine Feinanpassung erzielt werden: wird die Temperatur geändert, ändert sich, wie eben bei allen Stoffen, die Dichte und somit natürlich auch der Druck, den eine Wassersäule auf den Taucher ausübt. Wasser hat darüberhinaus noch bei ca. 4° C was Besonderes, nämlich die Dichteanomalie:

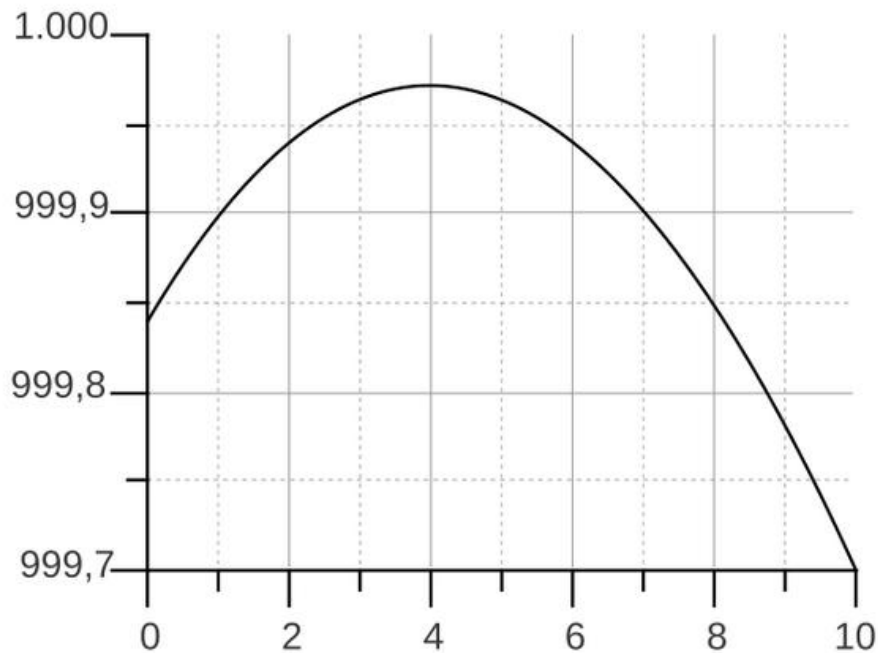


Abbildung 48-1: Dichteanomalie des Wasser: Dichte vs. Temp.

Bei „TE“ ungleich 20° C gibt DIVE dann gleich eine kleine Tabelle mit den Werten aus:

```

was jetzt?TE
Eingabe der durchschnittlichen Wassertemperatur
in Grad Celsius, z.B.: 18.3 : 12
Kontrollausdruck zur Dichteanomalie des Wassers:
*****
Wassertemperatur [Celsius]: 0.0   Dichte [kg / m**3]: 1101.63191
Wassertemperatur [Celsius]: 2.5   Dichte [kg / m**3]: 1097.62331
Wassertemperatur [Celsius]: 5.0   Dichte [kg / m**3]: 1093.83080
Wassertemperatur [Celsius]: 7.5   Dichte [kg / m**3]: 1090.22637
Wassertemperatur [Celsius]: 10.0  Dichte [kg / m**3]: 1086.78613
Wassertemperatur [Celsius]: 12.5  Dichte [kg / m**3]: 1083.48960
Wassertemperatur [Celsius]: 15.0  Dichte [kg / m**3]: 1080.31912
Wassertemperatur [Celsius]: 17.5  Dichte [kg / m**3]: 1077.25942
Wassertemperatur [Celsius]: 20.0  Dichte [kg / m**3]: 1074.29719
Wassertemperatur [Celsius]: 22.5  Dichte [kg / m**3]: 1071.42082
Wassertemperatur [Celsius]: 25.0  Dichte [kg / m**3]: 1068.62012
Wassertemperatur [Celsius]: 27.5  Dichte [kg / m**3]: 1065.88612
Wassertemperatur [Celsius]: 30.0  Dichte [kg / m**3]: 1063.21092
Wassertemperatur [Celsius]: 32.5  Dichte [kg / m**3]: 1060.58751
Wassertemperatur [Celsius]: 35.0  Dichte [kg / m**3]: 1058.00964
was jetzt?

```

Abbildung 48-2: „TE“ und Dichteanomalie des Wassers

Der aktuelle Status beider Werte kann auch immer über „Z“ kontrolliert werden.
Bei beiden Befehlen wird jetzt zum Abschluß noch der dann aktuell gültige Konversionsfaktor
Bar → fsw angegeben:


```

was jetzt?di
Eingabe der spezifischen Wasserdichte (Suess- / Salzwasser):
in kg pro m hoch3 (z.B. wie in EN 13319: 1019.70)
oder per U.S.N.: 1025.20 :1025.0

Conversion factor USN STD 1 Bar: 32.63360 fsw @ 15 deg Celsius!
Conversion factor now: 1 Bar= 32.63918 fsw (feet of seawater)
was jetzt?

```

Abbildung 48-3: Konversionsfaktor Bar ==> fsw

49 “PDCS” = Probability of Decompression Sickness

hier wird mittels ganz unterschiedlicher Methoden eine *grobe Abschätzung von P(DCS)* gemacht.

- Methode I: ist diejenige von: Southerland, David Graham: PHD Thesis, 1992, p. 78 & p. 9
- Methode II: PME Model, von uns erweitert auf 6 Kompartimente für TEC Diving mit Helium
- Methode III: Band VI, „Statistically Based Decompression Tables“, p.5 & p. 55 mit einem von uns vereinfachten Risiko-Integral
- Methode IV: NEDU Report von 12/2004: TR 04-41, p.8 & p. 11, ohne jegliche Adaption von uns, abhängig von der TTS und deshalb hier in den zwei Varianten:
/Va aus dem NEDU Report, sowie:
/Vb mit dem „Combined Model“ (weitere 1000 TGs in der Datenbank)
- Methode V: NEDU Report TR 09-03 1/2009, auch hier wieder in den 2 Varianten:
p. 9 & 11, auch ohne Adaption von uns, ist aber stark abhängig von der Ascent Rate (*Variante a*), *Variante b* ohne Berücksichtigung der Aufstiegsrate:

Die genauen Quellen für diese veröffentlichten Algorithmen findet ihr (wer hätte es gedacht? Im Manual zum [“deco workshop”](#) ☺) aber zwischenzeitlich auch da:

CAISSON 30. Jg./ 2015 / Nr. 4, 31. Jg./ Januar 2016 / Nr. 1, S. 20 - 30:
Der etwas andere Vergleich - Teil III Über P(DCS)

Hier ein Beispiel:

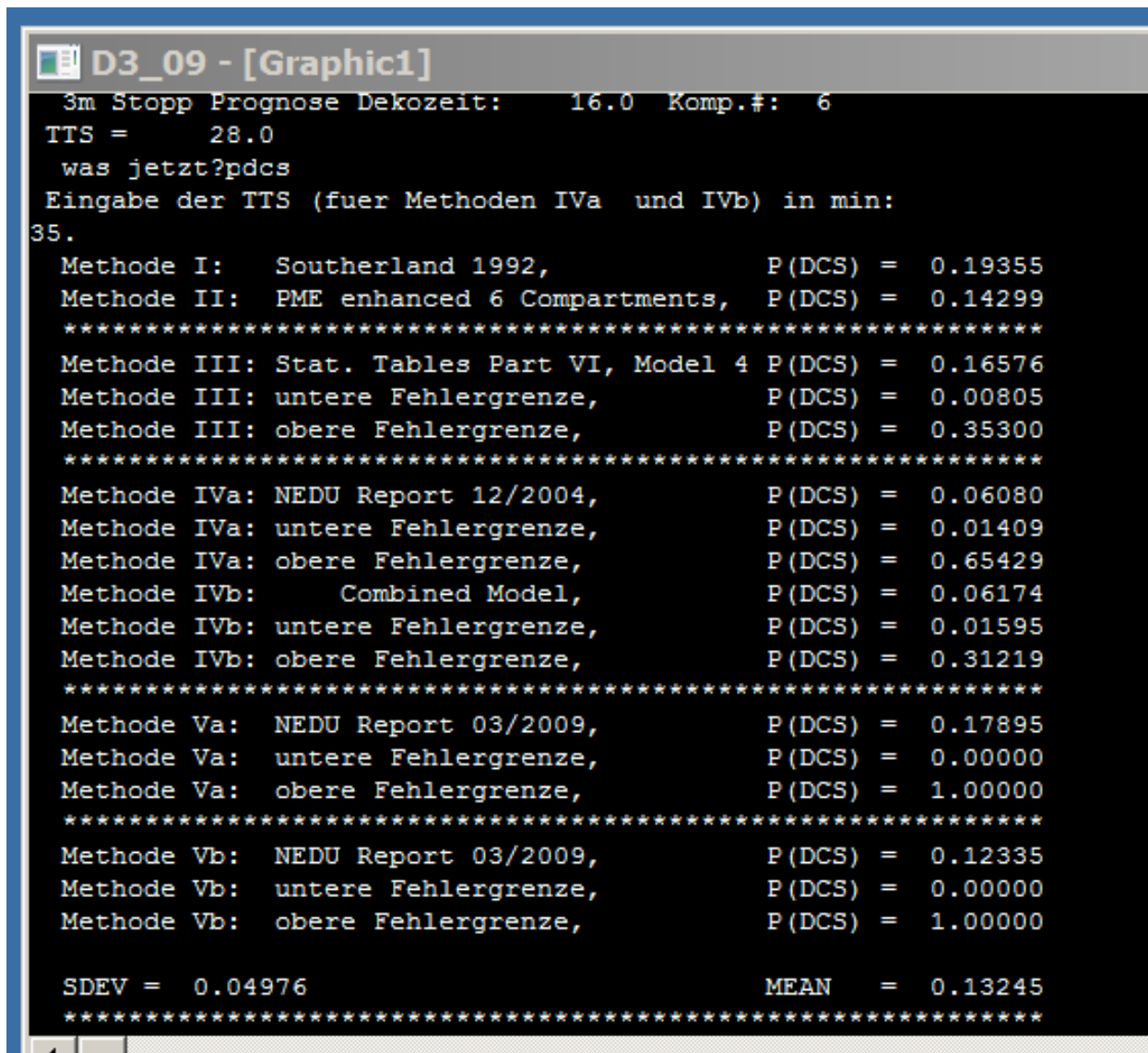


Abbildung 49-1: Wahrscheinlichkeit für die Dekompressionskrankheit: P(DCS)

Spaßeshalber gibt es noch die Standardabweichung (links: SDEV) sowie den Mittelwert (rechts: MEAN) aus allen sieben „Messungen“ ... Anhand den veröffentlichten Parametervariationen können wir noch die oberen und unteren Fehlergrenzen der P(DCS) gleich mitangeben ...

Was man aber schön sehen kann, ist, zumindest bei der Methode IV, daß es ganz offenbar sub-optimale Deko-Stopps gibt: werden die zulange ausgedehnt, steigt die P(DCS) wieder an! Für unseren allfälligen Jura-TG hier die P(DCS) der Methode IV in Abhängigkeit der TTS:

		42m / 25 min	
D 3_09		IVa	IVb
TTS		P(DCS)	P(DCS)
d: 42 m	0	0,1128	0,8762
(TTS = 28)	20	0,07737	0,7111
	40	0,05649	0,05905
a --> 20 m	0	0,15201	0,11019
(TTS = 26)	20	0,10237	0,08849
	40	0,07328	0,07272
a --> 12 / 3 min	0	0,23487	0,15497
(TTS = 22)	20	0,15581	0,12289
	40	0,10892	0,09963

Abbildung 49-2: P(DCS) der Methoden IVa und IVb in Abhängigkeit der TTS

Obacht:

alle P(DCS) Algorithmen benutzen Parameter, die über mehrere 10.000 dokumentierte TG-Profile angepaßt wurden. Werden also TG jenseits dieser Datenbasis simuliert, ist auch die dazugehörige P(DCS) ebenso interpretationsfähig! I.d.R. werden die Kalibrierungen mit einfachen Kastenprofilen, ohne Wdh-TG vorgenommen; bei Multilevel-TG sind die P(DCS)-Vorhersagen nicht so erfolgreich. Im Klartext: die Daten des TG sollten nicht außerhalb der Kalibrierungs-TG der Modelle liegen! Die mathematischen Hintergründe, die Formeln sowie alle Parameter und die Grenzen der Anwendung hierzu findet ihr im „Deko Manual“ bzw. wird i.d.R. auch ausführlich im „deco workshop“ diskutiert werden.

Weiterhin sind die Kalibrierungs-TG dieser Datenbasen üblicherweise unter:

- **Last** (75 – 150 W) und im
- relativ **kühlen Wasser** absolviert worden. Auch die schon erwähnte Berechnungsmethode des
- **instantanen Abstiegs** führt dazu, daß die P(DCS) Werte i.d.R. um einiges höher liegen, als bei euren Erholungs-Tauchgänge.
- die üblichen Risiko-Funktionen für das Risiko-Integral liefern prinzipiell nur Werte > 0, d.h. die Entsättigungen für einige Kompartimente während des Aufstiegs liefern keinen Beitrag! Die rein mathematischen Verfahren, der „Fit“, liefert auch
- **prinzipiell höhere Werte**, grundsätzlich!

Nochmals kurz zu den Grenzen dieser Algorithmen:

- Southerland: nur für Luft
- PME: Mischgas, aber nur bedingt für Multi-Level
- Stat. Tables VI, Mod. 4: Wdh.-TG für Luft / EAN, keine Multi-Level TG
- NEDU Reports 04-41 & 09-03: keine SAT TG, kein Mischgas, hauptsächlich NDL

Wem die vielen Zahlen dieser sieben P(DCS) Methoden zu unübersichtlich sind, einfach den Befehl „%p“ benutzen (siehe den entsprechenden Abschnitt): dort werden die prozentualen Sättigungen dargestellt.

Eine Zusammenfassung und Übersicht über die wichtigsten Veröffentlichungen hierzu, incl. download links zu einigen Quellen findet ihr da:

**P(DCS) - on the statistical nature of decompression sickness:
a short literature review with limited scope. (14.04.2024)**

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.33711.75685>

50 Update: ab DIVE V 3_09 (per 08/2020): „BPA“

Eine weitere Methode, die P(DCS) zu berechnen ist diejenige vom Naval Medical Research Institute (NMRI) das sogen. „Model 4“, Quelle: Statistically Based Decompression Tables, I auf den p. 5, 29 & 31.

Es kommt mit lediglich 5 Parametern aus: 2 Kompartimente mit Gain Factors und einen Schwellenwert. Es ist geeignet für einfache Box (=Kasten)-Profile mit Luft, daher der Name des Kommandos: „BPA“ wie Box Profile Air. Das zugrundeliegende Risiko-Integral wurde für das Box-Profil angepaßt: besteht das TG-Profil aus mehreren Stufen, so werden die Risikowerte als einzelne Boxen addiert (oberer Teil der Bildschirm Kopie)

Daran anschliessend erfolgt automatisch die Berechnung nach dem sogenannten „P-NO-STOP Model“ (Quelle: aus NEDU TR 04-42, December 2004: Probability of Decompression Sickness in No-Stop AIR DIVING) mit den Parametern von p. 14 und nach veränderter LOGIT Formel (4) auf p. 8; im unteren Teil der Bildschirmkopie; Ausgabe für einen „echten NDL-TG“ auf 30 m für 15 min:

```
was jetzt?bpa
Stat. Tables I M4   NMRI BOX PROFILE AIR:   P(DCS) = 0.04535
untere Fehlergrenze NMRI BOX PROFILE AIR:   P(DCS) = 0.04369
obere Fehlergrenze  NMRI BOX PROFILE AIR:   P(DCS) = 0.03055
*****

P-NO-STOP Model: NEDU TR 04-42,             P(DCS) = 0.00792
P-NO-STOP Model: untere Fehlergrenze,       P(DCS) = 0.00199
P-NO-STOP Model: obere Fehlergrenze,       P(DCS) = 0.03521
*****
```

Abbildung 50-1: NMRI Box Profile Air sowie P-NO-STOP Model

Die Berechnung der jeweiligen Fehlerunter- bzw. -obergrenze geschieht einfach über die sogen. „ASE“ (asymptotic standard error), d.h. mittlerer Schätzwert des Parameters - oder + diesen Fehler.

Die anderen 7 Methoden liegen im Schnitt bei 4 %:

```

was jetzt?pdcs
Eingabe der TTS (fuer Methoden IVa und IVb) in min:
5.
Methode I: Southerland 1992, P(DCS) = 0.00762
Methode II: PME enhanced 6 Compartments, P(DCS) = 0.08327
*****
Methode III: Stat. Tables Part VI, Model 4 P(DCS) = 0.19324
Methode III: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.00982
Methode III: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.41075
*****
Methode IVa: NEDU Report 12/2004, P(DCS) = 0.01411
Methode IVa: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.00559
Methode IVa: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.09150
Methode IVb: Combined Model, P(DCS) = 0.01646
Methode IVb: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.00693
Methode IVb: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.05110
*****
Methode Va: NEDU Report 03/2009, P(DCS) = 0.00479
Methode Va: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.00000
Methode Va: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 1.00000
*****
Methode Vb: NEDU Report 03/2009, P(DCS) = 0.00240
Methode Vb: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.00000
Methode Vb: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.99999

SDEV = 0.06550 MEAN = 0.04599
*****

```

Abbildung 50-2: P(DCS) für einen "echten NDL TG"

51 Update: ab DIVE V 3_02 (per 07/2018): „RE“

Die weiteren PDCS-Routinen wurde etwas aufgebohrt mit zusätzlichen, sogen. „risk estimators“ (RE); also „Schätzwerten“! D.h. ab der Version 3_02 (ab 07/2018) haben wir jetzt zwei zusätzliche Algorithmen in der weiteren, der zusätzlichen Methode VI mit den Varianten:

- **EOD** / end-of-dive (am *Ende* des TG!)
- **OTF** / on-the-fly (*während* des TGs)

und zwar jeweils mit den dazugehörigen MIN (minimal) und MAX (maximal) –Werten. Hier unser üblicher Test-TG (42 m, 25 min, Luft), die rein optische Abgrenzung zu den „bewährten“ Methoden geschieht über ein paar Sternchen, auch werden diese Werte der Varianten VI nicht in der statistischen Auswertung (MEAN, SDEV) berücksichtigt, *sondern getrennt, für sich und auch dann nur, wenn die Werte > 0.0 oder < 1.0 werden:*

```

D3_02 - [Graphic1]
was jetzt?pdcs
Eingabe der TTS (fuer Methode IV) in min:
35
Methode I: Southerland 1992, P(DCS) = 0.65076
Methode II: PME enhanced 6 Compartments, P(DCS) = 0.15687
Methode III: Stat. Tables Part VI, Model 4 P(DCS) = 0.20363
Methode III: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.35353
Methode III: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.16528
Methode IV: NEDU Report 12/2004, P(DCS) = 0.77983
Methode IV: untere Fehlergrenze, P(DCS) = 0.02003
Methode IV: obere Fehlergrenze, P(DCS) = 1.00000
Methode V: NEDU Report 03/2009, P(DCS) = 0.69703
SDEV = 0.29385 MEAN = 0.49762
*****
Methode VI: EOD 2015, P(DCS) = 0.79134
Methode VI: EOD MIN 2015, P(DCS) = 0.47049
Methode VI: EOD MAX 2015, P(DCS) = 1.11218
Methode VI: EOD2 2015, P(DCS) = 1.03169
Methode VI: EOD2 MIN 2015, P(DCS) = 0.87297
Methode VI: EOD2 MAX 2015, P(DCS) = 1.19019
Methode VI: OTF 2015, P(DCS) = 0.31003
Methode VI: OTF MIN 2015, P(DCS) = 0.24702
Methode VI: OTF MAX 2015, P(DCS) = 0.37304
SDEV = 0.24065 MEAN = 0.55068
*****
Meth. SMC I: OTF folded over EOD, P(DCS) = 0.63922
Meth. SMC II: generic gas model, P(DCS) = 0.74202
SDEV = 0.05140 MEAN = 0.69062
was jetzt?

```

Abbildung 51-1: PDCS ab Version 3_02 mit EOD und OTF

Warum ist das so? *Diese publizierten EOD / OTF risk estimators folgen leider nicht immer den üblichen Erwartungen an ein Risikointegral, nämlich $0 < P(\text{DCS}) < 1$!* Deshalb folgende „caveat“:

→ diese beide Schätzwerte sind, streng genommen, nur für das dazugehörige TG-Szenario gültig!

→ d.h. EOD (= **end-of-dive**) macht nur an der Oberfläche, am Ende des TGs Sinn

→ OTF (= **on-the-fly**) gibt nur während des Aufstiegs sinnvolle Zahlen, nämlich nach Ablauf der „Grundzeit“

→ die Kalibrierungs-Datenbank umfaßte nur ein paar wenige RGBM-Profile (nämlich nur 3.569 mit 26 Fällen von DCS laut BRW in 2015). Die statistische Absicherung gegenüber den bewährten USN-Methoden ist also mehr als fraglich!

→ desweiteren sind die Einträge in dieser RGBM-Datenbank nicht immer digitale TG-Profile von Tauchcomputern (so wie beim DAN DSG oder der USN) sondern, laut BRW: „... (Zitat, aus dem englischen, sinngemäß:) „...Unterwasser-Notizen von erfahrenen Tauchern ...“ (sic!). (Im Klartext: irgendein Geschmier' auf den wet-notes!)

→ darüberhinaus sind die einschlägigen Veröffentlichungen des Herrn BRW zu diesen Themen, wie eigentlich leider alle seine papers, mit Fehlern behaftet ... Details dazu, natürlich, wie immer (!), im „deco manual“ ☺ Dem ganzen Themen-Block (P(DCS), Maximum-Likelihood, deterministische versus statistische Dekompressions-Modelle) sind dort zwischenzeitlich (2021) über 100 S. gewidmet!

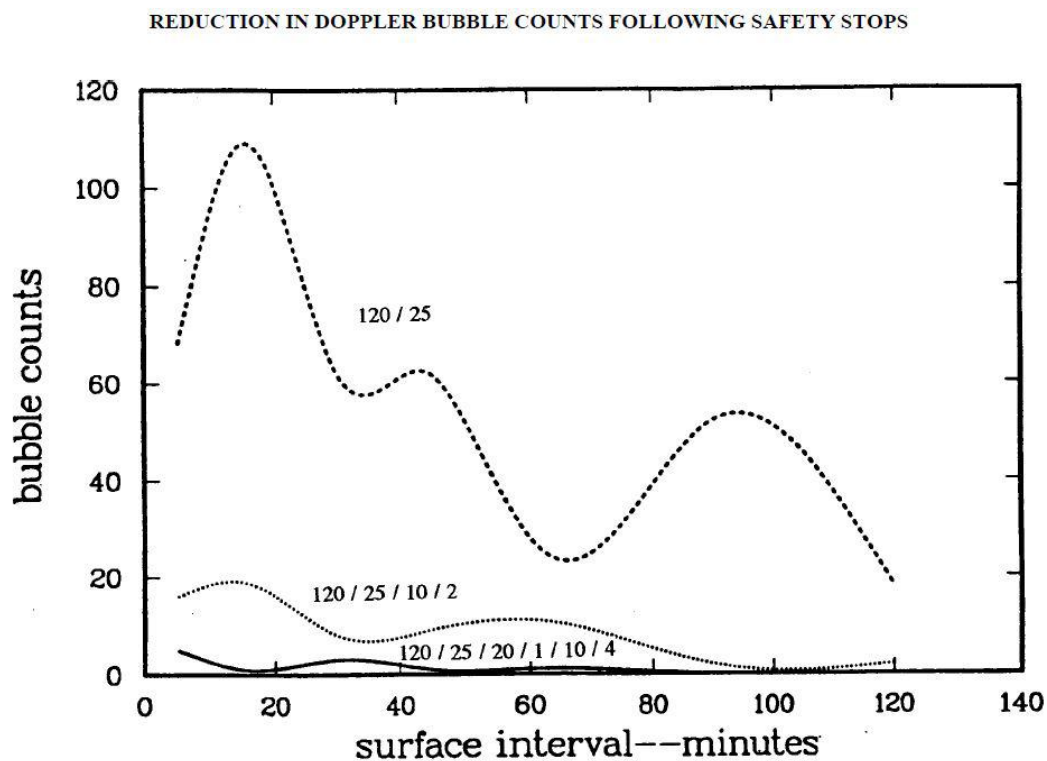
Zum Abschluß deshalb noch eine versöhnliche Bemerkung: immerhin kann man gegen Ende des TGs, siehe oben, eine gewisse Übereinstimmung, z.B. zwischen den SMC-Methoden I „OTF folded over EOD“ und Southerland (I) bzw. NEDU 2009 (V), feststellen!

Desweiteren haben wir noch eine adaptierte Version eines generischen „gas content models“ (SMC Methode II) beigesteuert:

na ja, ich gebe es zu: „OTF folded over EOD“ und das generische Gas-Modell ist auch von mir ... d.h. ich habe versucht, die Fehler aus den papers von BRW und damit aus den Zeilen VI/1 bis VI/9 ,rauszubügeln ... ok, ok: kann man sicherlich noch besser machen, wenn mehr belastbare Daten (=geprüfte TG!) vorliegen ... nächstes DIVE Release ...

52 Ausweg aus dem „NDL Dilemma“?

Wir schauen uns ein paar Doppler-Messungen aus den 70igern an:



Safety stops have considerable impact on Doppler sounded VGE measurements, according to Pilmanis. Following a dive to 30 m (100 fsw) for 25 minutes, the top curve registers VGE counts over increasing surface time. The lower two curves depict the count after a brief stop for 2 minutes at 3 m (10 fsw), and then 1 minute at 6 m (20 fsw) followed by 4 minutes at 3 m (10 fsw). Reductions by factors of 4-6 are apparent. Whether VGE correlate with susceptibility to DCS or not, bubble reduction in the pulmonary circulation is impressive with shallow safety stops.

Abbildung 52-1: Doppler-Messungen nach NDL-TG

Quelle: Pilmanis AA. Intravenous gas emboli in man after compressed air ocean diving. Contract Report, N00014-67-A-0269-0026. Washington, D.C.: Office of Naval Research, 1976

Wir sehen die Anzahl der doppler-detektierten Blasen (doppler counts, Y-Achse) über der OFP (surface interval – minutes, X-Achse). Die TGs waren allerdings nicht auf 120 feet, sondern nur auf 100. Direkt nach Ablauf des NDL gibt es jede Menge Blasen über einen Zeitraum von > 2 h OFP. Wird ein Stopp in ca. 3 m für 2 min gemacht (10 feet / 2 min) verringert sich diese Anzahl dramatisch. Noch stärker fällt die Verringerung aus, macht man einen zusätzlichen, weiteren Stopp eine Etage tiefer (20 feet / 1 min / 10 feet / 4 min).

Wenn man jetzt noch in Betracht zieht, das wirklich effiziente Stopps mindestens 2 min dauern müssen wegen den endlichen Transport-Kapazität des Blutes und der kompletten Umwälz-Zeit in dieser Größenordnung, ist man mit folgendem Austausch-Muster bestens bedient:

12 → 9 m / 2 min; 6 m / 4 min; 3 m / 4 – 5 min, nach Lust & Laune,

oder nach: Frieren & Finimeter-Anzeige ... DIVE kann euch hierbei helfen, die hierzu erforderlichen Gasmengen nicht zu unterschätzen.

53 Die numerische Lösung des Trimix Deko-Problems

DIVE kann eine vollständige numerische Lösung der Entsättigungsgleichung für Trimixe (2 Inertgase) durchrechnen. Was heißt das? Die Gleichung zur Berechnung der Entsättigung bzw. der „NDL“ oder auch der Deko-Zeiten ist geschlossen (d.h. als eine Formel, bei der z.B. die Deko-Zeit auf einer Seite der Gleichung alleine ‚rumsteht‘) nur für EIN Inertgas darstellbar. Man nennt das auch eine „analytische Lösung“. Ersichtlich ist das dort:

<https://www.divetable.info/skripte/theorie.pdf>

Formel # 23. Ein Inertgas ist N₂ bei Luft (oder EAN) oder auch Helium bei Heliox. Für 2 Inertgase beim Trimix geht das dann so nicht mehr: die Stopp-Zeiten müssen numerisch ermittelt werden. Die genauen Details hierzu findet ihr am Ende des o.g. PDF.

Für einen Tmx-TG (50 m, 30 min, Tmx20/50/30): sieht das dann so aus:

```
Deko Prognose:
15m Stopp Prognose Dekozeit:      4.0  Komp. #:  5
12m Stopp Prognose Dekozeit:      5.0  Komp. #:  6
  9m Stopp Prognose Dekozeit:     10.0  Komp. #:  7
  6m Stopp Prognose Dekozeit:     18.0  Komp. #:  8
  3m Stopp Prognose Dekozeit:     39.0  Komp. #: 10
TTS =      81.0

Deko Prognose numerisch:
15m Stopp APPROXIMATION :      1.75 Steps N=    175.0 Komp. #:  5
12m Stopp APPROXIMATION :      5.04 Steps N=    504.0 Komp. #:  6
  9m Stopp APPROXIMATION :      9.71 Steps N=    971.0 Komp. #:  7
  6m Stopp APPROXIMATION :     18.66 Steps N=   1866.0 Komp. #:  8
  3m Stopp APPROXIMATION :     44.92 Steps N=  4492.0 Komp. #: 10
TTS      =    85.41
TTS gerundet =    92.
CPU TIME used:  0.015625
```

Abbildung 53-1: numerische Lösung ("ON")

Im oberen Teil der Bildschirm-Kopie findet ihr die Standard-Deko-Prognose (über „a“), im unteren Teil die numerische Lösung mit der Information über die Anzahl der Schritte in der Iterationsschleife bis zur Konvergenz (N=) und die effektive verbrauchte CPU-Zeit. Bei diesem Tauchgänge ist das noch relativ unspektakulär, sobald aber der He-Anteil > ca. 0,4 übersteigt, gibt es erhebliche Abweichungen. Die obere Deko-Prognose („a“ bei TTS = 81) wird so gerechnet, wie dies vermutlich ein grosser Teil der üblichen Deko-Software auch macht. Nämlich falsch. Der Fehler fällt aber bei durchschnittlichen TEC-TGs nicht auf: er ist hier ja lediglich ca. 10 min (s. die gerundete TTS mit 92; unten). Wenn bei längeren und/oder tieferen TG mit grossem He-Anteil dann auch noch die Deko-Verpflichtung (Summe der Stopp Zeiten) zunimmt und die TTS größer wird, steigt dieser Fehler rasch zu einer bemerkbaren Größe, üblicherweise bei den längsten (flachen) Stopps, an!

Mit „ON“ wird diese Berechnung ein-, mit „OFF“ dann wieder ausgeschaltet. Das dies ganz spezifisch nur bei Trimixen passiert, könnt ihr selber anhand eines Luft/EAN TGs ausprobieren: Spätesher da auchmal die numerischen Lösungen anschauen & feststellen, daß bei nur einem Inertgas die numerische zur geschlossenen, analytischen keinerlei Unterschied bedeutet. Kleine Aufgabe hierzu gefällig?

Simuliert einen längeren und / oder tieferen Luft oder EAN TG: da wir hier nur ein Inertgas haben, wird die oben erwähnte Gleichung (23) benutzt. Schaltet dann die numerische Lösung mit "on" ein und vergleicht die Deko-Prognosen: die exakte, geschlossene analytische Lösung sowie die numerische Approximation unterscheiden sich nicht bzw. allenfalls durch die diversen Rundungen bei der Ausgabe mit "a".

Hier am Beispiel ein Luft-TG auf 50 m, 60 min., insbesondere die letzten beiden Stufen bzw. die Summe (TTS) von 175 min:

```

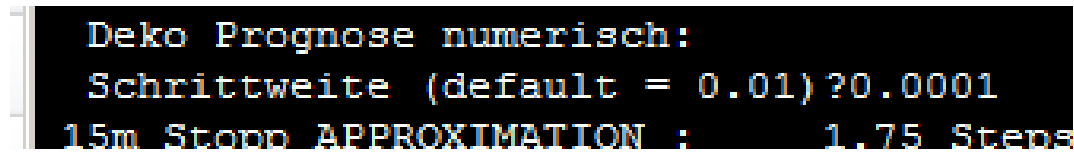
was jetzt?on
was jetzt?a
maximale Ceiling: 17.29
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 20.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 33
PDIS fuer TAU = 10 min: 49.22 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 43.77 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 37.53 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
18m Stopp Prognose Dekozeit: 5.00 Komp.#: 4
15m Stopp Prognose Dekozeit: 8.00 Komp.#: 5
12m Stopp Prognose Dekozeit: 16.00 Komp.#: 6
9m Stopp Prognose Dekozeit: 24.00 Komp.#: 7
6m Stopp Prognose Dekozeit: 39.00 Komp.#: 8
3m Stopp Prognose Dekozeit: 78.00 Komp.#: 10
TTS = 175.00
Deko Prognose numerisch:
18m Stopp APPROXIMATION : 2.56 Steps N= 256.0 Komp.#: 4
15m Stopp APPROXIMATION : 8.59 Steps N= 859.0 Komp.#: 5
12m Stopp APPROXIMATION : 14.85 Steps N= 1485.0 Komp.#: 6
9m Stopp APPROXIMATION : 22.63 Steps N= 2263.0 Komp.#: 7
6m Stopp APPROXIMATION : 38.46 Steps N= 3846.0 Komp.#: 8
3m Stopp APPROXIMATION : 77.14 Steps N= 7714.0 Komp.#: 10
TTS = 169.79
TTS gerundet = 175.
CPU TIME used: 0.156250
was jetzt?

```

Abbildung 53-2: Vergleich analytische mit numerischer Lösung bei einem Inertgas

Das hier verwendete Verfahren ist ein sehr, sehr einfaches, lineares Verfahren nach Euler. Dabei werden nur die Änderungen in der 1.Ordnung berücksichtigt, die Konvergenz ist also ziemlich schnell und auch ausreichend für kürzere Deko-Zeiten. Bei linearen Verfahren ist allerdings der Fehler proportional zur Schrittweite; hier die Abstände in Minuten-Bruchteilen

zwischen den einzelnen STEPS, den Stützstellen der linearen Interpolation. Default ist 0,01 min also 6 Zehntelsekunden. Ab der Version 3_09 kann man diese Schrittweite noch verändern, hier einfach nur „Return“ drücken, dann bleibt der Default-Wert erhalten:



```
Deko Prognose numerisch:
Schrittweite (default = 0.01)?0.0001
15m Stopp APPROXIMATION : 1.75 Steps
```

Abbildung 53-3: Veränderung der Schrittweite der numerischen Lösung (ab 3_09)

Weitere Details zu dieser Geschichte, nämlich den zum Teil fehlerhaften Dekompressionsberechnungen der Desktop Deco-Software bei Trimixen mit grossen He-Anteil gibt es da:

https://www.researchgate.net/publication/331114454_Decompression_calculations_for_trimix_dives_with_PC_software_variations_in_the_time-to-surface_where_do_they_come_from

bzw. auch noch da:

https://www.divetable.info/sammelband/Sammelband_CAISSON.pdf

und das Desktop Deco-Software prinzipiell mit Fehlern behaftet sein kann (DIVE übrigens auch ... ☺), wie, ganz natürlich, jedwede Software überhaupt, findest du ebenfalls in unserem TDM-Archiv:

<https://www.divetable.eu/TDM/index.htm>

54 „%P“ = der Prozent-Plot (nur für Luft / EANx)

Mit „%p“ wird ein prozentualer Plot der Sättigungen erstellt. Die Einfärbung der Kompartimentsättigungen (grün, gelb, rot) geschieht nach den Vorgaben des DAN DRA (Decompression Risk Analysis). Für unseren Jura-TG sieht das beim Auftauchen so aus:

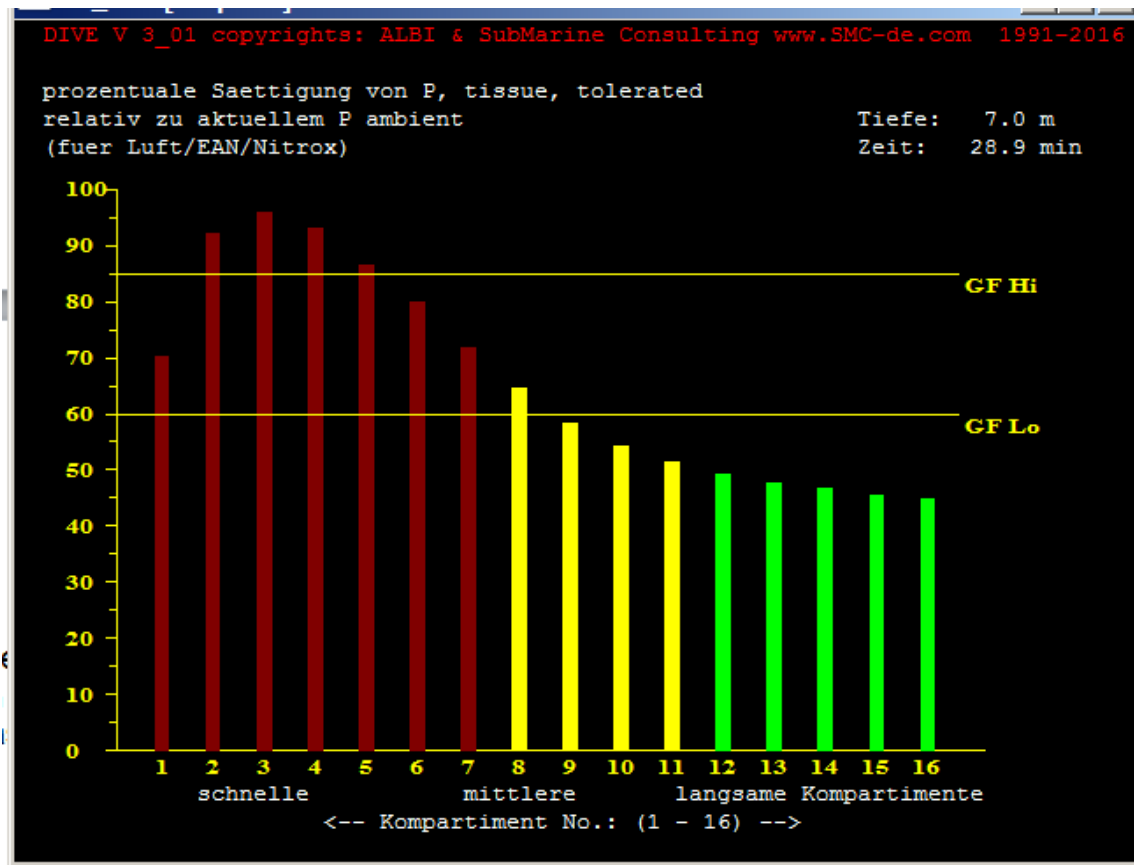
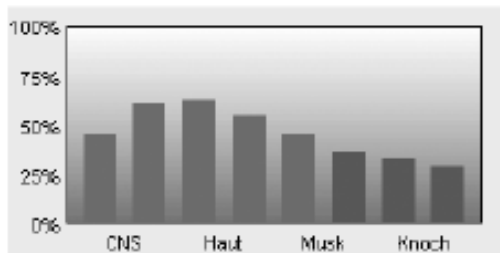


Abbildung 54-1: %P, der "Prozent-Plot" der Inertgassättigungen mit der DAN DRA

Die Balken der Inertgassättigung berechnen sich als Prozentwerte der maximalen, tolerierten Sättigung, relativ zum gerade herrschenden Umgebungsdruck. Dieser Plot ist damit mit den sonst üblichen direkt vergleichbar:

4.7 Gewebedarstellung



Diese Grafik stellt verschiedene Gewebe und ihren Sättigungszustand während des Tauchgangs dar. Die linke Seite zeigt die schnellen, die rechte Seite die langsamen Gewebe. Die Grafik zeigt die relative Sättigung im Verhältnis zum Umgebungsdruck an. 100% markiert die maximal erlaubte Sättigung.

Rot zeigt die Sättigung eines Gewebes an.
Grün signalisiert keine Sättigung des Gewebes.
Lila zeigt eine Übersättigung an.

Abbildung 54-2: Inertgassättigung nach UWATEC, Quelle: SmartTRAK Handbuch DEU (S.19)

bzw. so für einen 50 m TG beim Auftauchen auf 9 m:

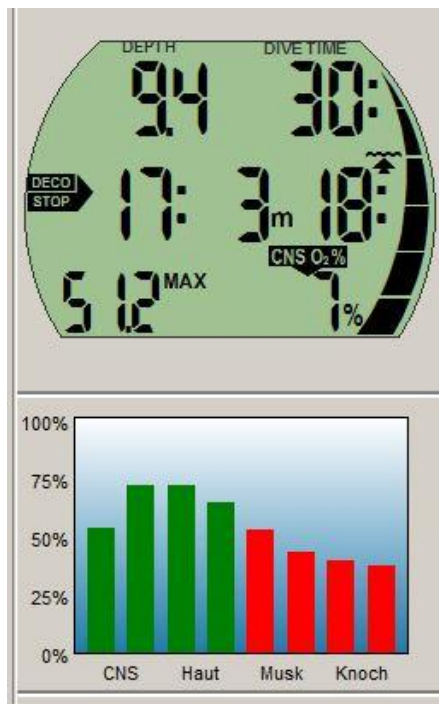


Abbildung 54-3: Inertgassättigungen, Quelle: mein SmartTRAK Logbuch

Vom DAN DRA, der „Decompression Risk Analysis“ ist die Einfärbung folgendermaßen abgeleitet:

$0 \leq x \leq 0,49$:	grün
$0,5 \leq x \leq 0,69$:	gelb
$0,7 \leq x \leq 1,0$:	rot

Tabelle 6: DAN DRA Parameter

Man kann somit relativ schnell und anschaulich eine einfache Risikoabschätzung vornehmen. Wem dies tatsächlich zu einfach ist, der Befehl „PDCS“ ergibt eine genauere Analyse anhand mehrerer publizierter und teilweise getesteter Algorithmen. „Teilweise“ bedeutet in diesem Zusammenhang, daß es kaum zuverlässige Datenbasen gibt für echte Multi-Level TGs.

Wie kommt man nun ,ran an diesen DAN DRA? Ganz einfach: eure Tauchcomputer-Logfiles mittels der dazugehörigen Logbook-Software in das DAN DL7 level 3 Fileformat konvertieren (Dateiendung: *.zxl) und ab damit zu DAN:

<https://www.diversafetyguardian.org/>

dem Portal des „Diver Safety Guardian“. Bist du aktives DAN-Mitglied, dann werden deine eingepflegten Logfiles dem kleinen DRA Dämonen zum Fraß vorgeworfen und sofort on-line analysiert. Es gibt dann die DRA-Auswertung pro TG, als auch, s. unten, eine Statistik über alle deine hochgeladenen Luft/EAN-TG (für Trimix / Heliox geht das im Moment noch nicht, Stand 07/2016):

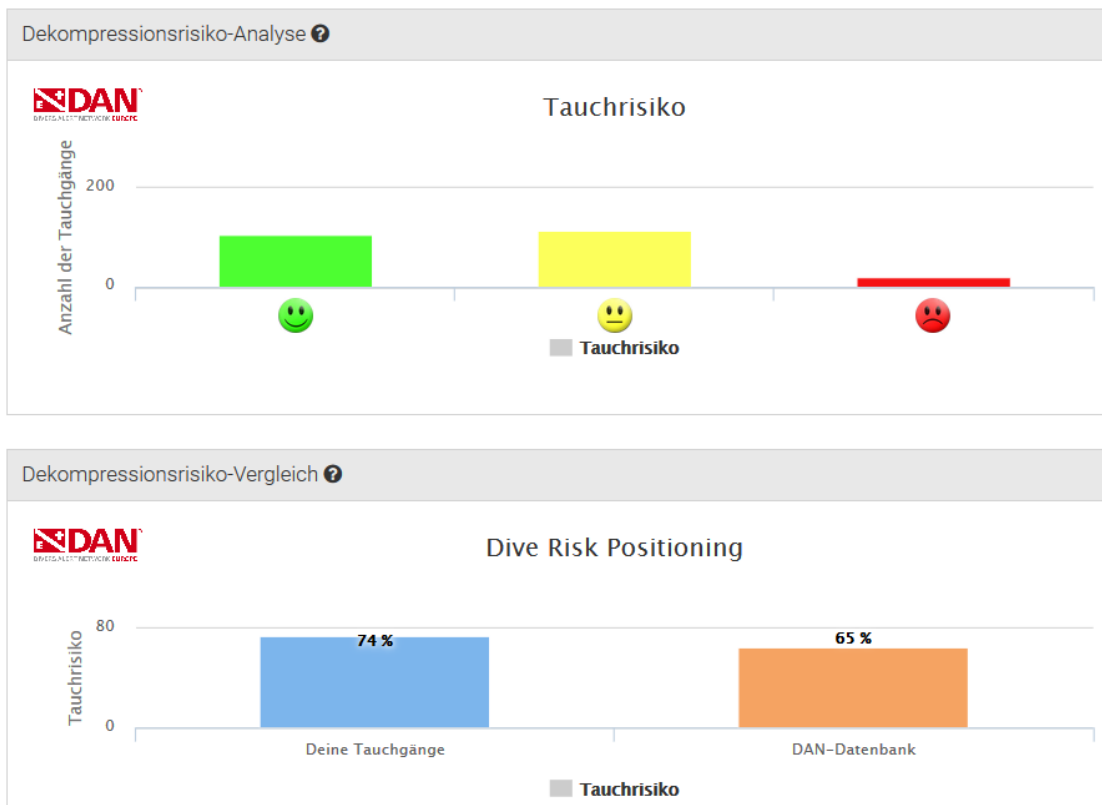


Abbildung 54-4: DAN DRA Statistik Auswertung

55 „RS“ = der RGBM Simulator

Hier werden die sogenannten „bubble factors“ berechnet und als kleine Matrix ausgegeben. Die „bubble factors“ sind einfach das Produkt aus den 3 „reduction factors“ (RF) des RGBM Modells; diese heißen CHI 1 bis CHI 3 und bedeuten eine Reduktion der M-Werte durch:

- CHI 1: Oberflächenpause (SI)
- CHI 2: Wdh-TG ist tiefer als der vorangegangene („deeper than previous“ oder „reversed profile“)
- CHI 3: multi-day diving frequency (Anzahl Tauchgänge innerhalb 24 h).

Die genaue Berechnung erfolgt gemäß folgender Quelle: ON MODERN DIVE COMPUTERS AND OPERATION, Protocols, Models, Tests, Data, Risk And Applications by B.R. Wienke and T.R. O’Leary (NAUI TEC paper, auf S. 32 dieses PDFs).

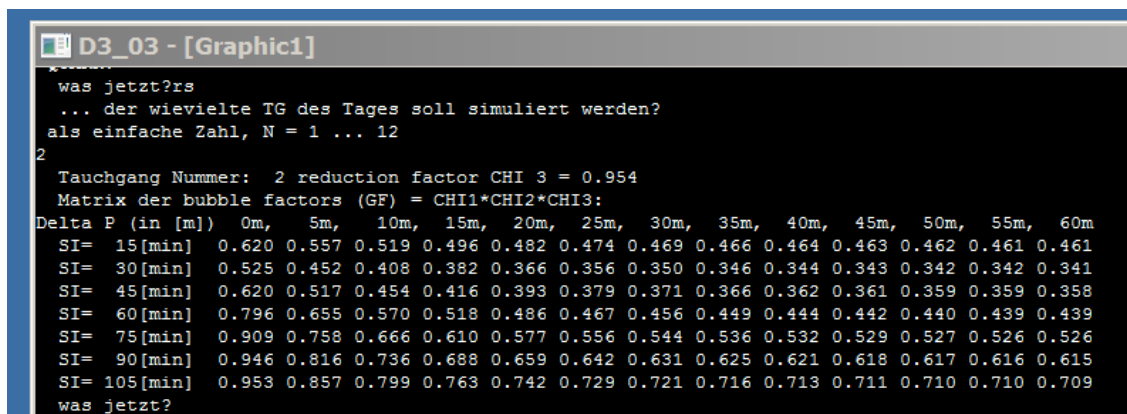


Abbildung 55-1: Matrix der RGBM "bubble factors"

Zuerst wird die Nummer des Wdh-TGs abgefragt, selbstverständlich kann auch der 1.TG des Tages mit den RGBM bubble factors beaufschlagt werden. Handelt es sich um einen traditionellen Wdh-TG, ist hier einfach $N = 2$ einzugeben (oder mehr ...). Der Wdh-TG kann in die ähnliche Tiefe führen (ΔP in [m] = 0, ganz links), ansonsten eben die geschätzte Tiefendifferenz in m vom vorausgegangenen TG zum aktuellen, dem Wdh-TG. Bei 60 m hörst halt auf, d.h. wenn der vorausgegangene TG auf max. 20 m war, würdest du jetzt den Wdh-TG auf 80 m planen. Die Matrix beginnt in der 1. Zeile mit dem SI (OFP) von 15 min und geht bis 105 min (letzte Zeile) da dann der CHI1 Faktor gegen 1 geht. Die ausgegebenen Werte der Matrix sind die sogen. „bubble factors“ ($= CHI1 \cdot CHI2 \cdot CHI3$) und sind dann wie die üblichen Gradientenfaktoren (GF) zu benutzen: so rechnen die meisten Tauchcomputer, die behaupten ein RGBM Modell im Bauch zu haben und in Wahrheit aber nur das sogen. „RGBM folded over ZH-L“ benutzen: die Faltung über das Perfusionen ZH-L Modell geschieht nun genau mit dieser Matrix der „reduction factors“.

Die Algorithmen sind relativ einfach und in der o.g. Quelle dokumentiert: mit DIVE spart man sich halt die Rechnerei. Hintergründe & Details (und, natürlich, auch die Fehlerchen in der o.g. Veröffentlichung ☺ ...): wie immer, im Manual vom „deco workshop“: dort gibt es bereits ein eigenes Kapitel, welches der genauen Analyse dieser Algorithmen sowie den praktischen Konsequenzen auf die TG-Planung gewidmet ist.

Zusammenfassend: anhand der

- Nummer des Wdh-TGs
 - der Länge der OFP in min und der
 - Größe des Tiefenunterschiedes in m
- kannst du einen **passenden GF** in der Matrix ablesen. Diesen nimmst du und
- planst dann deinen Wdh-TG **nochmals**.

Du hast hierbei die Freiheit, den GF aus der RGBM Matrix nach gutdünken einzusetzen: entweder nur als GF Low, dann bleibt $GF_{Hi} = 1.0$ oder eben beide, also GF Hi und GF Lo auf den RGBM Wert zu setzen.

(Bem.: allerdings muß man halt a bissle aufpassen, was man denn da so als GF einsetzt: rein mathematisch ist ja fast alles möglich & keine Deco-Software oder der Mischgascomputer wird sich wehren. Werden aber die GF merklich $< 0,4$ wird der physiologisch sinnvolle Bereich ganz langsam verlassen ...)

56 „BP“ = „Ball Park“, (Taucher-)Daumen-Werte

Hiermit werden kurzerhand die exakten Werte für Dichte, Erdbeschleunigung, Startluftdruck so gesetzt, daß die üblichen „Ball Parks“ = Taucher-Daumenwerte gelten, d.h.:

- ➔ Druckzunahme um genau 1,0 Bar für 10 m geometrischer Wassertiefe,
 - ➔ Sowie Luft = 20/80 (O_2 / N_2)
 - ➔ AMV = 20 L / min,
 - ➔ AR = 10 m / min,
- siehe auch noch weiter unten, die Details zu den Genauigkeiten von DIVE.

57 „HM“ = „Heat Maps“, auch für Trimixe

Die „heat maps“, auf neudeutsch, sind einfache Ampelgraphiken: grün ist ok, gelb: na ja und purpur-rot ist super-scheisse ...

Funktioniert ganz analog zu „%P“, aber halt für Trimixe ...: siehe Titelseite dieses Manuals hier, unterer Teil. Das TMX Gemisch wird ausgewiesen, der Algorithmus ist identisch zum DAN DRA. Die Heat Map liefert somit für EANx ganz genau das identische Ergebnis wie „%P“.

58 Caisson / TBM Profile

Profile für Caissons oder TBM (Tunnelbohrmaschinen) sind nach der sogenannten Druckluftverordnung (DruckLV, BRDrs. 327/13) geregelt. Die Deko-Stufen sind in ab 10 m Tiefe in 5 m Abständen gehalten, bei 10 & 5 m wird mit 100 % O₂ dekomprimiert. Die Tiefen gehen von 7 bis 36 m in 1 m Abständen, die Grundzeiten von 30 min bis max. 7 h 30 min:

Tabelle 1: Ausschleusung mit Sauerstoff im Normalbetrieb

Achtung: Mit der Sauerstoffatmung darf erst begonnen werden, wenn der Druck in der Schleuse auf 1,0 bar abgesenkt ist.

Arbeitsdruck ²⁾	Aufenthalt in Druckluft (ohne Ausschleusungszeit)	Ausschleusung bis zur ersten Stufe	Aufenthalt auf den Druckstufen während des Ausschleusens Min.				Ausschleusungszeit insgesamt
bar	Std. Min.	Min.	1,5 bar	1,2 bar	Sauerstoff		Std. Min.
					1,0 bar	0,5 bar	
0,7	7:30	1	0	0	0	5	0:06
0,7	7:00	1	0	0	0	4	0:05
0,7	6:00	3	0	0	0	0	0:03
0,8	7:30	1	0	0	0	11	0:12
0,8	7:00	1	0	0	0	10	0:11
0,8	6:00	1	0	0	0	7	0:08
0,8	5:00	1	0	0	0	5	0:06
0,8	4:00	3	0	0	0	0	0:03
0,9	7:30	2	0	0	0	18	0:20
0,9	7:00	2	0	0	0	16	0:18
0,9	6:00	2	0	0	0	13	0:15
0,9	5:00	2	0	0	0	10	0:12
0,9	4:00	2	0	0	0	7	0:09
0,9	3:00	3	0	0	0	0	0:03
1,0	7:00	2	0	0	0	24	0:26
1,0	6:00	2	0	0	0	19	0:21
1,0	5:00	2	0	0	0	15	0:17

Tabelle 7: DruckLV: Beginn und:

3,6	2:00	7	8	12	61	28	1:56
3,6	1:45	7	5	9	53	23	1:37
3,6	1:30	7	2	8	45	18	1:20
3,6	1:15	8	0	4	38	14	1:04
3,6	1:00	8	0	1	30	10	0:49
3,6	0:45	9	0	0	21	4	0:34
3,6	0:30	9	0	0	16	0	0:25

Tabelle 8: DruckLV: ... Ende

Mit mehr oder weniger sinnvollen physiologischen Annahmen können wir mit DIVE die Tabelle nachrechnen, bzw. im Beispiel gleich erweitern:

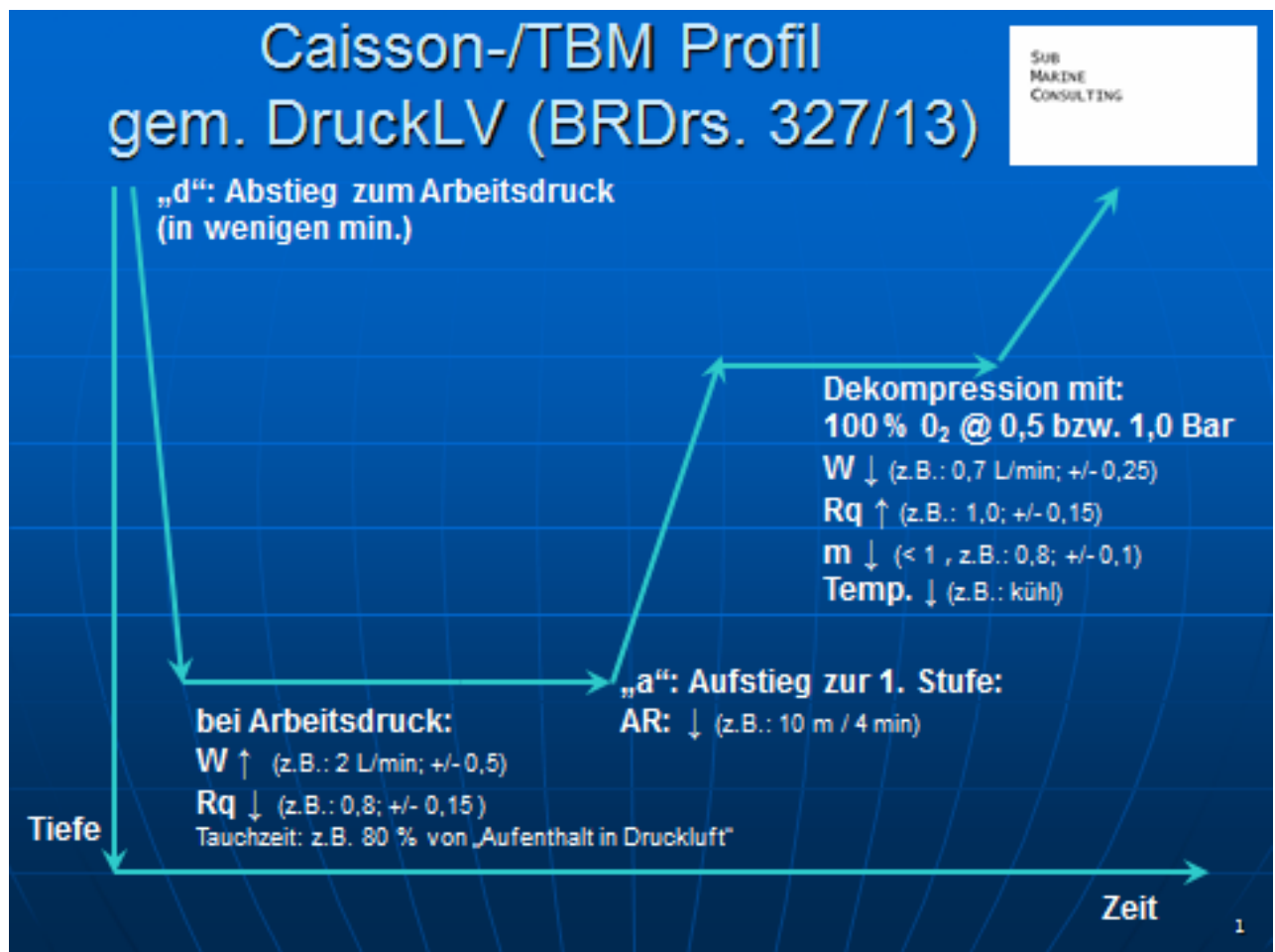


Abbildung 58-1: Caisson-/TBM Profil: Variation der physiologischen Parameter

Wir nehmen zur Übung das Profil 1,0 Bar (Überdruck = 10 m äquivalenter Wassertiefe) für 7 h (= 420 min) her:

damit tatsächlich *dieser Druck bei der geometrischen Wassertiefe* herrscht, entweder:

→ über die Taucher-Daumenwerte („BP“) oder

→ über eine erhöhte Dichte („DI“ „1020.5“) den Wert anpassen, oder

wenn mit der Dichte für Süßwasser gerechnet wird (default),

→ eben die Tauch-Tiefe entsprechend erhöhen, z.B.: aus 15 m → 16 machen; dann:

- ❖ Abstieg zum Arbeitsdruck: „d“ „10.0“ „5.0“
- ❖ In der TBM wird stark körperlich gearbeitet, deshalb: „w“ „2.0“

Man kann auch den respiratorischen Koeffizienten anpassen; jetzt folgt der Aufenthalt beim Arbeitsdruck, korrigiert um die Ab- und Aufstiegsphasen:

- ❖ „d“ „10.0“ „410“.

Der Aufstieg kann auch noch angepaßt werden über

- ❖ „AR“ „2.5“, spätestens jetzt muß über:
- ❖ „w“ „0.7“ die körperliche Last wieder abgesenkt werden,

in der Deko-Phase wird ja üblicherweise nicht gearbeitet! Der Aufstieg erfolgt dann auf die modulo 5m Stufen, hier also:

- ❖ „a“ „5.0“

Rq und Temperatur kann auch noch angepaßt werden; soll darüberhinaus noch die Effizienz der BIBS-(Masken)atmung berücksichtigt werden, so kann hier durchaus auch noch ein Faktor < 100 %, z.B. über: „m“ „0.8“ eingetütet werden. Dies wäre eine maximale Effizienz von 80 % im BIBS, der Rest wäre N₂. Ist jetzt die gesamte TTS von 5 m zur Oberfläche interessant, einfach mit „e“ „0.0“ den Aufstieg berechnen lassen.

Mit diesen Eingaben erhalten wir z.B. für die „AD“:

```
was jetzt?w
Eingabe Sauerstoffverbrauch [ L / min ] 0.25 -> 3.0 L/min: .75
was jetzt?ad
Accelerated Deko Prognose:
3m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 26.00
TTS = 26.00
```

Abbildung 58-2: „w“ & „ad“

Tekkies würden hier nach ca. 20 min Sauerstoff-Atmung noch einen Air-Break mit 5 - 10 minütiger Luftatmung einfügen.

Für Arbeitsaufenthalte die etwas länger dauern würden (Notfallplanung, „contingency planning“) würden wir in etwa folgende Werte erhalten:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Arbeits- druck	Aufenthalt in Druckluft (ohne Ausschleusungs- zeit)	Aus- schleusung bis zur ersten Stufe	Aufenthalt auf den Druckstufen während des Ausschleusens in Min.			Aus- schleusungs- zeit insgesamt		
1									
2						Sauerstoff			
3	Bar	Std. Min.	Min.	1,5 Bar	1,2 Bar	1,0 Bar	0,5 Bar	Std. Min.	0,5 Bar (*)
	1,0	8:30	2	0	0	0	35	0:37	44
	1,0	8:00	2	0	0	0	34	0:36	41
4	1,0	7:30	2	0	0	0	33	0:35	38
5									
6	(*) Berücksichtigung der Arbeitslast mit max. 0,7 L/min O ₂ Verbrauch sowie der BIBS Effizienz von max. 80 %								

Tabelle 9: DruckLV „extended“ © ALBI

Die „**roten Werte**“ können physiologisch noch nach oben, zur konservativeren Seite, korrigiert werden, indem während der Deko-Phase ein kleinerer VO_2 und eine noch geringere BIBS-Effizienz unterstellt wird.

Selbstverständlich können die obigen Profile auch völlig *unphysiologisch erzwungen* werden, indem ein Satz von *kryptischen Gradientenfaktoren* benutzt wird. Als Beispiel nehmen wir wieder das Profil 1,0 Bar, 420 min und GF Hi = 0.8, GF Lo = 0.6:

„d“ „10.0“ „420“

„gf“ „0.8“ „0.6“

„a“ „5.0“ die berechnete TTS mit 96 min gilt nur für Luft, also:

„AD“:

```
Accelerated Deco Prognose mit Gradientenfaktoren: GFHI= 0.80 GFLO= 0.60
3m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2):25.00 GF = 0.60 Komp.#: 11
TTS = 25.00
```

Abbildung 58-3: DruckLV mit GF

Die TTS **paßt in etwa** zum entsprechenden Eintrag in der obigen DruckLV-Tabelle.

Die Notfallplanung für 450, 480 und 510 min ergibt dann ganz ähnliche Zahlen: 32, 33, 34 min TTS.

Ab der *Version 3_05* kann das auch automatisiert gemacht werden über den Befehl „TBM“ (wie Tunnel Bohr Maschine). Es werden hierbei aber auch noch die Korrekturfaktoren für „workload“ veränderbar gemacht; Quelle: [204], S. 327 & 359:

```
was jetzt?tbm
Eingabe A. A. Buehlmann Faktor:
1.1 < AAFAKTOR < 2.0
2.
Eingabe USN NEDU N2 Faktor:
1.4 < NEDU_N2 < 2.0
1.2
Eingabe USN NEDU HE Faktor:
1.4 < NEDU_HE < 2.0
1.2
Accelerated Deco Prognose:
10m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 1.00
5m Stopp Prognose Dekozeit (100 O2): 29.00
TTS = 31.00
```

Abbildung 58-4: "TBM"

Korrekturfaktor (Methode)	Wertebereich
AA Bühlmann	1,1 → 2,0
USN / NEDU N ₂	1,4 → 2,0
USN / NEDU HE	1,4 → 2,0

Tabelle 10: Korrekturfaktoren für workload

59 „CP“ = „COMEX Procedure“, die COMEX Prozedur für Bounce-Dives

Aus mehreren hundert von erfolgreichen SAT-TGs hat die Fa. [COMEX](https://comex.fr/)(<https://comex.fr/>) eine Austausch-Prozedur entwickelt, die wir hier allerdings für Bounce-Dives „mißbrauchen“. Und das ganz ohne Kompartimente und HWZ. Details, wie immer im „deco workshop“, die Quellen zum nachlesen / nachrechnen sind unten, im Anhang D, angegeben. Die COMEX Prozedur hat nur einen einzigen freien Parameter, hier bei DIVE und in allen einschlägigen Veröffentlichungen als griechisches Lambda (λ) angegeben.

Die Anpassungen erfolgten hier für *Bounce Dives mit Luft (!)*. Für Heliox, echte SAT-TGs, kaltes Wasser, hohen pO₂ und starke körperliche Belastung muß der Lambda-Parameter noch jeweils separat angepaßt werden!

Da diese Prozedur aber im Wesentlichen immer wie eine Hyperbel aussieht (s. unten die Graphik aus „MS Mathematics“), lediglich die Tiefen (y-Achse) und Zeiten (x-Achse) sind halt geändert, gibt es hier im Programmchen keine graphische Plot-Ausgabe, dafür aber die Zahlen im Klartext:

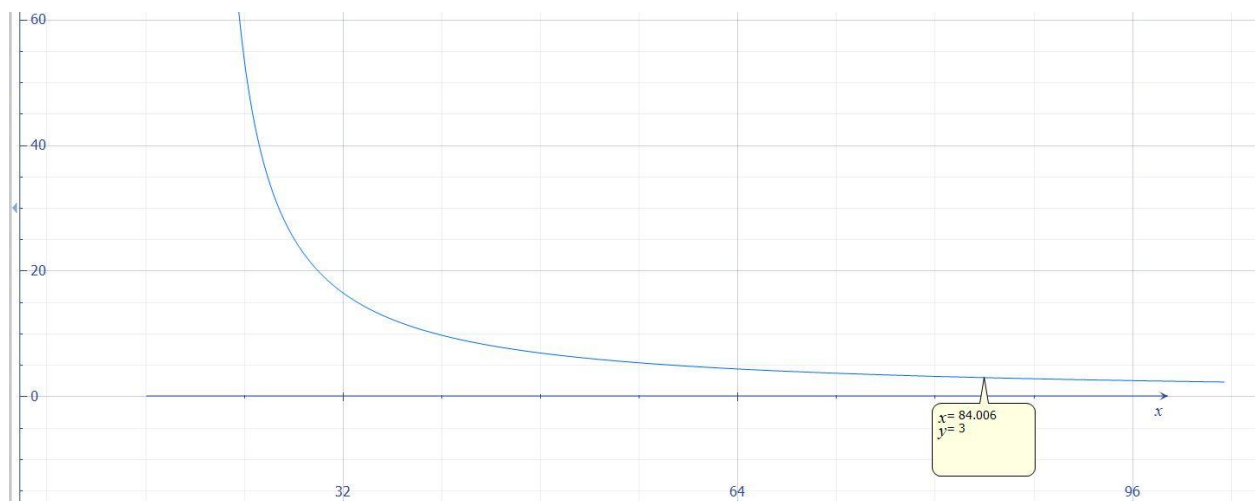


Abbildung 59-1: Beispiel für eine COMEX Prozedur für BOUNCE-Dives

Für unseren berühmtem Test-TG sieht es so aus:

```

Deko Prognose:
9m Stopp Prognose Dekozeit:      2.0  Komp. #: 3
6m Stopp Prognose Dekozeit:      6.0  Komp. #: 4
3m Stopp Prognose Dekozeit:     16.0  Komp. #: 6
TTS =      28.0
was jetzt?cp
COMEX Prozedur fuer BOUNCE DIVES !!!!
Eingabe COMEX Prozedur Parameter Lambda
als Dezimalzahl * 10 EXP 6!   70. <= Lambda <= 250. :
GESZ: 25.00 MAXT: 42.00 CPLAMBDA: 97000000.00 KONSTANT: 100.248
max. TTS: 131.3 Prozedur-Ende bei m: 0.8
max. TTS: 64.4 Prozedur-Ende bei m: 1.5
max. TTS: 47.7 Prozedur-Ende bei m: 2.0
max. TTS: 37.7 Prozedur-Ende bei m: 2.5
max. TTS: 31.0 Prozedur-Ende bei m: 3.0
*****
*****
Standard Deko-Stopps:
3.m Deko-Stopp: 25.1 min
6.m Deko-Stopp: 5.7 min
9.m Deko-Stopp: 2.5 min
12.m Deko-Stopp: 1.4 min
15.m Deko-Stopp: 0.9 min
18.m Deko-Stopp: 0.6 min
21.m Deko-Stopp: 0.5 min
24.m Deko-Stopp: 0.3 min
27.m Deko-Stopp: 0.3 min
TTS: 37.3
was jetzt?

```

Abbildung 59-2: COMEX Prozedur für 42 m / 25 min.

Je nach Abbruch, ob bei 3, 2, oder 1 m, also je nach Aggressivität, wird die Deko-Prozedur in Richtung Oberfläche exponentiell länger. Zum Vergleich mit den anderen Tabellen sind die Stopp-Zeiten separat ausgewiesen: breche ich bei 3 m ab, sind die TTS ziemlich ähnlich zu anderen Tabellen.

60 „SAT“ = die Auftauchprozeduren für Sättigungs-TG von MT92, N-15 & USN

Für „echte“ Sättigungs-TG (SAT, sat dive = saturation) kann über den Befehl „SAT“ die folgenden 4 Prozeduren berechnet werden. Da es sich um SAT TG handelt, werden außer der Tiefe (storage depth) keine TG-Parameter benötigt. Auch keine Kompartimentsättigungen: alle diese Auftauchprozeduren sind simple 3-Satz-Rechnungen!

Begrüßt wirst du mit einem kleinen Info-Block (so wie bei „AR“, bloß halt umgedreht), die vorher über „D“ eingegebene Tiefe wird benutzt, hier im Beispiel 42 m:


```

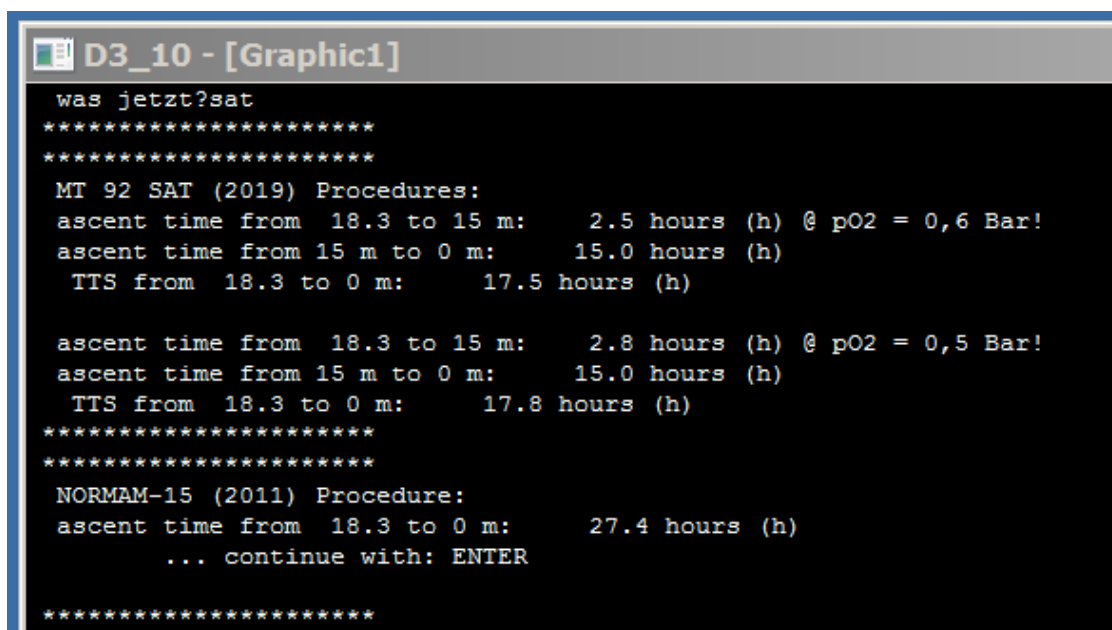
was jetzt?sat
INFO USN SAT Compression Rates:
minimal rate: 0.5 fsw/min (0.15 m/min)
0 - 60 fsw:    30 fsw/min (9.2 m/min)
60 - 250 fsw:  10 fsw/min (3.1 m/min)
250 - 750 fsw:  3 fsw/min (0.92 m/min)
750 - 1000 fsw: 2 fsw/min (0.6 m/min)

maximal compression time: 280.00 minutes
minimal compression time: 4.57

```

Abbildung 60-1: USN SAT Kompressionsraten

Es werden dann die MT92 / COMEX Prozedur (frz.) sowie die NORMAM-15 Prozedur (br.) und hernach die beiden Prozeduren der USN berechnet werden. Quellen zum nachrechnen / nachlesen: hinten, im Anhang D. Hierauf werden danach die ältere Prozedur (USN old) von 1991 und die neue, USN new, von 2018, ausgeworfen; hier am Bsp. des SAT TG zum „Aquarius“ Habitat auf ca. 60 feet, im Golf von Florida (weitere technische Details hierzu im [Manual](#) zum „[deco workshop](#)“, insbes. im Kapitel über Sättigungs-TGs!):



```

D3_10 - [Graphic1]
was jetzt?sat
*****
*****
MT 92 SAT (2019) Procedures:
ascent time from 18.3 to 15 m:    2.5 hours (h) @ pO2 = 0,6 Bar!
ascent time from 15 m to 0 m:    15.0 hours (h)
TTS from 18.3 to 0 m:    17.5 hours (h)

ascent time from 18.3 to 15 m:    2.8 hours (h) @ pO2 = 0,5 Bar!
ascent time from 15 m to 0 m:    15.0 hours (h)
TTS from 18.3 to 0 m:    17.8 hours (h)
*****
*****
NORMAM-15 (2011) Procedure:
ascent time from 18.3 to 0 m:    27.4 hours (h)
... continue with: ENTER
*****

```

Abbildung 60-2: SAT am Beispiel des AQUARIUS Habitats (MT 92 und N-15)

```

*****
USN SAT (1991) Procedure:
ascent time from 18.3 to 16 m:    3.4 hours (h)
ascent time from 16 m to 0 m:    25.0 hours (h)

TTS from 18.3 to 0 m:    28.8 hours (h)

1 Foot STOP Times! For Storage Depth:
1.000 ft: + 15 min
200 ft: + 24 min
50 ft: + 30 min

... continue with: ENTER

```

Abbildung 60-3: USN SAT old: 1991

```

*****
USN SAT (2018) Procedure:

Storage Depth: 60.0 feet / m: 18.3
ascent time from 18.3 to 16 m / 50 ft: 2.2 hours (h)
ascent time from 16 m to 0 m / 0 ft: 16.7 hours (h)

TTS from 18.3 to 0 m:
(from: 60.0 ft to 0 ft): 18.9 hours (h)

Traveltime = 18.89 hours that is:
1 Days a 16 h deco + 8 h stop
+ 2.89 hours @ last day

COMPLETE SCHEDULE, TTS = 26.89 HOURS!

USN SAT EXCURSIONS (2018) Procedures:
Excursions? Y for YES or N for NO:

```

Abbildung 60-4: USN SAT new:2018

Für TTS > 16 h muß bei der USN 2018 noch eine Ruhepause von 8 h hinzugezählt werden: der Tag hat halt nur 24 h, und nachts wird geschlafen, auch in der Deko-Kammer, und nicht dekomprimiert!

Tippt man oben beim Exkursions-Diaolog ein „Y“ für „yes = ja“, dann wird man durch die nach der USN-Prozedur erlaubten Exkursionen geführt. Drum sind alle Dialoge in EN und feet geblieben ...

Abschliessend kann man noch ein kleines Tool zur Schätzung der erforderlichen Gasmengen benutzen; muß man aber nicht ...:

```

COMPLETE SCHEDULE, TTS = 52.25 HOURS!

USN SAT EXCURSIONS (2018) Procedures:

Excursions? Y for YES or N for NO: n

GASMANAGEMENT

Ballpark calculations of required gases? Y for YES or N for NO: y
    you may overwrite defaults
number of divers (1 - 16) = 2 ?
chamber volume in [m**3] = 30 ?
leak rate per day = 2 % 2 ?
max. oxygen consumption [L/min] = 1 ?
max. bottom depth [m] = 42 ?
bottom time [hours] = 72 ?
minimal compression time [min] = 11 ?
adjust time-to-surface [hours] = 53 ?
tank volume (watercapacity) [L] = 50 ?
tank/storage pressure [bar] = 200 ?

Ballpark Bottom Gas:
Chambervolume: 30 [m**3] leak rate: 2 % = 3 m**3 per day
Bottom Gas: 156 [m**3] + LEAKS: 16 [m**3]
total run time: 125 hours
req. TOTAL BOTTOM GAS = ca. 172 [m**3]
i.e. ca.: 20 tanks @ 198 [bar] with 50 [L] water capacity.

Ballpark Oxygen:
for: 2 DIVERS @ 1 L/min O2 during: 7453 minutes = ca. 14.00 O2 m**3
i.e. ca.: 2 tanks @ 198 [bar] with 50 [L] water capacity.

was jetzt?

```

Abbildung 60-5: vereinfachtes Gasmanagement für SAT TG

Die Vorgabe-Werte kann man überschreiben oder einfach mit RETURN (Datenfreigabe) quittieren.

59 „K“ = der K-Werte Planer

Die K-Werte sind sogen. „severity indices“ (Quellen: Ran Arieli et al., IDF, siehe im Abschnitt Anhang D) und dienen zur aktuellen Berechnung der CNS- & P-OT, also der Dosis der Sauerstoff-Schädigungen (OT, oxygen toxicity) für das Zentralnervensystem (CNS-) sowie für die Lunge (P-).

Mit dem Kommando „k“ wird die Planungsroutine aufgerufen: mit den aktuell berechneten K-Werten („topical K“ values) des TGs kann man die zu erwartenden Zeitfenster für verschiedene Dekompressions-Szenarien abrufen, hier wieder für unseren Jura-TG (die Ausgabe ist gleich auf englisch: das Modul wird irgendwann in einer englischen Version D3_11 erscheinen ...

😊). Der Ziel-pO₂ für eine beliebige Deko-Stufe ist als freier Parameter veränderbar, die

Zeitfenster orientieren sich an den ZNS-Risiko-Schwellen mit 1, 2, 4 & 6% sowie an einer 2 bzw. 10 % Reduktion der Vitalkapazität ($-\% \Delta VC$) bei der P-OT.

Die Erholung von dieser Dosis, die sogen. „recovery function“ wird auch mit einer anderen HWZ berechnet wie bei der NOAA: dies geschieht ab D3_10 während der OFP / SI automatisch. Und ist somit über „z“, „p“, das PROTOCOL File und das Kompartiments-File zu beobachten:

```

was jetzt?k
K-Value Plan: CNS-OT & P-OT
Target pO2, default = 1.6:
in [atm] !!!
topical K CNS-OT:      941.2      topical K P-OT:      0.2
**** K max values ***** CNS-OT:
1% risk:  26108.  2% risk:  58571.  4% risk:  196811.  6% risk:  432700.
percent of K max dose:
1% risk:  .036  2% risk:  .016  4% risk:  .005  6% risk:  .002
max. time [min] for 1% CNS risk:  26.5
max. time [min] for 2% CNS risk:  42.8
max. time [min] for 4% CNS risk:  83.5
max. time [min] for 6% CNS risk:  126.9
**** K max values P-OT:  244      1220 ****
percent of K max dose:
-2% delta VC:  .001 -10% delta VC:  .000
max. time [h] for - 2 % delta VC:  5.173
max. time [h] for - 10 % delta VC:  11.770

```

Abbildung 59-1: der K-Werte Planer

61 „DS“ = deco stress Indices

Steigt der PrT Wert von Hempleman (siehe das dazugehörige Kapitel weiter oben) über 13, dann können per „ds“ die Werte des aktuellen Segmentes sowie des kompletten TGs dargestellt werden. Zusätzlich gibt es noch den „I“ Index vom DCIEM. Da dieser Wert etwas unhandlich ist und von der TTS als freier Input-Parameter abhängt, gibt es eine kleine Tabelle dazu mit den TAT (total ascent time) von 50, 100, 150 & 200 %. Ebenso ist dieser I-Index abhängig von der Gasart. Für unser Standard-Szenario (42 m, 25 min) ergibt sich bei einem Stopp auf 20 m und der dann vorgeschlagenen TTS von 26 min. folgendes Bildchen:

```

D3_10 - [Graphic1]
niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
  9m Stopp Prognose Dekozeit:    1.0  Komp.#:  3
  6m Stopp Prognose Dekozeit:    6.0  Komp.#:  4
  3m Stopp Prognose Dekozeit:   17.0  Komp.#:  6
TTS =    26.0
was jetzt?ds
deco stress indices: PrT & I (DCIEM):
planned time-to-surface (TTS)?
in minutes (min.)!  26.
max. depth / ascent rate + sum of all stop times:  31.67
PrT value, all segments:  34.47
PrT value topical segment only:  4.20

DCIEM I values for air, EAN/O2 deco, trimix:

 50 % TAT [min]:  15.83  I AIR:  9.81  I EAN/O2:  7.85  I TMX:  2.94
    TAT [min]:  31.67  I AIR:  7.97  I EAN/O2:  6.37  I TMX:  2.39
150 % TAT [min]:  47.50  I AIR:  7.06  I EAN/O2:  5.64  I TMX:  2.12
200 % TAT [min]:  63.33  I AIR:  6.47  I EAN/O2:  5.18  I TMX:  1.94
was jetzt?

```

Abbildung 61-1: deco stress Indices

62 „UMR“ = Umrechnungen

Ein kleines Tool zur Umrechnung der allfälligen Druckeinheiten. Mit Eingabe von „umr“ erscheint die Matrix der Konversionsfaktoren gemäß USN, Rev. 7, Table 2-10 von Seite 153:

```

D3_10 - [Graphic1]
was jetzt?umr
UNIT  Umrechnungen von => nach:
      (* Faktor)

M    m ==> feet    3.280830
T    feet ==> m    0.304801
B    bar ==> atm   0.986923
B    bar ==> fsw   32.633880
A    atm ==> bar   1.013250
A    atm ==> fsw   33.066596
F    fsw ==> bar   0.030643
F    fsw ==> atm   0.030242

Eingabe UNIT: M,T,B,A,F
oder: Q, ?:

```

Abbildung 62-1: Druck-Umrechnungsfaktoren gemäß USN Rev. 7

Und hernach die Frage, was genau du den umrechnen willst ...

Die Tabelle der Konversionsfaktoren kann jederzeit mit „?“ angezeigt werden und mit „Q“ oder „q“ verläßt du dieses Tool.

63 „CLR“ = „CLEAR“, Tabelle der „default“- Werte

SPRACHE = 'DE'
C

```

800 NZWO = 0.79
   OZWEI = 0.21
   HELIUM = 0.0
   AMV = 25.0
   RQ = 1.0
   OXCONS = 0.25
   PSTART = 1.013
   BKORR = 'N'
   LATENCY = 'N'
   FIRSTOP = 3.0
   LASTSTOP = 3.0
   GFFLAG = 'N'
   GFHI = 1.0
   GFLO = 1.0
   AR = 9.0
   O2HWZ = 120.
   NUMFLAG = 'OFF'
   DICHT = 998.203
   G0 = 9.80665
   TEMPRT = 20.0
   K_INDEX = 0.0
   K_AKTUEL = 0.0
   POT_IND = 0.0
   POT_AKT = 0.0
   ESOT_IND = 0.0
   PRT = 0.0

DO 801 I = 1, 16
   TAU(I)      = N2TAUORG(I)
   LAMBDA(I)   = N2LAMORG(I)
   HETAU(I)    = HETAUORG(I)
   HELAMBDA(I) = HELAMORG(I)
801 CONTINUE
C
C      INITIALISIERUNG
C
DO 200 I = 1, 16
   GFHIA(I) = 1.0
   GFLOA(I) = 1.0
   HEGFHIA(I) = 1.0
   HEGFLOA(I) = 1.0
   PGWEIBE(I) = NZWO * PSTART
   HEPGEW(I) = HELIUM * PSTART
   PGWESUM(I) = PGWEIBE(I) + HEPGEW(I)
   PUTOL(I) = 0.58
   CEILING(I) = 0.0
200 CONTINUE
C

```

Tabelle 11: Tabelle der "default" Werte

Mit „CLR“ werden alle Variablen **des Tauchgangs** in den Anfangszustand versetzt (= default Werte), ganz ähnlich wie das Beenden und anschließender Neuanfang des Programms. Die Kompartiments-Matrizen bleiben aber unverändert!

64 Überblick über die ASCII Schnittstellen von DIVE

Hier eine kleine Liste der Zusammenfassung aller Befehle, die die ASCII-Schnittstellen bedienen:

- „Z“ „Zeige“ alle TG-Parameter sowie die aktuellen Kompartimentswerte, dies kann abgelegt werden in einem Ascii-File (weitere Details siehe dazu auch Anhang B)
- „F“ erfragt den Filenamen <filename> genau des o.g. Files, danach Option „W“ (Write = schreiben) oder „R“ (Read = lesen). Das File heißt dann so:
C:\DIVE\PROT\<filename>.TXT
- „NC“ bzw.:
„HC“ die Koeffizienten-Matrizen
C:\DIVE\PROT\N2COEFF.TXT
C:\DIVE\PROT\HECOEFF.TXT

das Protokoll-File (die run time):

C:\DIVE\PROT\PROTOCOL.TXT

65 Planungsvarianten

Üblicherweise plant man längere / tiefere TGs in zwei weiteren Varianten um wirklich gegen jede Eventualität gewappnet zu sein. Die Ergebnisse der Planungen werden dann ausgedruckt & laminiert oder einfach auf UW-Schreibtafeln / wet notes etc. festgehalten. Eine pragmatische, schnelle, preiswerte und vor allem sehr sichere Methode ist das Beschriften von wasserfestem, grauem (Gewebe-)Tape mit wasserfestem Faserstift: den Streifen Tape einfach auf den Trocki aufkleben, z.B. im Bereich der Innenseite des Unterarms.

Die beiden zusätzlichen Varianten zum gewünschten Profil sind der:

- Abbruch Plan
- Notfall Plan

Die verwendeten Parameter sehen in etwa so aus:

- Abbruch Plan: geringere Tauchtiefe, kürzere Grundzeit
- Notfall Plan: größere Tauchtiefe, längere Grundzeit

Sinnvollerweise sind diese Planungen zunächst alle mit dem Back-Gas ausgeführt, d.h. es werden keine Deko-Gase eingesetzt. Damit ist gleichzeitig der Fall eines katastrophalen Verlustes aller Deko-Gase mitabgedeckt. Euer Back-Gas, im Prinzip also die Gasmenge, die ihr mit eurer Doppel-12 etc. auf'm Buckel mitschleift, muß dann für alle diese 3 Planungsvarianten, **incl. Stress-/Belastungsfaktor** genügen. Um Stress bzw. erhöhte körperliche Anstrengungen zu berücksichtigen werden gerne die ermittelten Gasmengen einfach mit 1,5 multipliziert. D.h. aus einem AMV in der Grundphase mit 25 L/min können dann durchaus amal 38 L/min werden, in der Deko dann entsprechend statt 11 bis 13 eben ca. 20. Die vorherige, genaue Ermittlung eures AMV anhand kontrollierter TG ist ziemlich hilfreich zum Bestimmen eines realistischen & angemessenen Gasvorrats.

Das AMV von 25 L/min mag ungewohnt hoch erscheinen, vor allem, wenn man als gut trainierter und ausgebildeter Taucher für einen Spaß-TG durchaus mit 10 – 12 L/Min auskommen kann. Hier nur als Referenz:
im norwegischen & britischen Sektor (in der Nordsee, für Ölbohrungen) werden für die Bail-Out Versorgung von der Glocke auf Arbeitstiefe 35 L/min vorgeschrieben
(Quelle: [206], S. 776).

Bsp.:

Wunschprofil: 39 m / 20 min mit Luft

Abbruch Plan: 20 oder 30 m / 10 bis 15 min

Notfall Plan: 42 m / 25 bis 30 min

Wie kriegt man das mit DIVE elegant in den Griff?

Am obigen Bsp. beginnt man mit dem Abbruch Profil und fügt dann die weiteren Werte für Tiefen und Zeiten sukzessive hinzu, in etwa so:

“d” → 30.00, 15

“a” → Abbruch Plan notieren; “clr”

“d” → 39.00, 20

“a” → Wunschprofil notieren; “clr”

“v” → AMV anpassen

“d” → 42.00, 25 oder auch 30

“a” → Notfall Plan notieren;

jetzt mit “a” oder “d” diesen Plan tatsächlich ausführen und rechnen lassen, in den Deko-Phasen dann jeweils wieder mit “V” das AMV erneut anpassen: jede Austausch-Stufe sowie die Transits zwischen diesen (“AR” eventuell anpassen) ist jetzt im Protokoll-File mit Tiefen, Zeiten und Gasverbrauch hinterlegt. Wenn eure Gasmengen für den Notfall Plan ausreichend bemessen sind, sind sie es auch automatisch für die beiden anderen Profile, da diese ja flacher und/oder kürzer sind.

Als letzter Schritt wird dann das ursprüngliche Wunschprofil auch mit den Wunsch-Gasen geplant, d.h. mit “m” Wechsel auf die EAN Gase, z.B. hier beim deep stop auf ca. 20 m auf EAN 50 oder auch nur auf 6 m auf EAN99; dann noch die OTUs und ZNS Werte im Protokoll-File kontrollieren.

66 Genauigkeit von DIVE

Die grundlegende Gleichung zur Berechnung des hydrostatischen Drucks p sieht ja so aus:

$$p = \rho * g * h$$

mit:

ρ , spezifische Dichte

g , Erdbeschleunigung

h , geometrische Länge der Wassersäule

d.h. der Umgebungs- (= Gesamtdruck) P_{amb} ist dann $P_{amb} = p_0 + p$
und p_0 ist der Luftdruck zu Beginn des Tauchganges.

Werden jetzt statt der allgemein benutzten und korrekten die (taucher-)üblichen Schätzwerte eingesetzt, d.h.

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3, g = 10 \text{ m/sec}^2 \text{ (und } p_0 = 1.000 \text{ mbar} = 1 \text{ Bar)}$$

erhält man tatsächlich für die 10 m Wassersäule einen Druck von 10^5 Pascal, d.h. genau 1 Bar;
d.h. mit einem AMV von 20 L/min werden in 40 m Tiefe nach 10 min tatsächlich $20 * 5 * 10 =$

1000 L benötigt ... Die Abweichungen zur Realität sind für triviale TEC/Rec TG nicht relevant, für die anderen Tauchoperationen allerdings schon ...

Hier noch ein Beispiel, wie man das auch in den run times sieht, wenn die Schätzwerte (ball parks, Befehl „BP“) benutzt werden:

```
Yr: 2019 Mon: 01 D: 24 Hr: 17 Min: 14 Version: 3_03 , 01/2019
Test mit BP = Ballparks !!!
TIEFE  ZEIT  GES.ZEIT  N  O  HE  CNS  OTU  GAS
X  0.00  0.00  0.00  0.79 0.21 0.00  0.  0.  0.00
D  40.00 10.00 10.00  0.80 0.20 0.00  3. 10. 1000.00
A  10.00  3.00 13.00  0.80 0.20 0.00  3. 10. 240.00
D  10.00 10.00 23.00  0.80 0.20 0.00  3. 10. 400.00
A   0.00  1.00 24.00  0.80 0.20 0.00  3. 10. 100.00
X   0.00  0.00  0.00  0.79 0.21 0.00  0.  0.  0.00
```

Allerdings wird dann, z.B. für unseren Test-TG der Deko-Plan etwas konservativer.

Aus: 9 m / 2 min, 6 m / 6 min, 3 m / 16 min
werden gleich:
9 m / 3 min, 6 m / 7 min, 3 m / 18 min
!!

N.B.: deshalb, und dies ist ja nur einer der Gründe, ist es angezeigt, daß die Werte der verwendeten Konstanten von allen Produkten (Tauchcomputer & Deko-Software) öffentlich, d.h. vergleichbar, gemacht werden ...

Die „Taucher Ball Parks“ werden ganz einfach auch „von Hand“ erreicht, indem man mit dem Faktor aus den „default“-Werten: 10.000 / Wasserdichte * Erdbeschleunigung = 1,02154580150843; d.h. ca. **1022**. in „DI „ eingibt!

Die Verringerung der Erdbeschleunigung vom Pol zum Äquator um ca. 0,5 % ($g_{0, \text{Pol}} = \text{ca. } 9,832 \text{ m/s}^2 \rightarrow g_{0, \text{Äquator}} = \text{ca. } 9,780 \text{ m/s}^2$) lassen wir auch mal außer Acht....

67 Ein Tipp für Novizen-Experten und TEC-Diver:

„Fallt nicht der Computer-Narkose zum Opfer!“

Mit den vielen Simulationsmöglichkeiten von „DIVE“ kann durchaus gezeigt werden, wie eine gute Ausbildung (= ein guter Tauchlehrer/-in), etwas Übung und Erfahrung (= viele erfolgreiche Tauchgänge) und gesunder Menschenverstand sowie eine vernünftige Tauchgangsplanung und ein ebenso vernünftige/-r Tauchpartner/-in einen Haufen „options“ und „features“ von anfälligen High-Tech Tauchcomputern und überteuerten Desktop-Deco-Softwares relativieren kann.

Weiterer Tipp: glaubt nicht blindlings alles, was euch das Display eures Tauchcomputers vorgaukelt oder eine Desktop Deco-Software: jedes dieser Produkte hat irgendeinen Bug (und natürlich auch DIVE ... ☺)! Versucht diese Anzeigen anhand eures gesunden Menschenverstandes und eurer Erfahrung nachzuvollziehen / zu verstehen. Wenn ihr mit Mischgasen taucht, versucht anhand von bewährten Tabellen (U.S. Navy, DCIEM, COMEX etc.) eure Profile zu vergleichen und modifiziert diese ggfs. mit euren persönlichen Erfahrungen, Sicherheitsfaktoren oder auch den **eigenen Ultraschall-Doppler-Messungen!**

68 Literatur

- Das Manual zum PADI „DIVE COMPUTER & DIVE TABLES“ Specialty, dem Tauchtabellen und Tauchcomputer Spezialkurs. Es gibt eine kurze Einführung in die Tauch-Physiologie, der Dekompressionsrechnung mit einfachen Beispielen sowie die grundlegenden Technologien der Tauchcomputer samt einem kleinen historischen Überblick und Kopien von vielen Deko-Tabellen; hier die Leseprobe / Inhaltsverzeichnis:
 - <https://www.divetable.info/skripte/tables.pdf>
- Dekompression: Manual zum „deco workshop“. Mittlerweile hat sich diese ca. 800-seitige Dokumentation zum Standardwerk für Tekkies entwickelt; es gibt jede Jahr, meist nach dem UHMS ASM (dem Annual Scientific Meeting der UHMS oder der EUBS) einen größeren update; hier die Leseprobe / Inhaltsverzeichnis:

https://www.researchgate.net/publication/369196910_Leseprobe_Dekompression

- Theorie der Dekompressionsrechnung und Mischgasttheorie, unter:
 - <https://www.divetable.info/skripte/theorie.pdf>
- Weitere Literatur unter:
 - <https://www.divetable.eu/BOOKS/index.htm>

69 Motivation, Geschichte und Hintergrund-Infos (die Idee hinter „DIVE“)

Das Programm „DIVE“ ist ein Tauchgangssimulationsprogrammchen, oder, wem das besser gefällt: ein Baukasten für Überdruck-Physiologie (der auch bei Apnoe, Sättigungs-TG oder Caisson- und Tunnelarbeiten eingesetzt werden könnte) bzw. eine Planungshilfe für anspruchsvolle TEC-TG.

Eines der Ziele ist es, dem geübten / fortgeschrittenen Taucher (*) die interne, logische Funktionsweise eines Tauchcomputers in allen Details verständlich zu machen. Weiterhin werden die Rechenvorgänge in Tauchcomputern resp. Tauchtabellen begreiflich gemacht. Hierzu dient eine graphische Anzeige der berechneten Kompartimentsättigungen als Balkendiagramm sowie deren vollständige numerische Anzeige. Weiterhin sollen einige moderne Dekompressionsstrategien und Berechnungsverfahren, besonders für TEC-Taucher, transparent gemacht werden.

Es steht die Bedienung des DIVE Programmes hier im Manual im Vordergrund: wie plant und simuliert man, wie werden Parameter sinnvoll verändert. Die physiologischen Hintergründe werden hier nur kurz erwähnt: die genaueren Details sowie die vielen Quellen hierzu sind in den anderen Manuals, hauptsächlich dem grossen Manual zu unserem deco workshop, dem „Manual Dekompression“ enthalten. Link dazu weiter oben, im Abschnitt „Literatur“.

Es können vollkommen beliebige (Multi Level)-Tauchgänge in beliebige Tiefen mit beliebigen Zeiten und mit beliebigen Gasgemischen und beliebigen Oberflächenpausen simuliert werden. Es erfolgt keine Kontrolle, ob z.B. eine Tiefe von 400 m vielleicht etwas zu tief wäre oder ob ein NITROX Gemisch mit 1% Sauerstoff vielleicht doch nicht ganz so geeignet ist: ein echter Tauchcomputer macht das ja (normalerweise) auch nicht!

Es bleibt also eurem Sachverstand überlassen, sinnvolle Tauchgänge zu planen, zu simulieren und die dazugehörigen Austauschzeiten bzw. Kompartimentsättigungen anzuschauen und die berechneten Austausch-Prognosen gegen neuere Deko-Szenarien zu testen...

Ein weiteres Ziel, welches sich allerdings erst im Laufe des letzten Jahrzehnts herauskristallisiert hat, ist der Wunsch der (TEC-)Anwender, mit dem Output von DIVE die Ergebnisse von anderen Desktop-Deco Softwares oder eines Mischgascomputers zu vergleichen bzw. zu kontrollieren. Ein weiterer Wunsch war, die Ergebnisse eines echten TGs zu vergleichen. Hierzu dient das DAN File Format DL 7 Level 3 sowie die ASCII-Input/Output Schnittstelle (siehe dazu den Anhang B und den Befehl „F“)

Das Programm war in der Ur-Form von 1991 bis 2014 in der Programmiersprache FORTRAN 77 geschrieben. Im Laufe der Jahre 2014 → 2025 wurden mehrmals neue Entwicklungsplattformen (aktuell jetzt: MS Visual Studio 2022) sowie ein moderner Intel-Compiler (aktuell jetzt):

```
Intel(R) Fortran Intel(R) 64 Compiler ifx  
Version 2025.0.0 Build 20241008
```

benutzt. Die internen Berechnungen erfolgen nun grundsätzlich mit $2 * 64 = 128$ Bit, d.h. mit einer geschätzten Genauigkeit von bis zu 33 Nachkomma-Stellen und einer (ziemlich wahrscheinlichen ☺) Genauigkeit von 23 signifikanten Nachkommastellen, die berechneten Stopp-Zeiten und Inertgaspartialdrücke sind also relativ genau. Da einige Tauchtabellen aus den 80ern stammen und noch mit 8 Bit-Technologien berechnet wurden und deshalb mit einer geschätzten Genauigkeit bei DOUBLE PRECISION bis max. zur 2,5 also nichtmal ganz zur 3. Nachkomma-Stelle, kann es bei sehr langen, ganz flachen TG stellenweise bereits nur aus diesem Grund Abweichungen im Minuten-Bereich geben.

Mit einem üblichen Perfusion-Modell nach J.S. Haldane werden die Kompartimentsättigungen berechnet. Voreingestellt ist ein Bühlmann-Hahn ZH-L 16 Algorithmus. Sämtliche Formeln habt ihr bereits während des Kurses kennengelernt. Die Halbwertszeiten (HWZ, TAU) sowie die a- & b- Koeffizienten sind per default originale Bühlmann Koeffizienten (1985 – 2002), können aber von Hand modifiziert werden; es können auch an der DECO 2000 angepaßte Koeffizienten für Luft/EAN-TG verwendet werden. Diese speziellen Koeffizienten habe ich von Dr. Max Hahn erhalten (siehe dazu auch die Danksagung im Skript zum Tauchcomputer/Tabellen Spezialkurs). Die PC-generierten Tabellen sind zwangsweise ein klein wenig konservativer als die „echte“ Tabelle. In einem Experten Modus können auch komplett eigene Koeffizientensätze verwendet werden und darüberhinaus können pro Kompartiment angepaßte HI und LO Gradientenfaktoren benutzt werden (VGM Methode): dies ist getrennt, jeweils für Stickstoff als auch für Helium möglich.

Andere Computer, d.h. andere Tabellenmodelle arbeiten i.d.R. anders: andere Anzahl Kompartimente, andere zugehörige HWZ, andere max. tolerierte Überspannungen. Die Umwandlung der Parameter vom USN/PADI-Typ (M0, DeltaM) nach a-/b- habt ihr im Kurs bereits kennengelernt. Weiterhin gibt es die RGBM Familie, deren Algorithmus sich ganz anders darstellt. Allerdings benutzen die Tauchcomputer und die üblichen Desktop-Deco Softwares mit den RGBM Modellen normalerweise ein „RGBM folded over ZHL“; (andere kreative Wortschöpfungen sind „recreational RGBM“, „Haldane imbedded“, etc, ...) d.h. diese rechnen also im Kern des Programms mit einem etablierten ZH-L Modell, das jedoch mittels

geeigneter (Gradienten-)Faktoren aus dem RGBM-Modell angepasst wird. Die Erkenntnisse aus diesen Übungen sind also nicht ohne Weiteres auf andere Tabellen/Computer übertragbar!

Es werden immer alle Parameter, sowohl für Stickstoff als auch für Helium in den üblichen 16 Kompartimenten dargestellt: ihr könnt dann sehen, wenn z.B. bei einer 6 m Deko-Stufe eine Deko-Zeit von 4 min anfällt, welches Kompartiment hierfür verantwortlich ist. Genauso gut könnt ihr beobachten, was passiert, wenn auf einer 3 m Deko-Stufe die Deko-Zeit künstlich verlängert wird (also wenn z.B. noch ein paar Bildchen am Riffdach geknipst werden oder ihr noch ein bisschen am Ankerseil 'rumhängt). Die Kompartimente mit den längeren Halbwertszeiten werden dann einfach weiter gesättigt! Oder ihr schaut euch die Übersättigungen an, wenn auf einer Deko-Stufe ein fetter EAN Mix eingesetzt wird.

Beim Austauschen werden verschiedene Deko-Prognosen vorgestellt und auch die hierfür verantwortlichen Kompartimente mit der dazugehörigen HWZ. Stichworte sind hierbei: PMRC, R/L Shunt, deep stops, PDIS, GF sowie VGM und eine Temperatur-Adaption, in etwa analog zum „ADT (=adaptiv)“ vom ZH-L 8.

Mit einigen wenigen Eingaben können auch komplexere Vorgänge, wie z.B. die:

- isobare Gegendiffusion
- O₂ Prebreathing
- Verdünnungs-Hypoxie
- Veränderungen der Perfusion bei einer erhöhten
- körperlichen Belastung unter Wasser,
- Abkühlung oder auch
- eine Anfahrtsrampe zum Bergsee veranschaulicht werden.

Sämtliche weitere theoretische Hintergründe findet Ihr in der Literaturliste unseres Kursskriptes zum PADI Specialty „Tauchcomputer und Tauchtabellen“; wer sich für tiefergehende Informationen hierüber interessiert, dem sei das Folgeseminar „Dekompression“ bzw. unser „deco workshop“ hier in Esslingen empfohlen. Und auch hierzu gibt es ein nettes Manual zu kaufen.

Das Programmchen besteht im Source Code zur Zeit aus ca. 15.000 Zeilen (ca. 400 kB) und benötigt als ausführbare *.EXE mit allen DLLs (dynamic link libraries) ca. 2,5 MB Arbeitsspeicher und kann ab WIN7 auf jedem Windows-OS in der 64 Bit Version laufen.

Ganz bewußt haben wir auf graphischen Schnick-Schnack verzichtet! Die Zahlen-Kolonnen sollen verdeutlichen, mit welchen internen Informationen gearbeitet werden könnte, bevor eine „nackte“ Zahl kommentarlos auf dem Tauchcomputer-Display erscheint. Auch deshalb haben wir hier ganz bewußt auf eine frühzeitige Rundung verzichtet!

Gerundet nach dem Muster „nächstgrößere Tiefe / Zeit“ wird ausschließlich in den Simulationen der Tool Box und den Deko-Prognosen, damit ihr mit euren Tabellen bzw. euren Tauchcomputern vergleichbare Werte habt. Es werden dann zwar immer noch Abweichungen von 1 – 3 Minuten auftauchen: wenn ihr aber im „deco workshop“ dabei wart, wißt ihr auch genau, warum das so sein muß Darüberhinaus gibt es die Möglichkeit, die Tabellenkorrektur einzuschalten, die bei der Berechnung der Bühlmann-Tabellen benutzt wird (Befehl „B“).

(*): ein PADI / SSI Advanced Kurs (o.ä., z.B. ein CMAS ***) und ein NITROX / EAN Grundkurs ist auf jeden Fall hilfreich.

Tatsächlich haben mich ein paar PADI Course Directors während meines IDC in den 80igern des letzten Jahrtausends auf sowas angesprochen. Daraufhin setzte ich mich mit Jeff Nadler in

Verbindung: Jeff war damals President DSAT®. Wohl als einer der allerersten im guten alten Europa erhielt ich das komplette Skript [3]:

Ht	RDP	Square	Blue Book
5	99.08	103.1	102.9
10	82.63	84.2	84.1
20	66.89	67.3	67.2
30	59.74	59.9	59.8
40	55.73	55.8	55.7
60	51.44	51.5	51.4
80	49.21	49.2	49.1
100	47.85	47.9	
120	46.93	46.9	46.9
160	45.78	45.8	
200	45.07	45.1	
240	44.60	44.6	
360	43.81	43.8	
480	43.40	43.4	

Abbildung 69-1: RDP HWZ & M0, Quelle [3], S. 21

Da uns natürlich die ΔM für die Deko-Stopp Berechnungen fehlten, haben wir das schließlich nicht benutzt, sondern eben die USN Matrizen.

N.B.: d.h. alle Tauchcomputer, die behaupten, ein DSAT / RDP Modell implementiert zu haben, müssen veränderte („modified“) M_0 sowie nicht-verifizierte ΔM Werte benutzen. „Nicht verifiziert“ bedeutet in diesem Zusammenhang: ungeprüft durch die Test-Tauchgänge zur Entwicklung des RDP, da ja damals Deko-TGs (und, natürlich, auch Bergsee-TG sowie TG > 39 m!) explizite ausgeschlossen waren.

Die in den nächsten beiden Bildchen beschrittene Stufen sind deutlich getrennt, aber voneinander abhängig:

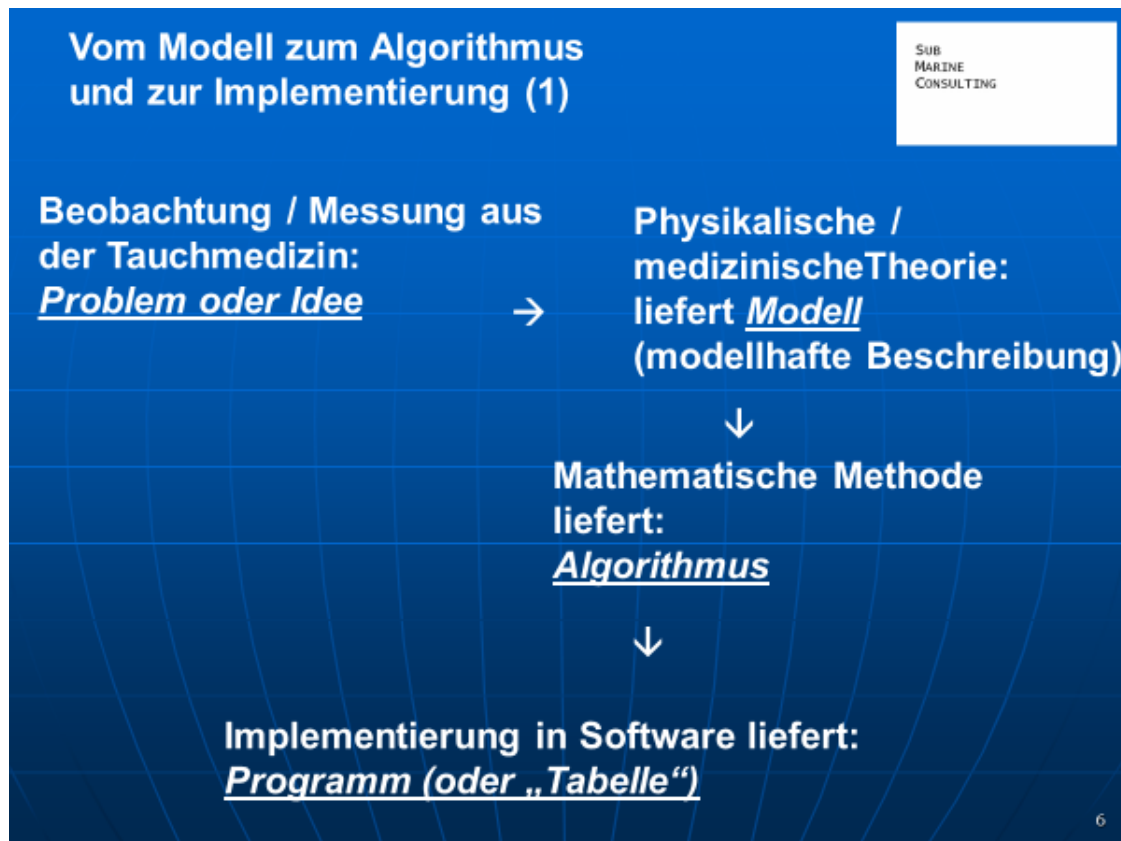


Abbildung 69-2: vom Modell zum Algorithmus (1)

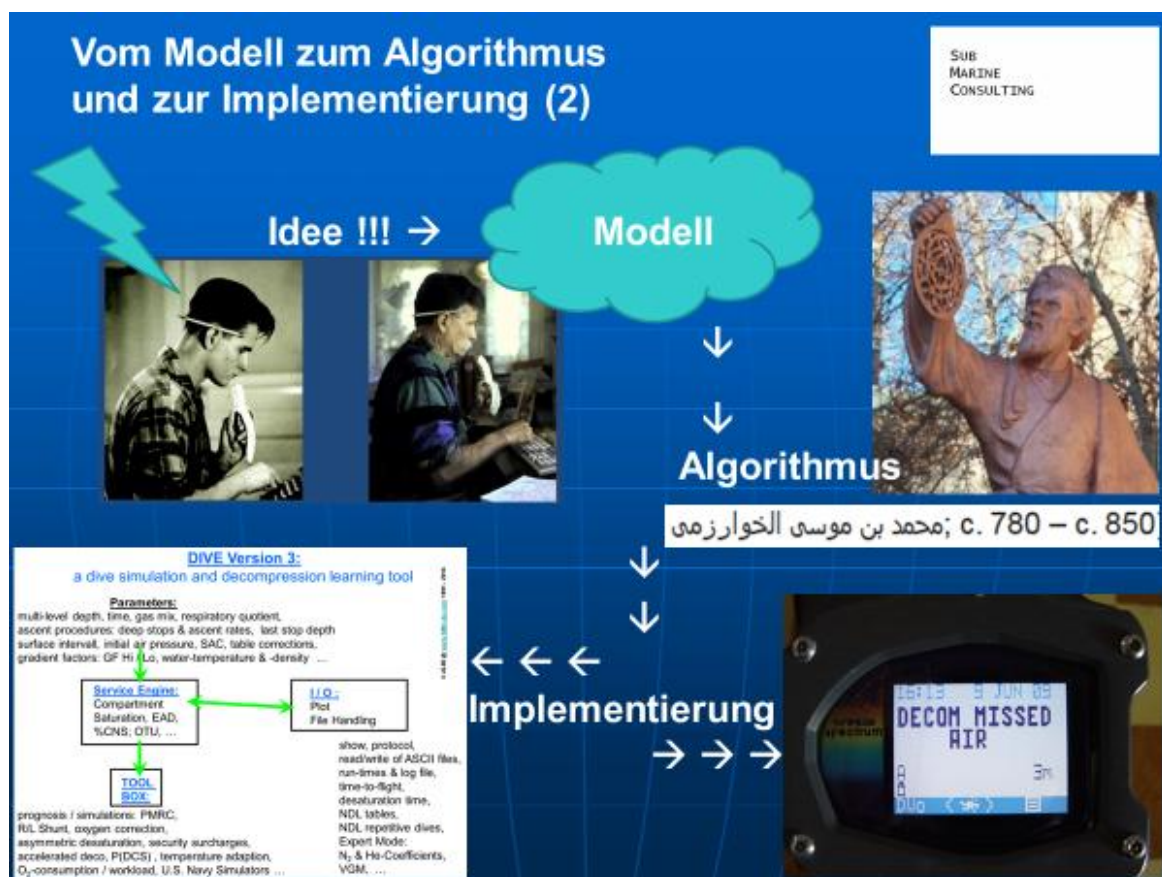


Abbildung 69-3: vom Modell zum Algorithmus (2)

Mit jedem der skizzierten Schritte können sich nicht nur Fehler einschleichen, sondern auch irgendwelche Abweichungen im Verständnis, oder, in den letzten beiden Schritten, Vorlieben und Eigenheiten der Programmierer ... Aus diesem Grunde empfehlen [wir](#) folgendes, in etwa analog zu den (zumindest teilweise) öffentlich zugänglichen Ergebnissen von streng standardisierten (und damit vergleichbaren) Crash-Tests bei PKWs:

- Standardisierte Programm-Module
- und Parameter
- Source Code / Code review transparent
- Benchmarks mit Tauchgangs-Suite
- Tauchcomputer sollten sich an einem SIL (*) orientieren.

SIL ist ein „Safety Integrity Level“ gemäß IEC 61508. Übrigens: dieser Bursche da, oben links mit der Banane, ist Bill Hamilton, der Kamerad rechts im Bild heißt Muhammad Ibn Musa al

Chowarismi (arabisch: **لخوارزمي** محمد بن موسى), ein persischer Astronom und Mathematiker, dessen geographischer Bestandteil seines Familiennamens (**gelb**) der Pate für unser Wort „Algorithmus“ war (und ja, auch dies noch: ein Wort aus dem Titel eines seiner berühmten Bücher „Al Jabr ...“ wurde bei uns durch Lautverschiebung zur „**Algebra**“:

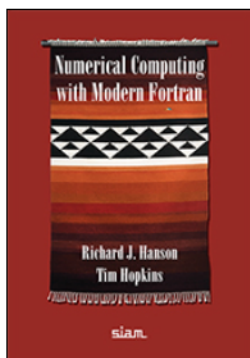
لكتاب المختصر في حساب الجبر والمقابلة .

Hilfsmittel zur Technologie:

Numerische Methoden und Source-Code von:

Website der Society for Industrial and Applied Mathematics (<http://www.siam.org/>)

- bzw. aus diesem Buch:



Numerical Computing with Modern Fortran

Richard J. Hanson and Tim Hopkins

Abbildung 69-4: Numerical Computing with Modern FORTRAN

Und diese hier noch:

- The Fortran 2003 Handbook The Complete Syntax, Features and Procedures
Jeanne C. Adams, Walter S. Brainerd, Richard A. Hendrickson, Richard E. Maine, Jeanne T. Martin; ISBN 978-1-4471-5942-1 Springer

- Modern Fortran Explained

Michael Metcalf, John Reid, Malcolm Cohen; ISBN 978-0-19-960142-4 Oxford University Press

Bei Performance- oder anderen Problemen hilft oft die kostenlose Toolbox von der Microsoft

- Sysinternals Seite: <http://live.sysinternals.com/>

Wer sich über die allfälligen DLLs (Dynamic Link Libraries) informieren möchte; das kostenlose

- Dependency Walker Tool (<http://www.dependencywalker.com/>)

70 Alphabetischer Index

%

%CNS 78
%ZNS 78

1

1,5 104

A

Abbruch Plan 104
accelerated 74
accelerated Deco 45
ADT 109
AIR BREAK 53, 62
Aleph 14
Algorithmus 112
AMV 34, 46
Anfahrtsrampe 58
Apnoe 74
Aquarius 99
Arieli 70
ASCII 104, 108, 126
asymmetrisch 62
atm 46

B

Ball Park 93, 106
Befehle 33
Bergsee 57
Bergseetauchen 71
Bessel-Funktion 11
Betriebssystem 124
BIBS 59, 96
Bounce Dive 98
Bradycardie 64
BRDRs. 327/13 94
bubble factors 92
Buehlmann 64
Bühlmann 54
Bühlmann Tabellenkorrektur 34, 36

C

Caisson 94
CCR 55
Ceiling 5, 33, 37, 48
CHI 92
CNS 56
CNS-OT 70
COCHRAN 68
COMEX 12, 98
COMMAND 27
Comment 31
Compiler 108
Cross 58
CRT 58

D

DAN 34, 62, 89, 91
DCAP 67
DECO 2000 65
deco stress 55
Decompression Risk Analysis 89
deep stop 50, 52, 57
default 104
Deko-Prognose 4, 52, 54
Deko-Stopp 21
Deko-TG 3
Delta-Analyse 121
DeltaM 65
Dichte 79
Dichteanomalie 79
DIVE V3 BETA Test 20
Diver Safety Guardian 91
DL7 91
DLL 109
DOLPHIN 55
Doppler 86, 107
DOS-Box 3
DRA 35, 89
Druck 105
Druckluftverordnung 94
DruckLV 94
Druck-Sprung 53

DSAT 110
DSL 62

E

EAD 34
EAN 37
EAN 32 36
Entsättigung 55
Entsättigungs-Rampe 50
Entsättigungszeit 56
EOD 84
Error 58
ESOT 49
Euler 88
Experten Modus 68, 108

F

favicon.ico 14
Fehlerfortpflanzungsgesetz 35
Fibonacci 130
FILE 126
Flugverbot 56

G

Gauge 58
GF HI 71
GF LO 71
Gradienten Faktor 34
Gradientenfaktoren 71
Graham 61

H

Habitat 99
Haftungsausschluß 12
Halbwertszeit 34, 62, 77, 108
Haldane 50, 69
Haldane imbedded 109
Hamilton 46, 78
Heat Map 94
HECOEFF.TXT 65
Heliox 60, 71
Helium penalty 61
Hempleman 55, 102
Henry 60
Hills 10, 50
HWZ 78
hydrostatisch 105

I

ICD 46
ICD Warning 60
Installation 13
instantan 53, 82
isobare Gegendiffusion 60

J

Jura-TG 3

K

K-Index 70
Koeffizienten Matrix 13, 64
Kommentar 31
Kompartimentsättigungen 10, 48, 107
Kompartimentsblock 48
Konversionsfaktoren 103
Korrekturfaktor 54

L

Latenz 34, 76
Leitkompartiment 4, 48
LEM 57
Literatur 107
loop 59
Luft 36

M

M₀ 65
Matrix 76
MD5 19
MEAN 81
Mittelwert 81
MOD 36, 74
Multi Level 108
M-Wert 62

N

N2COEFF.TXT 65
NDL 33, 36
NDL Tabelle 36
Nitrox 36
NOAA 47, 78
NOAA II 36
Notfall Plan 104
Nullzeit 37

O

OFP 21
OTF 84
OTU 47
Out-of-Range 58

P

p (Plot) 48
P(DCS) 35, 80
Parameterblock 48
PDIS 50, 109
Plot 39, 48
PMRC 34, 62, 109

Post Haldane 64
prebreathing 59
Protokoll-File 13, 31, 44, 53
PrT 55, 102
Prüfsummen 19

R

R/L Shunt 62, 64, 109
recovery 49
reduction factors 92
REPEX 47
respiratorischer Quotient 34, 57
RF 92
RGBM 92
RGBM folded over ZH-L 93
RGBM Matrix 93
RGBM Simulator 35
risk estimators 84
rollierende Nullzeit Tabelle 56
Rq 57
Ruhepause 101
run time 45, 53, 104, 116, 119

S

SAA 57
SAD 4, 10
safe ascent depth 4
SAT 12, 99
Sättigungs-TG 74
Sauerstoff-Korrektur 46, 62
Sauerstoffverbrauch 77
Schnellstart 3
Schrittweite 88
SCR 55
SDEV 81
SDR 66
SET POINT 55
Set Up 14
Shunt 64
Simulation 61
SmartTRAK 90
Standardabweichung 81
Stressfaktor 104

T

Tabellenkorrektur 110
Taucher-Daumenwerte 93

TBM 94
Temperatur 34
TG 21
time-to-flight 55
TONAWANDA IIa 65
Trimix 45
TTS 4, 52
Tunnel Bohr Maschine 97
Tunnelbohrmaschinen 94

U

UHMS 56
umr 102
US Navy 68
USN 12
USN new 99
USN old 99
UWATEC 50, 62, 75

V

Vasoconstriction 64
Verdünnungs-Hypoxie 59
Verzeichnisstruktur 13
VGM 68, 73, 108, 109
VO₂ 77
VVAL18 65
VVAL76 65
VVAL76-1 128

W

workload 97
Workload 77
Workman 65

Z

ZH-L 109
ZH-L 16 108
ZH-L 8 ADT 75
ZIP Archiv 18

Δ

Δ M 65

71 Anhang A: Qualitätssicherung für DIVE V 3; Stand: März 2021

Vergleich einiger Profile mit Standardwerkzeugen & Tabellen:

Wenn sich nach updates, bug fixes oder Patches gravierende Abweichungen ergeben, können wir nach Programmier-/Schreib-/Denk-/Rechenfehlerchen fahnden ... Die Zahl in eckigen Klammern [] ist die Referenznummer aus: <https://www.divetable.eu/BOOKS/index.htm>
Die aktuelle Auswahl der Standardtabellen und Werkzeuge ist für die folgenden 11 Szenarien:

- ➔ 1) Bühlmann / ZH-86 [65], S. 228; Luft 60 m / 21 min
- ➔ 2) DECO 2000; Luft 30 m / 42 min
- ➔ 3) DECO 2000; Bergsee (700 – 1-500 m), Luft 15 m / 72 min
- ➔ 4) DECO 92; EAN 36, 33 m / 34 min
- ➔ 5) Vergleich der run times & Gasmengen
- ➔ 6) Vergleich der numerischen Lösungen des Trimix Problems
- ➔ 7) Delta-Analyse mit Subsurface & MultiDeco: Tmx 21/50
- ➔ 8) Test-TG: 42 m, 25 min, mit Subsurface 4.9.6.0
- ➔ 9) Heliox-TG aus [4], S.35
- ➔ 10) Vergleich von ZH-86, DGUV40, DCIEM und DIVE V 3_09
- ➔ 11) Vergleich von MT92 und DIVE V3_09
- ➔ 12) Vergleich von USN, Rev 7. und DIVE V3_10 / 3_11
- ➔ 13) Vergleich von DCIEM mit DIVE V3_10 / 3_11

Die nahezu perfekte Übereinstimmung, z.B. bei den Szenarien 8) & 9) und insbesondere bei den 14 Profilen unter 10) und auch den 5 längeren Profilen bei 11) & auch bei 12) & 13) ist natürlich erfreulich, darf aber nicht zu der Fehleinschätzung verleiten, daß die verwendeten Tabellen oder Werkzeuge perfekt seien. Positiv bestätigt ist damit eigentlich nur, daß *wir in diesem Club hier die gleichen Fehler gemacht haben, oder ähnliche Fehler mit denselben Auswirkungen!*

Darüberhinaus gilt, wie schon in diesem Manual hier des öfteren erwähnt: wenn ein Deko-Profil für einen TG in der schützenden Einhüllenden (sagen wir amal < 30 m, < 30 min) für alle Tabellen und Werkzeuge die identischen Werte ergibt, bedeutet dies nicht, daß diese Vorgehensweisen für tiefere und/oder längere TGs genauso sicher sind. Nochmals: für TG außerhalb dieser schützenden Einhüllenden gibt es i.d.R. nur „Anekdoten“, d.h.: ganz wenig bis gar keine belastbaren Daten!

1) Bühlmann / ZH-86 [65], S. 228; Luft 60 m / 21 min:

15 m / 3' 12 m / 4' 9 m / 6' 6 m / 11' 3 m / 28'

```

was jetzt?a
maximale Ceiling: 13.99
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 25.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 36
PDIS fuer TAU = 10 min: 46.03 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 31.08 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 23.14 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
15m Stopp Prognose Dekozeit: 2.00 Komp. #: 2
12m Stopp Prognose Dekozeit: 3.00 Komp. #: 3
9m Stopp Prognose Dekozeit: 7.00 Komp. #: 4
6m Stopp Prognose Dekozeit: 12.00 Komp. #: 6
3m Stopp Prognose Dekozeit: 27.00 Komp. #: 7
TTS = 57.00

```

2) DECO 2000; Luft 30 m / 42 min:

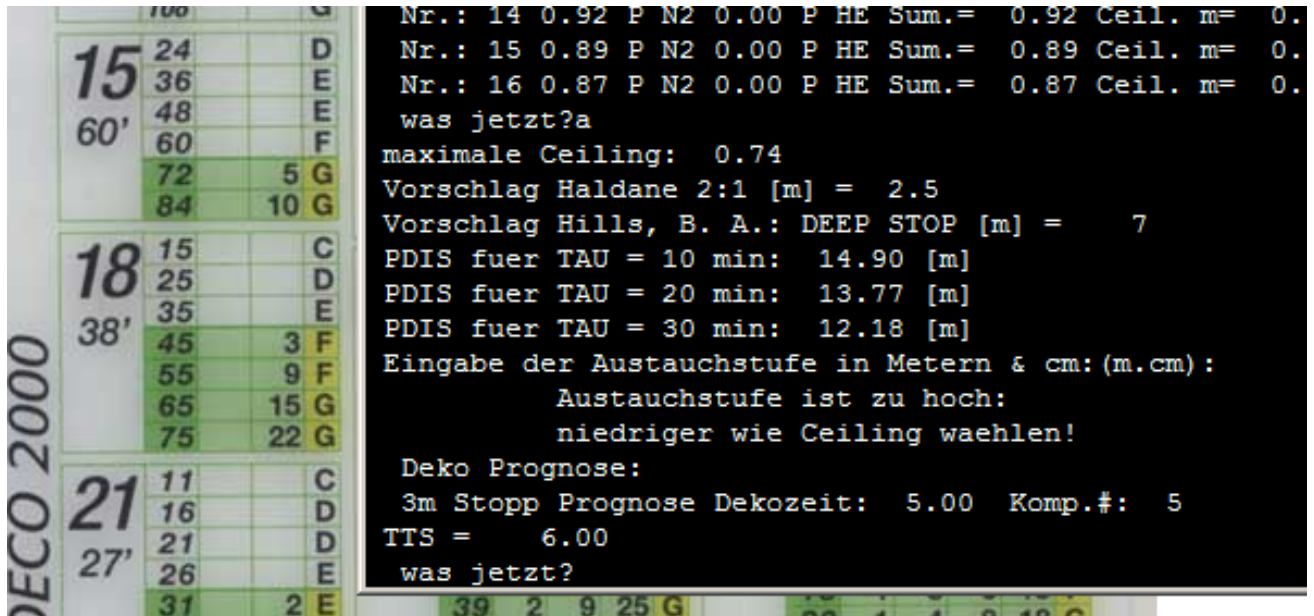
9 m / 1' 6 m / 9' 3 m / 19'

```

was jetzt?a
maximale Ceiling: 5.65
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 10.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 17
PDIS fuer TAU = 10 min: 28.37 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 23.03 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 18.68 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
6m Stopp Prognose Dekozeit: 9.00 Komp. #: 5
3m Stopp Prognose Dekozeit: 15.00 Komp. #: 5
TTS = 27.00

```


3) DECO 2000; Bergsee (700 – 1-500 m), Luft 15 m / 72 min:



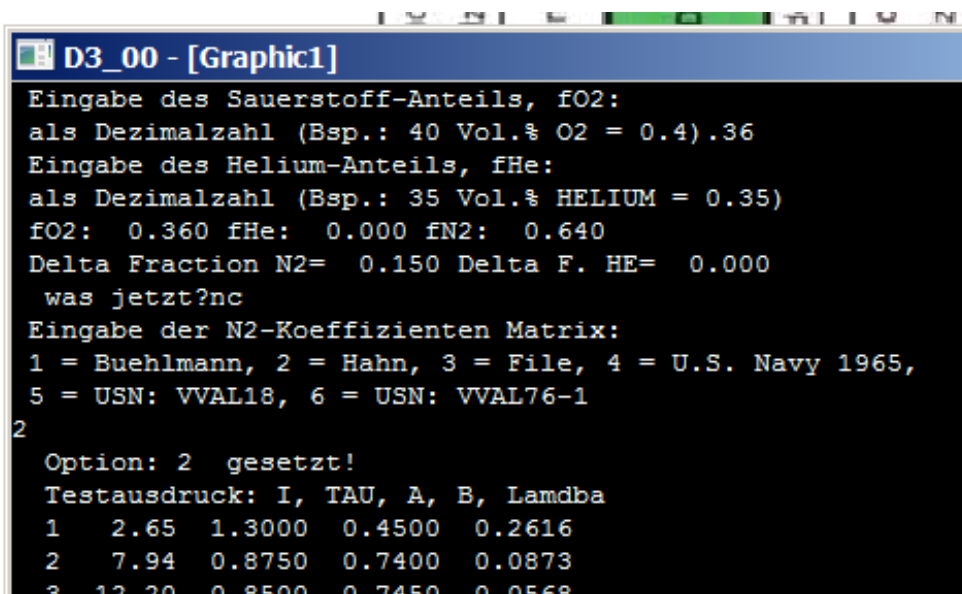
The screenshot shows the DECO 2000 software interface. On the left, a table displays dive data for three dives. On the right, a terminal window shows the software's calculations and prompts.

Nr.	Time	Depth	Gas	Sum.	Ceil.	m
15	60'	24	D			
		36	E			
		48	E			
		60	F			
		72	5 G			
		84	10 G			
18	38'	15	C			
		25	D			
		35	E			
		45	3 F			
		55	9 F			
		65	15 G			
		75	22 G			
21	27'	11	C			
		16	D			
		21	D			
		26	E			
		31	2 E			

```

Nr.: 14 0.92 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.92 Ceil. m= 0.
Nr.: 15 0.89 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.89 Ceil. m= 0.
Nr.: 16 0.87 P N2 0.00 P HE Sum.= 0.87 Ceil. m= 0.
was jetzt?a
maximale Ceiling: 0.74
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 2.5
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 7
PDIS fuer TAU = 10 min: 14.90 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 13.77 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 12.18 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm:(m.cm):
Austauschstufe ist zu hoch:
niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
3m Stopp Prognose Dekozeit: 5.00 Komp.#: 5
TTS = 6.00
was jetzt?
  
```

4) DECO 92; EAN 36, 33 m / 34 min:



The screenshot shows the DECO 92 software interface. A terminal window displays the following text:

```

D3_00 - [Graphic1]
Eingabe des Sauerstoff-Anteils, fO2:
als Dezimalzahl (Bsp.: 40 Vol.% O2 = 0.4) .36
Eingabe des Helium-Anteils, fHe:
als Dezimalzahl (Bsp.: 35 Vol.% HELIUM = 0.35)
fO2: 0.360 fHe: 0.000 fN2: 0.640
Delta Fraction N2= 0.150 Delta F. HE= 0.000
was jetzt?nc
Eingabe der N2-Koeffizienten Matrix:
1 = Buehlmann, 2 = Hahn, 3 = File, 4 = U.S. Navy 1965,
5 = USN: VVAL18, 6 = USN: VVAL76-1
2
Option: 2 gesetzt!
Testausdruck: I, TAU, A, B, Lamdba
1 2.65 1.3000 0.4500 0.2616
2 7.94 0.8750 0.7400 0.0873
3 12.20 0.8500 0.7450 0.0568
  
```

```

was jetzt?a
maximale Ceiling: 2.41
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 11.5
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 17
PDIS fuer TAU = 10 min: 30.11 [m]
PDIS fuer TAU = 20 min: 23.61 [m]
PDIS fuer TAU = 30 min: 19.10 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm):
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
3m Stopp Prognose Dekozeit: 6.00 Komp.#: 5
TTS = 9.00
was jetzt?

```

41					5	F
----	--	--	--	--	---	---

33	6					B
	9					C
	14					D
	19					E
	24					E
24'	29					2 F
	34					5 F
	39					7 G

18	14				B
	22				C
	30				D
	40				E
	50				F
	60				F
126'	70				F

27	14				C
	20				D
	26				E
	32				E
	38				F
	44				2 F
38'	50				4 G

Austauschtabelle
 DECO '92 Version 2
NITROX EAN 36

0 – 700 m ü. N.N.
 Aufstiegs geschwindigkeit 10m/min

5) Vergleich der run times & Gasmengen

Dive Plan: ZHL16B Safety: OFF Descent: Immediate

Depth	Time	O2	He	Start	End	PP02	SCR	Gas Regd	GF%	MVal%	CNS%	OTU
40	20	21	0	0	20	1.05	25.00	3000	0	14	7	21.29
6	2	21	0	24	26	0.34	11.00	41	100	91	8	22.95
3	7	21	0	26	33	0.28	11.00	100	100	98	8	22.95
0					34				100	99	8	22.95

PROTOCOL.TXT - Editor

Yr: 2016 Mon: 03 D: 30 Hr: 16 Min: 30 Version: 3_00
 Test mit DP3 / Vergleich der runtime & Gasmenge

	TIEFE	ZEIT	GES. ZEIT	N	O	HE	CNS	OTU	GAS
X	0.00	0.00	0.00	0.79	0.21	0.00	0.	0.	0.00
D	40.00	20.00	20.00	0.79	0.21	0.00	8.	21.	2464.31
A	6.00	3.78	23.78	0.79	0.21	0.00	8.	21.	410.01
D	6.00	3.00	26.78	0.79	0.21	0.00	8.	21.	120.03
A	3.00	0.33	27.11	0.79	0.21	0.00	8.	21.	38.62
D	3.00	8.00	35.11	0.79	0.21	0.00	8.	21.	261.33
A	0.00	0.33	35.44	0.79	0.21	0.00	8.	21.	41.07
X	0.00	0.00	0.00	0.79	0.21	0.00	8.	21.	0.00

Man sieht die unterschiedlichen Rechenweisen (z.B. Wasserdichte = 1 to/m³, 10 m = 1 Bar, etc.) und die Bewertungen der Transitzeiten; allerdings kann man jetzt auch schon, trotz identischer TG-Parameter, erste Abweichungen im Dekompressionsplan erkennen, nicht dramatisch aber immerhin ...

6) Vergleich der numerischen Lösungen des Trimix Problems

Wir bereits beschrieben (s.o.) wird dies besonders deutlich bei einem Heliox 20/80 Gemisch: Die komplette Tabelle dazu, wie immer, ☺, im Manual zum „deco workshop“. Hier wollen wir im Rahmen der QS mit einem anderen Programmchen vergleichen. Wir unterstellen eine komplette numerische Lösung (sieht eigentlich ziemlich positiv aus ...):

```

D3_00 - [Graphic1]
was jetzt?a
maximale Ceiling: 12.53
Vorschlag Haldane 2:1 [m] = 16.0
Vorschlag Hills, B. A.: DEEP STOP [m] = 27
PDIS fuer TAU = 16.00 min: 27.74 [m]
PDIS fuer TAU = 23.47 min: 21.87 [m]
PDIS fuer TAU = 34.73 min: 16.42 [m]
Eingabe der Austauschstufe in Metern & cm: (m.cm) :
    Austauschstufe ist zu hoch:
    niedriger wie Ceiling waehlen!
Deko Prognose:
15m Stopp Prognose Dekozeit: 1.00 Komp. #: 5
12m Stopp Prognose Dekozeit: 3.00 Komp. #: 5
9m Stopp Prognose Dekozeit: 8.00 Komp. #: 7
6m Stopp Prognose Dekozeit: 15.00 Komp. #: 8
3m Stopp Prognose Dekozeit: 33.00 Komp. #: 10
TTS = 64.00
Deko Prognose numerisch:
15m Stopp APPROXIMATION : 0.01 Steps N= 1.0 Komp. #: 16
12m Stopp APPROXIMATION : 3.29 Steps N= 329.0 Komp. #: 5
9m Stopp APPROXIMATION : 7.88 Steps N= 788.0 Komp. #: 7
6m Stopp APPROXIMATION : 16.56 Steps N= 1656.0 Komp. #: 8
3m Stopp APPROXIMATION : 44.52 Steps N= 4452.0 Komp. #: 11
TTS = 76.93
TTS gerundet = 82.
CPU TIME used: 0.000000

```

```

* erstes Gas#1 = Hx20/80
...
==== OC Runtime ====
25:12 42.0m Deko:

42 m 25 ' 25.0 ' Gas#1
12 m 3 ' 31.0 '
9 m 8 ' 39.3 '
6 m 17 ' 56.6 '
3 m 49 ' 105.9 '
0 m ---- 106.9 '
TTS = 82 '
CNS = 10%

```

Abbildung 71-1: Vergleich von numerischen Lösungen

Die beiden TTS-Werte sind mit ca. 82 ziemlich identisch; wenn ihr mit irgendeinem anderen Produkt vergleichen könnt, stehen allerdings die Chancen ziemlich gut, daß ihr da sowas ähnliches wie die obere TTS (ca. 64 + / -) sehen könnt ...

Die Quelle für das Tool auf der rechten Seite ist: <https://ostc-planner.net/wp/>

Und deshalb hier noch ein Beispielchen mit einer anderen Saft-Ware, wie sich bereits bei marginalen Deko-Stops abzeichnet, daß es sich ziemlich schlecht entwickeln kann (gelb) ...:

Bühlmann							VPM						
Dive Plan: ZHL16B Safety: OFF Descent: Immediate													
Depth	Time	O2	He	Start	End	PP02	SCR	Gas Regd	GF%	MVal%	CNS%	OTU	
42	25	20	80	0	25	1,04	20,00	2947	0	13	9	26,20	
12	3	20	80	28	31	0,44	20,00	132	100	96	9	27,89	
9	8	20	80	31	39	0,38	20,00	304	100	99	9	27,89	
6	15	20	80	39	54	0,32	20,00	480	100	99	9	27,89	
3	40	20	80	54	94	0,26	20,00	1040	100	100	9	27,89	
0					95				100	100	9	27,89	
Dive Time: 95 mins		Deco Time: 67		Max Stop Depth: 30		GF Lo%: 100		GF Hi%: 100					

Abbildung 71-2: SNAFU mit HELIOX

7) Delta-Analyse mit Subsurface & MultiDeco

Spaßeshalber haben wir unser übliches Box Profil 42 m / 25 min mal mit Trimx 21 / 50 von DIVE (Version 3_07) mit Subsurface (Version 4.9.03 von 11 / 2019) sowie MultiDeco Version 4.14 verglichen: auch das sieht ganz gut aus: die Delta-Analyse zeigt pro Stoppzeit ca. + / - 1 min Abweichung bis max. 2 min, in Summe in der TTS dann eben etwas mehr:

Stop Depth [m]/ [min]	DIVE 3_07 (1)	DIVE 3_07 (1a)	DIVE 3_07 (2)	Sub-surface 4.9.3.0 (1)	Sub-surface 4.9.3.0 (1a)	Sub-surface 4.9.3.0 (2)	MultiDeco 4.14 (1)	MultiDeco 4.14 (1a)	MultiDeco 4.14 (2)
12	1	2	3			1	-	1	1
9	4	4	5	3	5	7	3	4	6
6	9	10	11	10	11	12	8	10	10
3	20	21	26	21	23	29	23	23	25
TTS [min]	38	41	49	39	44	52	34	41	45
%CNS / OTU			11 29			11 34			11 30

Tabelle 12: Delta-Analyse DIVE vs. Subsurface / MultiDeco

(1): GF 100

(1a): GF 100 + Bühlmann Depth Safety Factor

(2): GF Hi = GF Lo = 93 + Depth Safety Factor

Delta-Analyse: TTS DIVE – TTS Subsurface / TTS DIVE:

- 1 / 38 = - 2,6 %

- 3 / 41 = - 7,3 %

- 3 / 49 = - 6,1 %

Delta-Analyse: TTS DIVE – TTS MultiDeco / TTS DIVE:

+ 4 / 38 = + 10,5 %

+ 0 / 41 = 0 %

+ 4 / 49 = + 8,1 %

Alle Details & screen shots Logfiles etc. da:
https://www.divetable.info/skripte/TMX_50.pdf

8) Test-TG: 42 m, 25 min, Luft, mit Subsurface 4.9.6.0

Quelle: <https://subsurface-divelog.org/>

DIVE V 3_10: 9m/2', 6m/6', 3m/16'; TTS = 28 min

HINWEIS / WARNUNG: DIES IST EINE NEUIMPLEMENTATION DES BUHLMANN-ALGORITHMUS UND EINE DARAUF BASIERENDE TAUCHGANGSPLANERIMPLEMENTATION, DIE NUR EINER GERINGEN ZAHL VON TESTS UNTERZOGEN WURDE. WIR RATEN DRINGEND, TAUCHGÄNGE NICHT AUSSCHLIESSLICH AUFGRUND DIESER RESULTATE ZU PLANEN!

Subsurface (4.9.6.0) Plan erstellt am 17.09.20

Runtime: 55 min

	Tiefe	Dauer	Runtime	Gas
↘	42m	2min	2min	Luft
→	42m	25min	27min	
↗	9m	4min	31min	
-	9m	1min	32min	
↗	6m	0min	32min	
-	6m	7min	39min	
↗	3m	0min	39min	
-	3m	16min	55min	
↗	0m	0min	55min	

CNS: 10%

OTU: 31

... paßt 100 % genau!!!

Die Delta-Abweichung pro Stoppzeit ist gerade mal +/- 1 min;
die summarische Abweichung über alle Stoppzeiten bzw. die TTS ist 0:

$$\rightarrow (2+6+16) - (1+7+16) / 24 = 0 \%;$$

Die Abweichung in der kompletten Run-Time ist ca. 2 Minuten:

$$\rightarrow 53 - 55 / 53 < 2 \%;$$

(und damit ebenfalls genauer als die Tiefenangabe von irgendeinem Tauchcomputer ...)

9) Heliox-TG aus [4], S.35

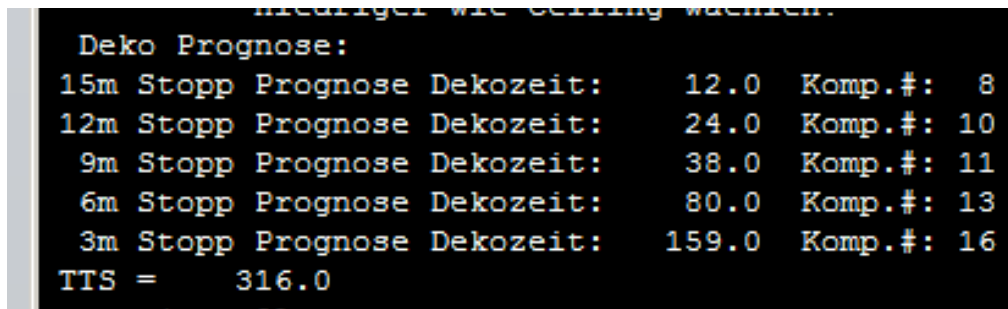
Der TG ist mit 4 Bar, Heliox (21/78) und 120 min beschrieben.

Mit:

„m“, „21“, „78“ (Heliox mit 1% N₂ Kontamination)
„nc“, „8“ (die 1983 ZH-L₁₂ N₂ Matrix)
„hc“, „2“ (die 1983 ZH-L₁₂ Helium Matrix)
„d“, „30.“, „120.“ (der o.g. TG)

Und mit:

„a“ erhalten wir dann folgendes Bildchen:



Deko Prognose:		
15m Stopp Prognose	Dekozeit:	12.0 Komp.#: 8
12m Stopp Prognose	Dekozeit:	24.0 Komp.#: 10
9m Stopp Prognose	Dekozeit:	38.0 Komp.#: 11
6m Stopp Prognose	Dekozeit:	80.0 Komp.#: 13
3m Stopp Prognose	Dekozeit:	159.0 Komp.#: 16
TTS =		316.0

Abbildung 71-3: der HELIOX TG aus [4], S.35

In [4] finden wir auf S. 35 die gesamte Dekompressionszeit mit dem Bottom-Mix mit 316 min angegeben. Die erste Stufe und die Stopp-Zeit sind identisch, die Abweichung in der **TTS = 0 min** und ist damit *besser als die Genauigkeit der Kammermanometer*: Das paßt also für DIVE hervorragend !!!

Für Genauigkeitsfanatiker: man kann durchaus noch mit „AR“ und „r“ so lange ,rumspielen, bis es noch „besser“ paßt ... ☺ (und ja, meinerwegen auch noch mit dem Startluftdruck, der ist in Zürich natürlich anders ...). Da wir uns mit diesem Gemisch die numerische Lösung ersparen können, könnte man auch noch die Kompartimente vor dem abtauchen „leerfegen“, also mit dem Bottom Mix noch ein Weilchen an der Oberfläche atmen: das N₂ diffundiert dann ,raus aus dem Körper (siehe die diversen Abschnitte über ICD, Pre-Breathing sowie Verdünnungs-Hypoxie)...

Weitere Details dazu sind im **researchgate** zu finden,
DOI: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24608.20482/1>

10) (Erste) Erweiterte Qualitätssicherung

Unter diesem DOI: 10.13140/RG.2.2.28277.40169

Bzw. da: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28277.40169>

gibt es folgendes: Vergleich von ZH-86, DGUV40, DCIEM und DIVE V 3_09.

Es werden 14 (sic: 14!) Profile zwischen diesen 4 Versionen verglichen:

Die Übereinstimmung von DIVE V 3_09 mit ZH-86 ist maximal!

- 12) Vergleich von USN, Rev 7. und DIVE V3_10:
Recovery of selected U.S.N. Rev. 7 air-diving schedules via a decompression shareware (19.05.2022)
Ist unter diesem DOI zu finden:
<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31593.36961>

72 Erweiterte Qualitätssicherung, die zwote ...

Spaßeshalber haben wir 02/2021 die Koeffizienten der MT92 in die 3_09 ,reinprogrammiert („NC“; Option 12) und bei 5 etwas anstrengenderen Profilen verglichen: Übereinstimmung nahezu perfekt!

Die Details dazu findet ihr hier:

The mapping of a french air diving table (MT92) to a standard Haldane- / Workman- /Schreiner- algorithm, [DOI: 10.13140/RG.2.2.34271.38567](https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34271.38567)

Gleiches gilt sinngemäß für die DICEM Air table:

The mapping of the DCIEM Air-diving table to a standard Haldane-/Workman-/Schreiner- algorithm (28.03.2022).

Ist unter diesem DOI zu finden:

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27420.36480>

73 getestete Betriebssystem Versionen

D3_xx, 64 Bit, wurde bis jetzt (02/2025) getestet für folgende Betriebssysteme:

Windows 7, 8.1, 10, 11.

Bei Windows 8.1 kann es zu Darstellungsproblemen der „DOS“-/ cmd-Box geben: die unterste Zeile des Graphik-Bildschirms wird ausgeblendet und manchmal verschwinden die Laufzeiger vom rechten Rand des Fensterchens: das ist ganz einfach zu beheben:

- DIVE markieren
- rechter Mausklick: Eigenschaften
- Reiter: „Kompatibilität“ auswählen
- dort: Häkchen setzen bei „Kompatibilitätsmodus“
- „Windows 7“ auswählen
- „Übernehmen“ & „Speichern“

Das war's:

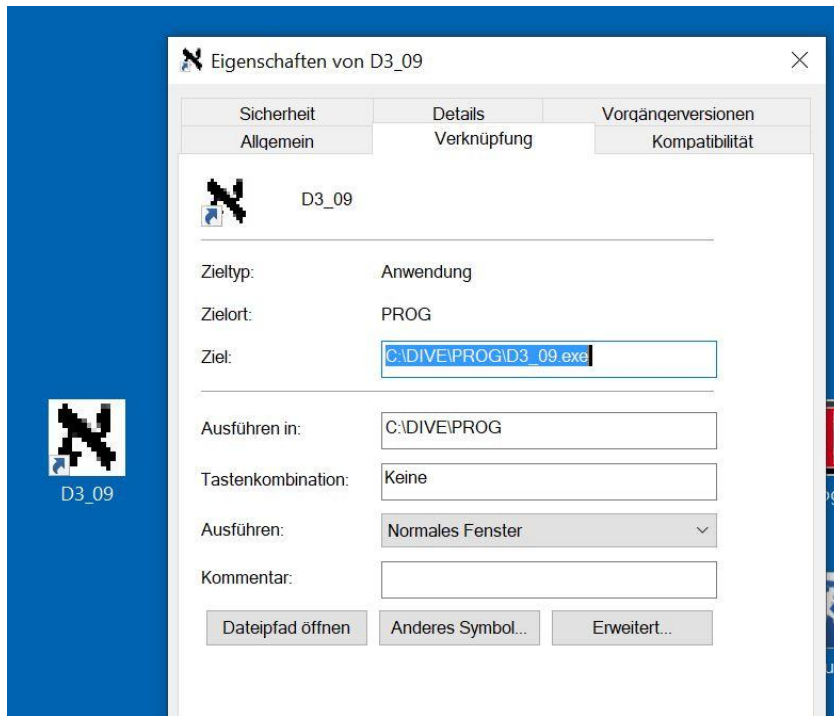


Abbildung 73-1: Eigenschaften von DIVE, rechter Mausklick

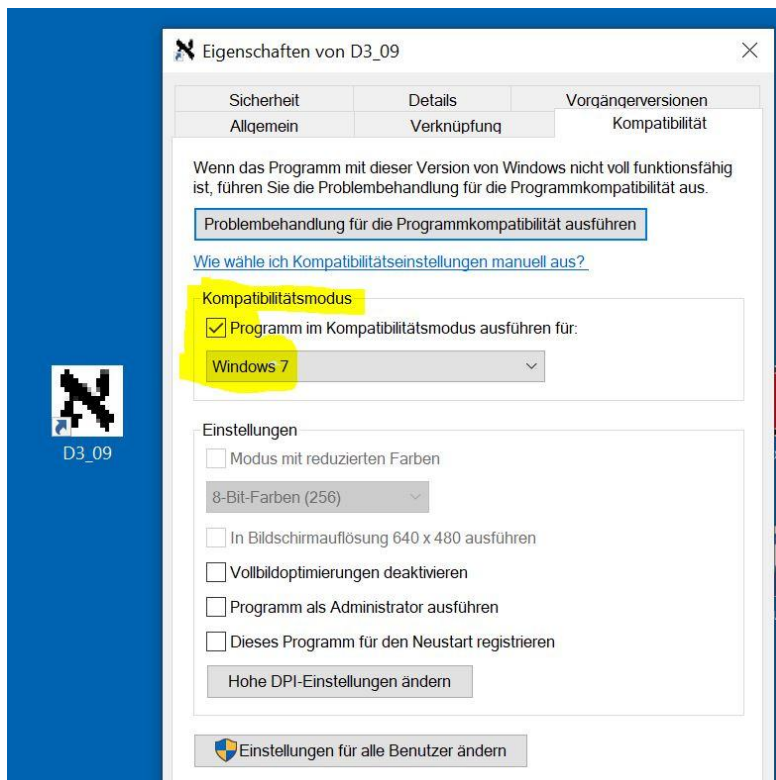


Abbildung 73-2: Kompatibilitätsmodus

74 Anhang B: die ASCII Input/Output Schnittstelle

Über den Befehl „F“ (wie: filename) werden die gerade berechneten Kompartimentsättigungen als kleines ASCII File abgelegt (Option = „W“ wie write, schreiben).

Die Kompartiments-Daten aus dem File sehen (z.B. im NOTEPAD) so aus:

```
- - - - -
Luftdruck: 1.013 AMV: 25.0 RQ: 1.000 O2: 0.210 He: .000 AR: 9.00 VO2: 0.25
CNS: 10.8 OTU: 28.9 K CNS-OT: 970. K P-OT: 0. PRT: 30.3
Korrektur: N GFHI= 1.00 GFLO= 1.00 LAST STOP= 3.0 m First Stop = 9.0 m
Tiefe: 20.00 Zeit: 2.4 max. Tiefe= 42.00 ges. Tauchzeit= 27.4
berechnete Kompartimentwerte:
Nr.: 1 3.6566 P N2 0.0000 P He Sum.= 3.6566 Ceil. m= 2.02 Putol: 1.210
Nr.: 2 3.5338 P N2 0.0000 P He Sum.= 3.5338 Ceil. m= 6.51 Putol: 1.651
Nr.: 3 3.1900 P N2 0.0000 P He Sum.= 3.1900 Ceil. m= 6.83 Putol: 1.681
Nr.: 4 2.7791 P N2 0.0000 P He Sum.= 2.7791 Ceil. m= 5.82 Putol: 1.583
Nr.: 5 2.3652 P N2 0.0000 P He Sum.= 2.3652 Ceil. m= 4.14 Putol: 1.418
Nr.: 6 2.0152 P N2 0.0000 P He Sum.= 2.0152 Ceil. m= 2.67 Putol: 1.274
Nr.: 7 1.7192 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.7192 Ceil. m= 1.00 Putol: 1.111
Nr.: 8 1.4818 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.4818 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.964
Nr.: 9 1.2993 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.2993 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.840
Nr.: 10 1.1811 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.1811 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.766
Nr.: 11 1.1019 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.1019 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.720
Nr.: 12 1.0389 P N2 0.0000 P He Sum.= 1.0389 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.689
Nr.: 13 0.9889 P N2 0.0000 P He Sum.= 0.9889 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.669
Nr.: 14 0.9488 P N2 0.0000 P He Sum.= 0.9488 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.656
Nr.: 15 0.9172 P N2 0.0000 P He Sum.= 0.9172 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.643
Nr.: 16 0.8924 P N2 0.0000 P He Sum.= 0.8924 Ceil. m= 0.00 Putol: 0.637
```

Damit die bisherige ganze Mühe nicht umsonst war, kann man dieses File auch wieder einlesen (Option = „R“ wie read, lesen): *DIVE wird damit auf alle diese Parameter gesetzt!*

Wenn ihr eure eigenen Berechnung oder die Angaben eurer gekauften Desktop-Deco Software etc. in dieses Format zwingt, so könnt ihr auch eure eigenen Daten über „F“ und dann „R“ in DIVE einlesen und dort weiterbenutzen.

Deshalb hier die Beschreibung der Ascii-Schnittstelle an Hand des originalen FORTRAN Codes der Funktion „READ“ innerhalb der Subroutine FILE:

```
C
C
C
  IF ((ACTION .EQ. "R") .OR. (ACTION .EQ. "r")) THEN
C   OPEN(UNIT=11,ACCESS='SEQUENTIAL',FORM='FORMATTED',
C   +FILE='C:\DIVE\PROT\ '//FNAME//' .TXT',
C   +ERR=009,STATUS='OLD')
C
C   OPEN(UNIT=15,ACCESS='SEQUENTIAL',
C   +FILE='C:\DIVE\PROT\ '//FNAME//' .TXT',
C   +ERR=009)
C
C   READ(15,199,END=009) DUMMY, DUMMY, DUMMY
199  FORMAT(A1,A1,A47)
C
C   READ(15,120) DUMMY, DUMMY, PSTART,
C   +DUMMY, DUMMY, AMV,
```

```

+DUMMY, DUMMY, RQ,
+DUMMY, DUMMY, OZWEI,
+DUMMY, DUMMY, HELIUM,
+DUMMY, DUMMY,
+DUMMY, AR,
+DUMMY, OXCONS
C
C      +DUMMY, DUMMY, CNS,
C      +DUMMY, DUMMY, OTU,
C      +DUMMY, K_AKTUEL,
C      +DUMMY, POT_AKT
C
120 FORMAT(A1,A11,F5.3,
+ A1,A5,F4.1,
+ A1,A4,F5.3,
+ A1,A4,F5.3,
+ A1,A4,F4.3,
+ A1,A1,
+ A5,F6.2,
+ A6,F4.2)
C
C      +A1,A5,F7.1,
C      +A1,A5,F7.1,
C      +A11,F8.0,
C      +A9,F7.0)
C
      READ(15,110) DUMMY, DUMMY, CNS,
+DUMMY, DUMMY, OTU,
+DUMMY, K_AKTUEL,
+DUMMY, POT_AKT,
+DUMMY, PRT
C
110 FORMAT(A1,A5,F7.1,
+ A1,A5,F7.1,
+ A11,F8.0,
+ A9,F7.0,
+ A7,F5.1)
C
C      Wenn f(HE) ungleich 0, dann korrigiere f(N2) im COMMON !!!!
C
C      IF (HELIUM .GT. 0.0) THEN
C      NZWO = 1.0 - HELIUM - OZWEI
C      ENDIF
C
C
C      READ(15,130) DUMMY, DUMMY, BKORR, DUMMY, GFHI, DUMMY, GFLO,
+DUMMY, LASTSTOP, DUMMY, DUMMY, FIRSTOP, DUMMY
130 FORMAT(A1,A11,A1,A7,F6.2,A7,F6.2,
+ A12,F4.1,A2,A14,F4.1,A2)
C
      READ(15,150) DUMMY, DUMMY, TIEFE, DUMMY, ZEIT, DUMMY, MAXT,
+DUMMY, GESZ
150 FORMAT(A1,A7,F6.2,A10,F8.1,A13,
+ F6.2,A17,F8.1)
C
      READ(15,140) DUMMY, DUMMY
140 FORMAT(A1,A31)
C
C      OBACHT: wegen Compiler Error Message F2730 !!!!!!!!!!!!!!!
C      wird hier J auf I umkopiert: steht im READ Statement
C      hier an der dritten Stelle statt dem I ebenfalls die

```

```

C      Laufvariable J, gibt es beim Compilieren den o.g. Fehler
C
      I=0
      DO 300 J = 1,16
      I=J
      READ(15,201) DUMMY, DUMMY, I, PGWEBE(J), DUMMY, HEPGEW(J),
      DUMMY, DUMMY, PGWSUM(J), DUMMY, CEILING(J), DUMMY, PUTOL(J)
201  FORMAT (A1,A6,I2,F7.4,A5,F7.4,A5,A7,
      F7.4,A10,F5.2,A8,F6.3)
300  CONTINUE
C
      CLOSE(UNIT=11)
      CLOSE(UNIT=15)
      ENDIF
C
C
C
      RETURN

```

Die DUMMYS sind die Blanks / Leerstellen oder auch die entsprechenden Ascii-Klartexte, die ihr überspringen müßt, um den File-Pointer an die richtige Stelle zu setzen, um den korrekten, numerischen Wert einzulesen.

Mit jeder Hochsprache (FORTRAN, C, Pascal, etc.) ist das zu behandeln; andernfalls tut es auch ein Skript in Excel oder eine kleine VBA. Habt ihr dies alles nicht zur Verfügung geht auch die „Methode zu Fuß“:

- eine Schablone über „F“ und dann „W“ erzeugen
- in diese Schablone von Hand (mit einem Editor) die Werte eurer Software eintragen
- darauf achten, daß sowohl die absoluten Feldpositionen als auch die Feldbreiten nicht verändert werden
- diese Schablonen-Datei mit „F“ und dann „R“ wieder einlesen

Wenn eure Desktop-Deco Software z.B. nur 9 oder 12 Kompartimente ausweist, so müßt ihr einfach mit den Werten des letzten Kompartimentes die Schablone (und ggfs. auch die Koeffizientenmatrix) bis zum 16. auffüllen.

OBACHT:

bei mehreren „F“ / „W“ Eingaben werden die Kompartimentsdaten einfach sequentiell aneinandergehängt, nämlich so, daß ihr das mit eurer run time nachverfolgen könnt. Bei „F“ / „R“ wird einfach **nur der erste Datensatz** des Kompartimentsfiles gelesen!

Ist diese Datei bereits vorhanden, wird sie einfach mit den zur Laufzeit aktuellen Daten überschrieben!

Beispiel für eine aufgefüllte Koeffizientenmatrix anhand USN, VVAL76-1, welches nur 12 Kompartimente besitzt:

```

was jetzt?nc
Eingabe der N2-Koeffizienten Matrix:
1 = Buehlmann, 2 = Hahn, 3 = File, 4 = U.S. Navy 1965,
5 = USN: VVAL18, 6 = USN: VVAL76-1
6
Option: 6 gesetzt!
1 5.00 2.2442 .9756 .1386
2 10.00 1.6314 .9756 .0693
3 20.00 1.1289 .9756 .0347
4 35.00 .7888 .9756 .0198
5 40.00 .6908 .9756 .0173
6 45.00 .6785 .9756 .0154
7 80.00 .4610 .9756 .0087
8 120.00 .3690 .9756 .0058
9 160.00 .3384 .9756 .0043
10 200.00 .3231 .9756 .0035
11 240.00 .3078 .9756 .0029
12 255.00 .2128 .9756 .0027
13 255.00 .2128 .9756 .0027
14 255.00 .2128 .9756 .0027
15 255.00 .2128 .9756 .0027
16 255.00 .2128 .9756 .0027

```

Beispiel für die dazugehörige aufgefüllte Kompartiments-Schablone:

```

-----
Luftdruck: 1.000 AMV: 25.0 RQ: 1.000 O2: .210 He: .000 CNS: 11.90 OTU: 30.45 AR: 10.00 V02: .25
Korrektur: N GFHI= 1.00 GFLO= 1.00 LAST STOP= 3.0 m First Stop = 3.0 m
Tiefe: 44.00 Zeit: 25.0 max. Tiefe= 44.00 ges. Tauchzeit= 25.0
berechnete Kompartimentwerte:
Nr.: 1 4.0441 P N2 .0000 P He Sum.= 4.0441 Ceil. m= 7.56 Putol: 1.756
Nr.: 2 3.5553 P N2 .0000 P He Sum.= 3.5553 Ceil. m= 8.77 Putol: 1.877
Nr.: 3 2.7368 P N2 .0000 P He Sum.= 2.7368 Ceil. m= 5.69 Putol: 1.569
Nr.: 4 2.1017 P N2 .0000 P He Sum.= 2.1017 Ceil. m= 2.81 Putol: 1.281
Nr.: 5 1.9710 P N2 .0000 P He Sum.= 1.9710 Ceil. m= 2.49 Putol: 1.249
Nr.: 6 1.8636 P N2 .0000 P He Sum.= 1.8636 Ceil. m= 1.56 Putol: 1.156
Nr.: 7 1.4442 P N2 .0000 P He Sum.= 1.4442 Ceil. m= .00 Putol: .959
Nr.: 8 1.2417 P N2 .0000 P He Sum.= 1.2417 Ceil. m= .00 Putol: .851
Nr.: 9 1.1348 P N2 .0000 P He Sum.= 1.1348 Ceil. m= .00 Putol: .777
Nr.: 10 1.0688 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0688 Ceil. m= .00 Putol: .727
Nr.: 11 1.0240 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0240 Ceil. m= .00 Putol: .699
Nr.: 12 1.0107 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0107 Ceil. m= .00 Putol: .778
Nr.: 13 1.0107 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0107 Ceil. m= .00 Putol: .778
Nr.: 14 1.0107 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0107 Ceil. m= .00 Putol: .778
Nr.: 15 1.0107 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0107 Ceil. m= .00 Putol: .778
Nr.: 16 1.0107 P N2 .0000 P He Sum.= 1.0107 Ceil. m= .00 Putol: .778

```

75 Anhang C: die FIBONACCI Koeffizienten-Matrix

Zum ein bisschen 'rumspielen gibt es eine weitere Koeffizienten-Matrix als Muster:
FIBONACI.TXT:

#	TAU	A	B	HI	LO
01	2.00	1.5874	0.2978	1.0	1.0
02	3.00	1.3867	0.4276	1.0	1.0
03	5.00	1.1696	0.5577	1.0	1.0
04	8.00	1.0000	0.6514	1.0	1.0
05	13.00	0.8505	0.7276	1.0	1.0
06	21.00	0.7249	0.7867	1.0	1.0
07	34.00	0.6173	0.8335	1.0	1.0
08	55.00	0.5259	0.8701	1.0	1.0
09	89.00	0.4479	0.8990	1.0	1.0
10	144.00	0.3815	0.9216	1.0	1.0
11	233.00	0.3250	0.9394	1.0	1.0
12	377.00	0.2768	0.9534	1.0	1.0
13	610.00	0.2358	0.9645	1.0	1.0
14	987.00	0.2008	0.9731	1.0	1.0
15	1597.00	0.1711	0.9799	1.0	1.0
16	2584.00	0.1457	0.9853	1.0	1.0

Abbildung 75-1: FIBONACCI Koeffizienten-Matrix

Die HWT / TAU Werte sind nach der Vorschrift zur Bildung einer Fibonacci-Folge gebildet, benannt nach dem ital. Mathematiker Leonardo von Pisa: ein Wert ist immer die Summe seiner beiden Vorgänger. Eigentlich beginnt die Folge klassisch so: 0,1,1, 2, 3, 5,

Aber 0 als HWZ ist Unsinn und bei ca. 1 divergiert der Bühlmann-Algorithmus für die a-/b-Koeffizienten. Deshalb haben wir spaßeshalber bei 2 begonnen ...

Und wozu das Ganze? Damit kann ganz elegant und spielerisch gezeigt werden, daß eine Folge von HWZ keine richtigen physiologischen Abbilder liefert! Die hiermit berechneten Deko-Prognosen ähneln allen anderen, fast egal also, wie die HWZ in der Koeffizienten-Matrix nun wirklich gestreut sind ...

Überdies: die HWZ der Kompartimente 14 → 16 sind so groß, daß dies einer verschwindend kleinen Durchblutung, und damit (fast nicht vorhandenen) Sauerstoff-Versorgung, entspricht. Im Klartext: diese Kompartimente würden irgendwelchen Gewebegruppen von der Güteklasse „morscher Ast“ repräsentieren ... OK, ok: man kann natürlich argumentieren, daß dies ein Zustand in einem Blutgefäß hinter einer Gasblase darstellt. Man würde sozusagen ein Blasen-Modell durch eine schlechte Perfusion simulieren ...

Wie spielt man damit?

- Die Datei FIBONACI.TXT in den Pfad \DIVE\PROT kopieren
- vielleicht vorher noch eine Sicherungs-Kopie erstellen
- und in N2COEFF.TXT umbenennen
- mit „NC“ und Option „3“ diese Datei einlesen
- und auf dem Bildschirm kontrollieren, ob alles geklappt hat
- dann geht's los ...
- Viel Spaß!

76 Anhang D: Übersicht über einige der verwendeten Quellen

Die Zahlen in den eckigen Klammern [xyz] beziehen sich auf den entsprechenden Eintrag unter:

<http://www.divetable.eu/BOOKS/index.htm>

➔ ZH-L:

- [4] Dekompression - Dekompressionskrankheit, A. A. Bühlmann, Springer, 1983, ISBN 3-540-12514-0
- [5] Tauchmedizin (Barotrauma, Gasembolie, Dekompression, Dekompressionskrankheit) A. A. Bühlmann, Springer, 1993, ISBN 3-540-55581-1
- [65] "Tauchmedizin.", Albert A. Bühlmann, Ernst B. Völlm (Mitarbeiter), P. Nussberger; 5. Auflage in 2002, Springer, ISBN 3-540-42979-4

➔ VPM und andere Modelle:

- AMC, Amsterdam, 03/2018: International Symposium on 21.st Century Decompression Theory; Dual Phase Decompression Theory and Bubble Dynamics, available at:
- https://www.divetable.info/skripte/Bubble_Dynamics_02.pdf
- „Decompression Sickness“, Hills, B.A [102]

➔ Tauchtabellen: USN, NOAA, DCIEM, Deco2000, MT92:

- NOAA Nitrox / EANx von 2017:
https://www.divetable.info/workshop/194_EAN.pdf bzw.: [194], [149], [48]
- USN von 2016:
https://www.divetable.info/workshop/USN_Rev7_Tables.pdf
- DCIEM: unter Manuals 4 free: https://www.divetable.info/area.htm#Kap_8
- Deco2000: [43]
- 110 Jahre Geschichte der Tauchtabellen:
<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32813.03042>
- die französischen Tabellen MT 92, Ministere du Travail 1992:
<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000690963/>
- sowie hier noch:
https://sneti.eu/wp-content/uploads/2020/06/5-Annexes-Arr%C3%AAt%C3%A9-Mention-A-2019-TABLES-dae_20190524_0003_0001.pdf
- und die Analyse dazu hier:
- The mapping of a french air diving table (MT92) to a standard Haldane- / Workman-/Schreiner-algorithm; <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34271.38567>

➔ Ox-Tox, %ZNS, OTU etc.:

- Hamilton, R.W., Kenyon, D.J., Peterson, R. E., Butler, G.J., Beers, D.M., 1988 May, Repex: Development of repetitive excursions, surfacing techniques, and oxygen procedures for habitat diving, NURP Technical Report 88-1A, Rockwell M.D., U.S. DoD
- aus den Manuals für professionelles Tauchen: [167], [168], [171], [193]
- der Nachdruck von Donald's berühmten Buch von 1992:
[182], Donald, Kenneth (1992) Oxygen and the diver, SPA Ltd, ISBN 1 85421 176 5

→ ESOT als Ersatz für UPTD / OTU:

- **On the calculation of the new oxygen exposure indices (06.06.2023), sowie alle darin erwähnten Quellen, zum download da:**

<https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14400.92169>

→ **der K-Index:**

- Arieli, R., A. Yalov, and A. Goldenshluger: Modeling pulmonary and CNS O₂ toxicity and estimation of parameters for humans. J Appl Physiol 92: 248–256, 2002; 10.1152/japplphysiol.00434.2001
- Arieli R. Calculated risk of pulmonary and central nervous system oxygen toxicity: a toxicity index derived from the power equation. Diving and Hyperbaric Medicine. 2019 September 30;49(3):154–160 doi: [10.28920/dhm49.3.154-160](https://doi.org/10.28920/dhm49.3.154-160). PMID:31523789
- Aviner B, Arieli R and Yalov A (2020) Power Equation for Predicting the Risk of Central Nervous System Oxygen Toxicity at Rest. Front. Physiol. 11:1007.doi: 10.3389/fphys.2020.01007
- Arieli, R., Shochat, T., and Adir, Y. (2006). CNS toxicity in closed-circuit oxygen diving: symptoms reported from 2527 dives. Aviat. Space Environ. Med. 77, 526–532
- Wingelaar TT, van Ooij P-JAM and van Hulst RA (2017) Oxygen Toxicity and Special Operations Forces Diving: Hidden and Dangerous. Front. Psychol. 8:1263. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01263
- und nochwas von uns zu diesem Thema, aus unserem Labor in TLV / IL: An agile implementation of the "K-Value" severity index for cns- and pulmonary oxygen toxicity (CNS-OT & P-OT), da zum herunterladen:
- <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.17583.87205>

→ **PrT Kriterium (Hempleman) und „I“-Index (DCIEM):**

- British Department of Energy, #TA /93/22/249 (1989)
- Lambertsen CJ et al.: Development of Decompression Procedures“ EBSDC Report 7-28-1992, Seite 11)
- [158] Shilling, C. W. Carlston, C.B. Mathias, R.A (1984) The Physician's Guide to Diving Medicine, Plenum Press, N.Y., ISBN-13: 978-1-4612-9663-8, ab S. 251
- DCIEM (2015) deco stress index I: UHMS 48th. ASM, 2015, Session A4

→ **Schreib-/Rechenfehler in Tabellen:**

- Ed Thalmann, NEDU Report 13-83
- NEDU TR 09-05 / TA-8-20, S. 1 & 5

➔ **DAN, DSG, DSL und Weiteres:**

- [170] Balestra, Constantino; Germonpre, Peter (ed.), The Science of Diving: Things your instructor never told you (2015) Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-66233-1

➔ **Bergsee-Tauchen:**

- https://www.divetable.info/skripte/Altitude_Diving.pdf
- https://www.divetable.info/skripte/Altitude_Diving_II.pdf
- https://www.divetable.info/skripte/Altitude_Diving_III.pdf
- https://www.divetable.info/skripte/Altitude_Diving_IV.pdf
- [151] Wienke, B.R. (1993) Diving above Sea Level, BPC, ISBN 0-941332-30-6;
- Und:
- [183], [185], [186], [187].

➔ **Isobare Gegendiffusion (ICD):**

- D. J. Graves, J. Idicula, C. J. Lambertsen and J. A. Quinn. Bubble Formation in Physical and Biological Systems: A Manifestation of Counterdiffusion in Composite Media, Science 179 (4073), 582-584. (February 9, 1973)
- Strauss R.H., Kunkle T. D.: Isobaric Bubble Growth: A Consequence of Altering Atmospheric Gas. Science, Vol. 186, p. 443 – 444, 1974
- LAMBERTSEN, C. J., AND J. IDICULA. A new gas lesion syndrome in man, induced by "isobaric gas counterdiffusion." J. Appl. Physiol. 39(3) : 434-443. 1975
- Hunter, TS Neuman and RF Goad (August 26, 1977), BG D'Aoust, KH Smith, HT Swanson, R White, CA Harvey, WL, Venous gas bubbles: production by transient, deep isobaric Counterdiffusion of helium against nitrogen, Science 197 (4306), 889-891.
- UHMS workshop #22, 1979: Isobaric Inert Gas Counterdiffusion
- SAFE INNER EAR INERT GAS TENSION FOR SWITCH FROM HELIOX TO AIR BREATHING AT 100 FSW DURING DECOMPRESSION, Doolette DJ, Gerth WA, Gault KA, Murphy FG, Navy Experimental Diving Unit, Panama City, FL. ASM 2012, Session F117

➔ **Grahams Gesetz, Helium-Strafe:**

- D'Aoust, B.G., K. H. Smith, H.T. Swanson, R. White, L. Stayton, and J. Moore. 1979, Prolonged bubble production by transient isobaric counter-equilibration of helium against nitrogen. Undersea Biomed Res. 6(2): 109 -125)
- Doolette DJ, Upton RN and Grant C. (2005). Perfusion-diffusion compartmental models describe cerebral helium kinetics at high and low cerebral blood flows in sheep. J Physiol. 563: 529–539
- David J. Doolette , Richard N. Upton , Cliff Grant Journal of Applied Physiology. Published 1 March 2015 Vol. 118 no. 5, 586-594 DOI: 0.1152/jappphysiol.00944.2014: Altering blood flow does not reveal differences between nitrogen and helium kinetics in brain or in skeletal muscle in sheep

➔ **Sauerstoff Korrekturfaktoren:**

- Role of oxygen in the production of human decompression sickness; Weathersby, Hart, Flynn, Walker; JAP 63(6): 2380 – 2387, 1987
- Inspired Oxygen pressure may have unexpected Effects on Inert Gas Exchange; Lundgren, Anderson, Nagasawa, Olszowka, Norfleet; Proceedings of the 40th UHMS workshop, p. 205 – 211, 1989
- Tikuisis P, Nishi R Y. Role of Oxygen in a Bubble Model for predicting Decompression Illness,DCIEM No. 94-04, January 1994
- Probabilistic models of the role of oxygen in human decompression sickness; Parker, Survanshi, Massell, Weathersby; JAP 84(3): 1096 – 1102, 1998
- Lillo, R. S., and E. C. Parker. Mixed-gas model for predicting decompression sickness in rats. J Appl Physiol 89: 2107–2116, 2000

➔ **Koeffizienten der Perfusions-Modelle:**

- Workman, Robert D. "Calculation of Decompression Tables for Nitrogen-Oxygen and Helium-Oxygen Dives," Research Report 6-65, U.S. Navy Experimental Diving Unit, Washington, D.C. (26 May 1965)
- Hempleman, H.V. „British decompression theory and practice“, in: Bennet, P.B., Elliot, D.H.:“The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work“, 1st ed., Bailliere, Tindall and Cassell, London 1969
- Schreiner, H.R., and Kelley, P.L. "A Pragmatic View of Decompression," Underwater Physiology Proceedings of the Fourth Symposium on Underwater Physiology, edited by C.J. Lambertsen. Academic Press, New York, (1971) pp. 205-219
- Kidd, D.J., R.A. Stubbs and R.S. Weaver „Comparative approaches to prophylactic decompression“, in: Lambertsen, C.J.: “Underwater Physiology, Proceedings of the Fourth Symposium on Underwater Physiology“, Academic Press, New York 1971.

➔ **USN NEDU Technical Reports:**

- VVAL76: NEDU TR 03-2009, S. D-1
- und: TR 09-2007, Appendix B-1 & C-1
- VVAL18 & VVAL 18-1: NEDU TR 12-2003, S. 32
- und: NEDU Report 1-84, S. 14
- VVAL 79: TA 10-12, NEDU TR 12-01, MAR 2012, S. 11

➔ **TA:**

- „Accounting for Cold Water Effects in a Decompression Algorithm“, Sergio Angelini in: Lang, M.A. and M.D.J. Sayer (eds.) 2007: Proceedings of the International Polar Diving Workshop. Svalbard, March 15-21, 2007. Smithsonian Institution, Washington, DC. 213 S. 55 – 62)

➔ **W:**

- Dick APK, Vann RD, Mebane GY, Feezor MD. Decompression induced nitrogen elimination Undersea Biomed. Res. 1984; 11(4): 369 – 380;
- 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

➔ **RL:**

- Das Modell für den R/L Shunt ist von Bühlmann in [65] auf S. 123 zu finden, dort die Zahlenwerte von der Kurve für den TG „A“, weitere Infos da:
- <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23856.74245>

➔ **Doppler Messungen nach "NDL" TG:**

- Andrew Pilmanis, ONR; und:
- Pilmanis AA. Intravenous gas emboli in man after compressed air ocean diving Contract Report, N00014-67-A-0269-0026. Washington, D.C.: Office of Naval Research, 1976
- Proc. of Dive Computer workshop, AAUS, 1988, S. 177; und:
- [8], S. 40.

➔ **COMEX Prozedur:**

- auf deren webpage: www.comex.fr, sowie:
- Quelle: CBM-D-19-00911, Formel 62 auf S. 20 im pdf
- Und, natürlich von Bernard Gardette:
- THEORIE GENERALE UNIFIEE DE LA DECOMPRESSION; Directeur Scientifique COMEX (zu deutsch: eine vereinheitlichte Theorie der Dekompression), November 2009, BG/sc-060/09

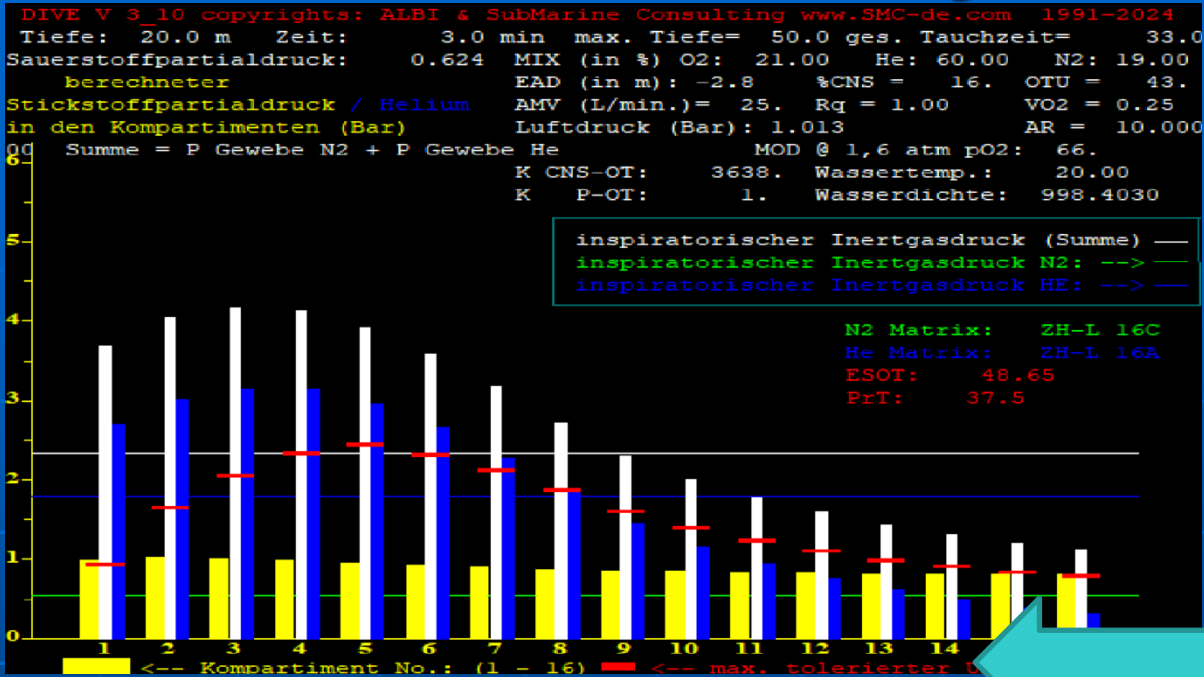
➔ **SAT Prozedur:**

- USN old: 1991, p. 12-42
- USN new: 2018, Table 13-9, S. 686 im PDF des USN Manuals

77 ... der letzte Werbe-Block: das DIVE V3 eco system

DIVE V3 eco system

SUB
MARINE
CONSULTING



Moderne Tauchmedizin

3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

Handbuch für
Tauchlehrer,
Taucher und
Ärzte

SUB
MARINE
CONSULTING

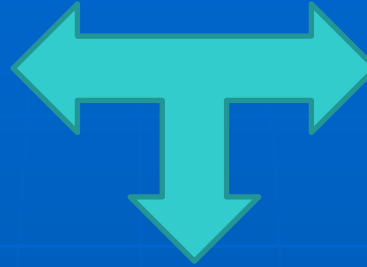
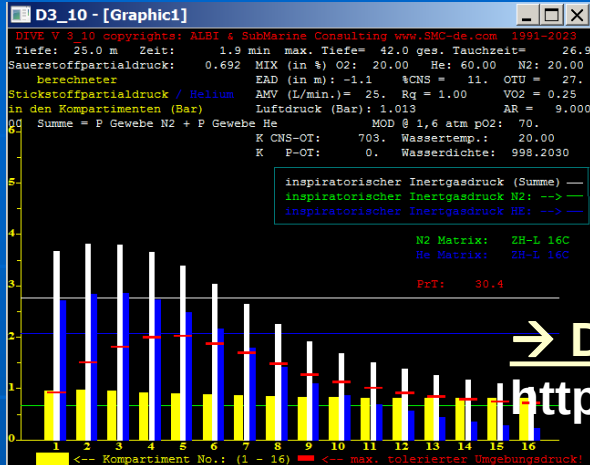
Dekompression

Manual Version 2024 / 25
Band II:
Algorithmen, Theorien &
Fortgeschrittene Anwendungen



DIVE V3 eco system

SUB
MARINE
CONSULTING



→ DIVE Desktop Deco Software:

https://www.divetable.info/DIVE_V3/index.htm

→ DER „deco workshop“:

<https://www.divetable.info/workshop/workshop.htm>

→ Moderne Tauchmedizin:

<https://www.divetable.eu/BOOKS/205.pdf>

→ Das kleine virtuelle Tauchcomputermuseum:

https://www.divetable.info/museum_g.htm



SUB
MARINE
CONSULTING

Dekompression

Manual Version 2024 / 25

Band II:

Algorithmen, Theorien &
Fortgeschrittene Anwendungen



DIVE V3 eco system

SUB
MARINE
CONSULTING

ResearchGate

**Discover scientific
knowledge and stay
connected to the
world of science**

Join for free



→ Alle aktuellen Veröffentlichungen auf RESEARCHGATE:

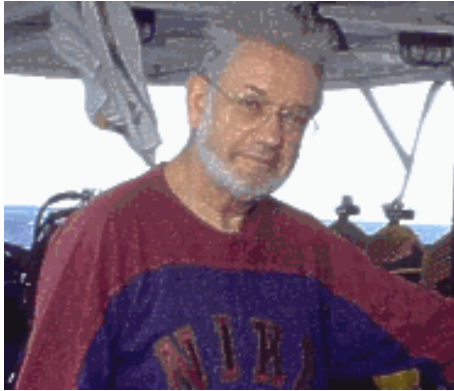
<https://www.researchgate.net/>

→ Die Übersichtsliste:

<https://www.researchgate.net/profile/Albi-Salm-2>

In Memoriam

... an drei meiner Kollegen und Freunde, zum Einen an Dr. Max „Maxe“ Hahn und an Dr. Bernd „Aschi“ Aspacher, und zum Anderen an „Big Ben“, PADI Course Director Ben Walzinger:





Max hat mir viel über Deco-, Micro- und sonstige –Brains erzählt, incl. die hierfür notwendigen a- und b- Koeffizienten sowie über sein letztes Werk, die Deco2000. Bernd war einer der ersten PADI Instruktoren, die bei mir hier in Europa Anfang der 90'iger meinen damals ganz neuen PADI Specialty „Tauchcomputer / Tauchtabellen“ genossen haben. Beide waren Physiker, beide waren mit Leib und Seele Tauchlehrer. Beide kamen bei tragischen Tauchunglücken ums Leben.

Ben hat bei uns hier in Esslingen 2002 ebenfalls meinen PADI Specialty „Tauchcomputer / Tauchtabellen“ genossen und wir haben diese Thematik in der „deco week“ 2006 auf seiner Basis in Phuket vertieft; 2018 ist Ben von einem Solo-TG nicht mehr zurückgekehrt.