

Tauchgangs-Planung mit Luftmanagement

Ist die Ausbildung mit Tabelle noch zeitgemäß?

Ausbildertagung

HTSV

13.04.2013, Gießen

Hans Rennings

CMAS-VDST-TL***

TSA-Sterkrade, Oberhausen

DLRG OG Rheinberg



Sporttauchen im Wandel der Zeit

These 1: Dekompressionspflichtige TG, die auch eine TG-Planung mit Luftmanagement zwingend erfordern, finden im Sporttauchen immer seltener statt.

Agenda 1: Ausgewählte Ursachen für geändertes Tauchverhalten bei Sporttauchern

These 2: In der DTSA**/**-Praxis-Ausbildung wird die Durchführung dekompressionspflichtiger TG nicht vermittelt und zunehmend kann auch ein Kompetenzdefizit bei angehenden TL´s festgestellt werden.

Agenda 2: Vorstellung eines Zusatz-Moduls „TG-Planung mit Luftmanagement“, integriert in der DTSA**/**-Ausbildung



Tauchen im Computerzeitalter

Austauschtabelle DECO 2000

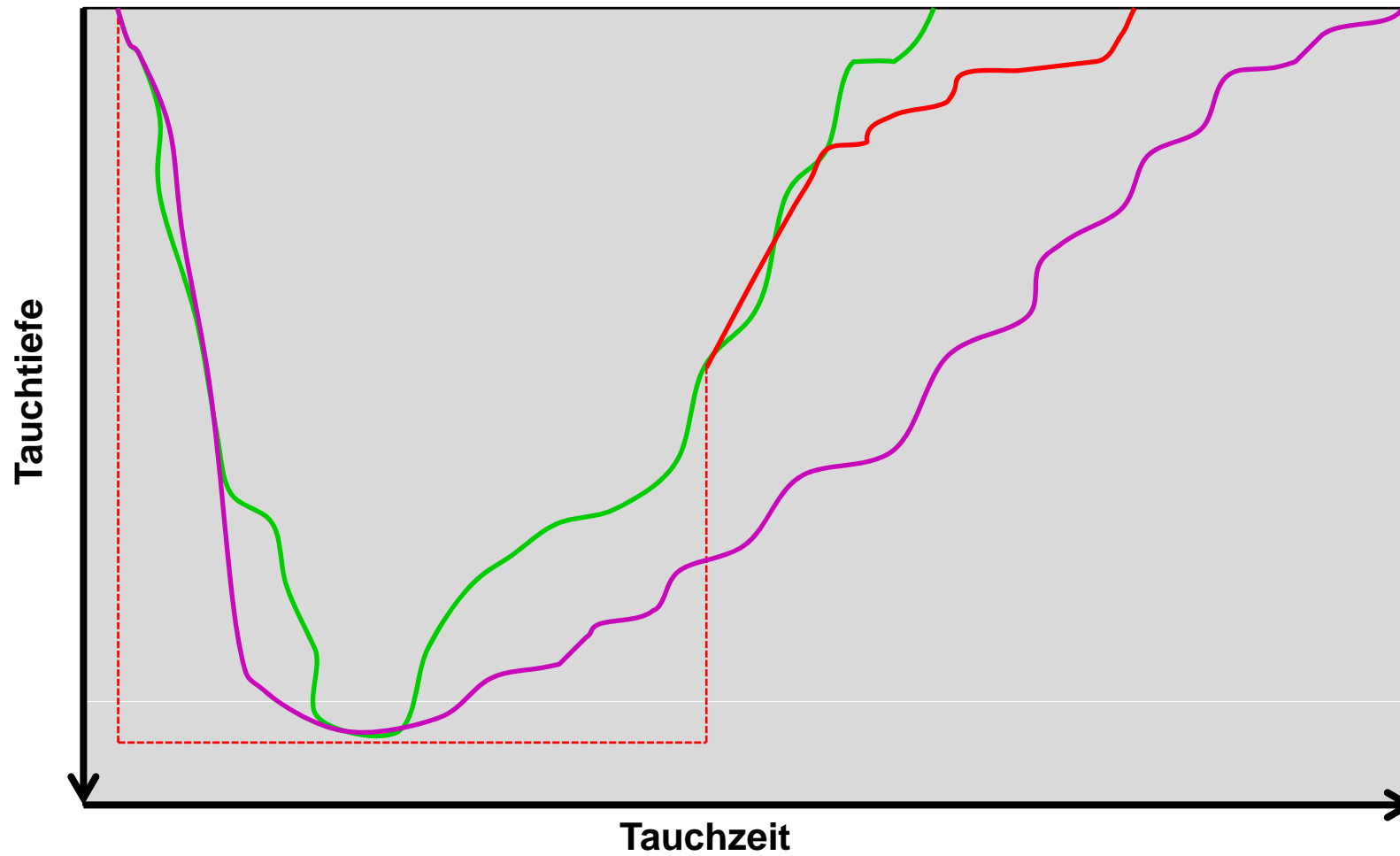
Stopp in	6	3	m	Stopp in	9	6	3	m	Stopp in	12	9	6	3	m
12	36			27	6				39	6				
140'	54			18'	10				9'	9				
	72				14					12				3
	90				18					15				5
	108				22		2			18			1	7
					26		5			21			3	9
15	24				30		8			24			5	13
72'	36				34		2 10			27			4	16
	48				38		3 13							
	60				42		5 15			42				
	72				46		7 18			45				
	84				50		9 21			48				
18	12													
45'														
21	11													
31'	16													
	21													
	26													
	31													
	36													
	41													
	46													
	51													
	56													
	61													
24	7													
23'	11													
	15													
	19													
	23													
	27													
	31													
	35													
	39													
	43													
	47													
	51													
	55													

0 - 700m ü. N.N.
Aufstieg mit 10m/min

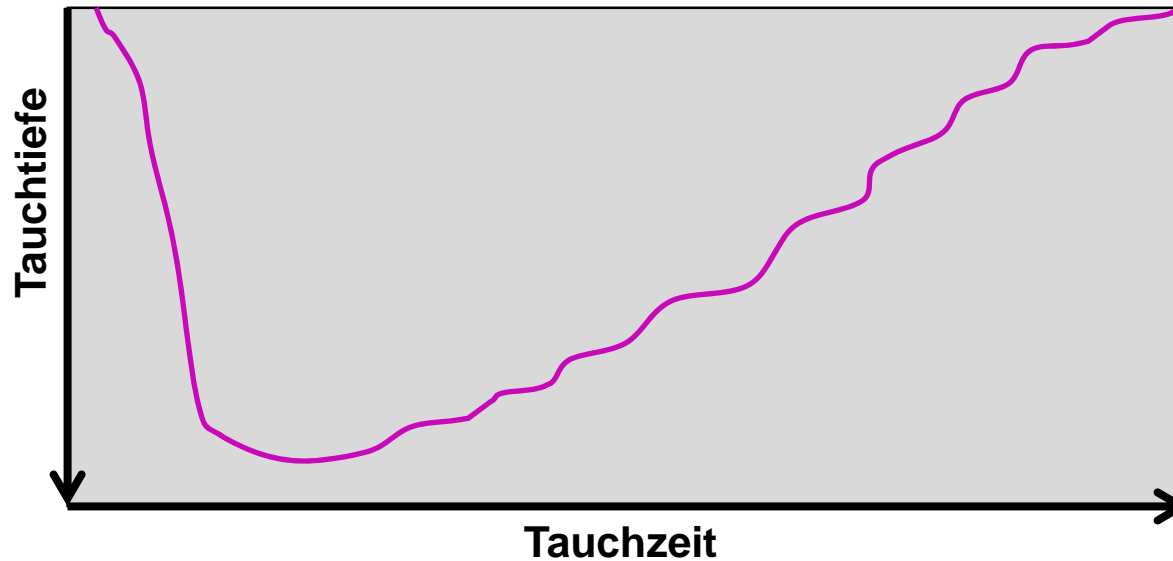
Autor: Dr. Max Hahn
© VDST Verband Deutscher Sporttaucher



Tauchen im Computerzeitalter



Ceiling innerhalb der Nullzeit



Maximaler Genuss bei vielen Tauchplätzen

Erhöhte Aufsättigung der mittleren und langsamen Kompartimente

⇒ **Deko-Modelle werden ungenauer**

⇒ **Erhöhtes Restrisiko**

Die Nullzeit

Anspruch und Wirklichkeit

- Definition: Tauchzeit ohne Dekompressionspflicht bei einem gegebenen Tauchprofil
- Häufige Vorstellung: Nullzeit = Kein Risiko
- Das Restrisiko bei einem TG im Bereich der Nullzeitgrenze ist nahezu identisch mit dem Restrisiko eines TG mit Dekompressionspflicht!
- Bereits dem Anfänger wird zumeist unbewusst vermittelt, dass Nullzeittauchgänge sicher und Deko-TG gefährlich sind.
- „Deko-TG = „Selbstmordversuch“???



Restriktionen beim Sporttauchen

- Limitierungen durch Versicherungen, Berufsgenossenschaften, Tauchsportverbände, Marinebehörden, Wasserschutzpolizei, administrative Institutionen usw.
- Für die Durchführung von ambitionierten Tauchgängen müssen viele (eventuell auch alle) Rahmenbedingungen gleichzeitig erfüllt sein.
- Häufig Missbrauch der Sicherheitsaspekte durch Tauchbasen/Tauchsschulen
- Ausbildungs-TG sind gemäß VDST-Prüfungsordnung Nullzeit-TG - auch bei der DTSA^{**}/^{***}-Ausbildung.
-



TG-Planung und Luftmanagement in der DTSA**/**-Ausbildung

- Anwendung der DECO 2000 (Spielregeln)
- Klassische Tauchgangsplanung
 - Annahme von Tauchtiefe, Grundzeit und AMV
 - Anwendung der DECO 2000 zur Ermittlung von Deko-Stops, Tauchzeit, Wiederholungsgruppe, Zeitzuschläge und Flugverbot
 - Luftverbrauch für alle Tauchphasen
 - Ermittlung der Mindest-Flaschengröße



TG-Planung und Luftmanagement in der DTSA^{**}/^{***}-Ausbildung

- TG-Berechnungen finden bei den kommerziellen Verbänden nicht statt.
=> Alleinstellungsmerkmal CMAS/VDST
- Der Rechengang ist sinnvoll für das Verständnis, aber sind die Ergebnisse praxistauglich?
- Die klassische VDST-Luftverbrauchsrechnung ist für die TG-Planung zu sperrig und kommt daher in der DTSA^{**}/^{***}-Praxisausbildung oft zu kurz.
- Deko-TG werden in der DTSA^{**}/^{***}-Praxis i.d.R. nicht durchgeführt (siehe bisherige Prüfungsordnung).



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Grundüberlegungen zur Praxistauglichkeit

- **Luft-Controlling** erfolgt bei Tauchgängen nur über die Finimeteranzeige => Führungsgröße
- **TG- & Luftverbrauchs-Planung:** Festlegung von Deko- und Finimeter- Eckdaten für den Tauchgang
- **Planungsgrundlage:**
„Druckverlust“ pro Minute [bar/min.] in Abhängigkeit von Flaschengröße, aktueller Tauchtiefe und persönliches AMV
- **Luft-Management:** Situationsabhängige Reaktion auf noch verfügbaren Luftvorrat (Finimeter-Anzeige) in der Gruppe



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Kennzahlen

- Druckabfall [bar/min.] für Grundzeit und Deko-Stops

$$\Delta p \times V_{\text{Flasche}} = \Delta t \times p_{\text{amb}} \times \text{AMV} \Rightarrow \Delta p / \Delta t = (p_{\text{amb}} \times \text{AMV}) / V_{\text{Flasche}}$$

- Druckverlust [bar] für den Aufstieg ($p_{\text{amb}} = p_{\text{max}}$) inkl. Sicherheitsdeko (3 min. auf 5 m)
- Point of Return: Fini-Anzeige, bei der unter Einhaltung aller Regeln mit dem Austauschen zu beginnen ist.
- Finimeter-Eckdaten + Deko-Eckdaten für den TG-Verlauf ableiten => Briefing & TG-Controlling & TG-Management
- Wir brauchen nichts Neues, sondern wenden bekannte Rechenoperationen nur anders an!



Modul TG-Planung & Luftmanagement

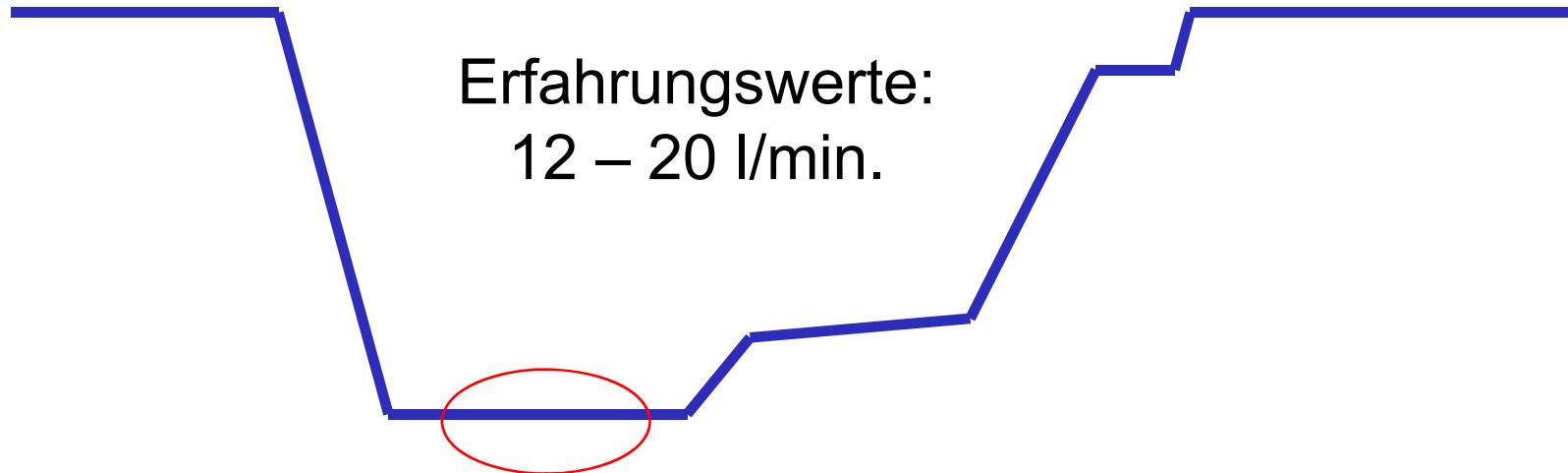
Phase 1: Theorie

- Anwendung der DECO 2000 (Spielregeln)
- Luftverbrauchsrechnung gemäß der DTSA-Ordnung
- ***Dekompressionsphysiologie***
- ***Dekompressionsmodelle***
- ***Risiko-Minimierung bei dekompressionspflichtigen Tauchgängen aus tauchmedizinischer Sicht***
- Vorstellung Modul TG-Planung mit Luftmanagement



Modul TG-Planung & Luftmanagement

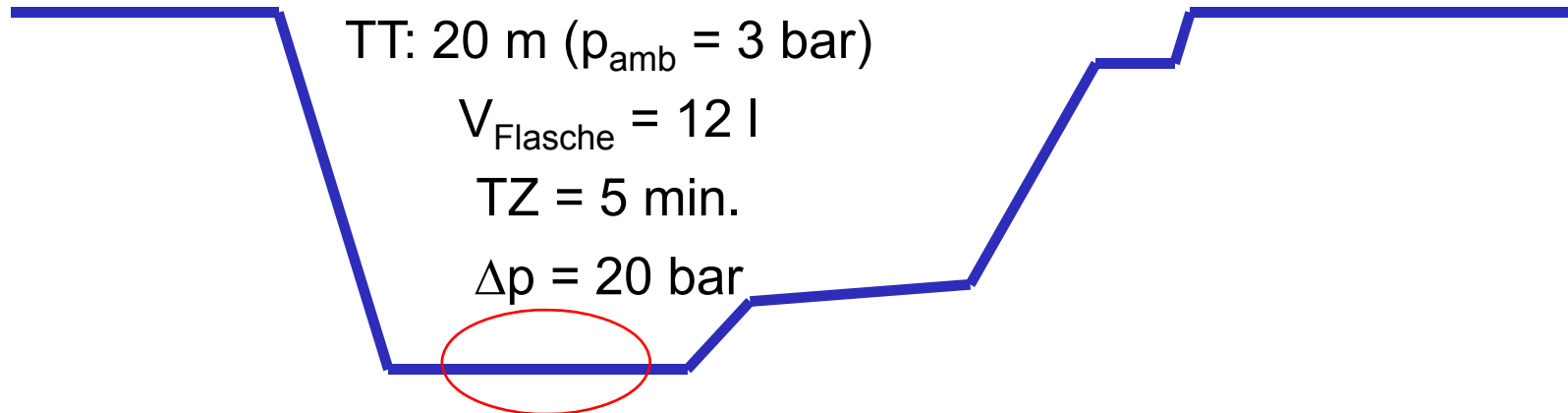
Phase 2a: Persönliches AMV



- Definiertes Tauchprofil in versch. Tiefen bei TG 1+2 der DTSA^{**}/^{***}-Ausbildung mit Registrierung der Finimeter-Zwischenwerte, Tauchtiefe und Tauchzeit
- Gemeinsame Auswertung der Daten

Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 2a: Beispiel AMV von Paul Mustermann



$$\Delta p \times V_{Flasche} = \Delta t \times p_{amb} \times AMV \Rightarrow AMV = (\Delta p \times V_{Flasche}) / (\Delta t \times p_{amb})$$

$$AMV = (20 \text{ bar} \times 12 \text{ l}) / (5 \text{ min.} \times 3 \text{ bar}) = 240 \text{ bar l} / 15 \text{ bar min.}$$

$$\underline{\underline{AMV = 16 \text{ l/min.}}}$$

Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 2b: Beispiel Paul's Luftverbrauchstabelle

V_{Flasche} : 12 l; AMV: 16 l/min.

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3` auf 5m [bar]
5	2,0	7
10	2,7	9
15	3,3	11
20	4,0	14
25	4,7	18
30	5,3	22
35	6,0	27
40	6,7	33
45	7,3	39
50	8,0	46

Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.1: Restdruck für den Aufstieg mit Sicherheits-Deko PoR: Point of Return?

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3` auf 5m [bar]
5	2,0	7
10	2,7	9
15	3,3	11
20	4,0	14
25	4,7	18
30	5,3	22
35	6,0	27
40	6,7	33
45	7,3	39
50	8,0	46

=> ca. 65 bar

=> ca. 70 bar

=> ca. 75 bar

=> ca. 80 bar

=> ca. 85 bar



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.2: Dekompressionspflicht?

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3' auf 5m [bar]
20,0	4,0	14

=> ca. 65 bar

Verfügbare Luftvorrat: 200 bar – 65 bar = ca. 135 bar

Maximale Tauchzeit: 135 bar / 4 bar/min. = ca. 33 min.

21	11		C
	16		D
31'	21		D
	26		E
	31		E
	36	2	F
	41	5	F
	46	7	F
	51	10	G
	56	13	G
	61	17	G

⇒ Keine Pflicht-Deko zu erwarten

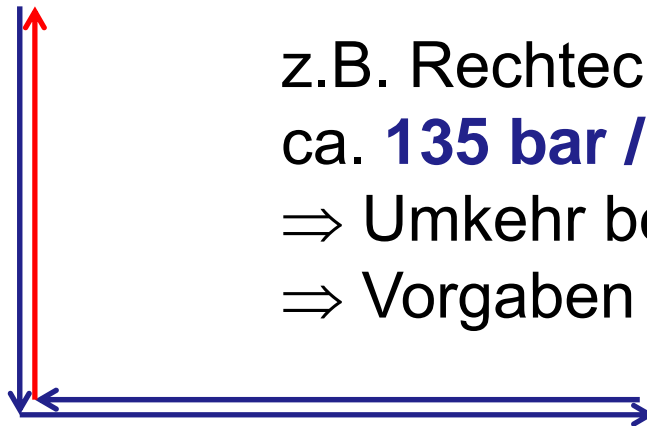
Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung

Verfügbare Luftvorrat: **200 bar** – **65 bar** = **ca. 135 bar**

Finimeter-Eckdaten abhängig vom Tauchprofil



z.B. Rechteckprofil:

ca. **135 bar / 2** = ca. 65 - 70 bar

⇒ Umkehr bei ca. 120 bar

⇒ Vorgaben für Briefing + TG-Controlling

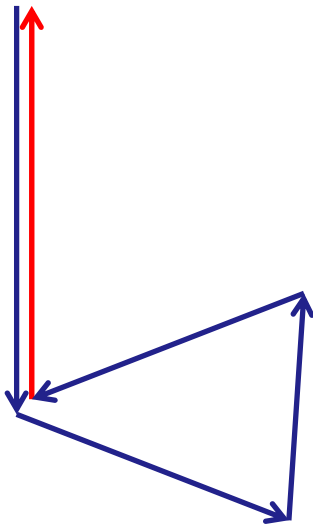
Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung

Verfügbare Luftvorrat: **200 bar** – **65 bar** = **ca. 135 bar**

Finimeter-Eckdaten abhängig vom Tauchprofil



z.B. Dreiecksprofil:

ca. 135 bar / 3 = ca. 45 bar je Schenkel

realistische Vorgabe für das Briefing?

ca. **120 bar** / 3 = ca. 40 bar je Schenkel

⇒ Vorgaben für Briefing + TG-Controlling

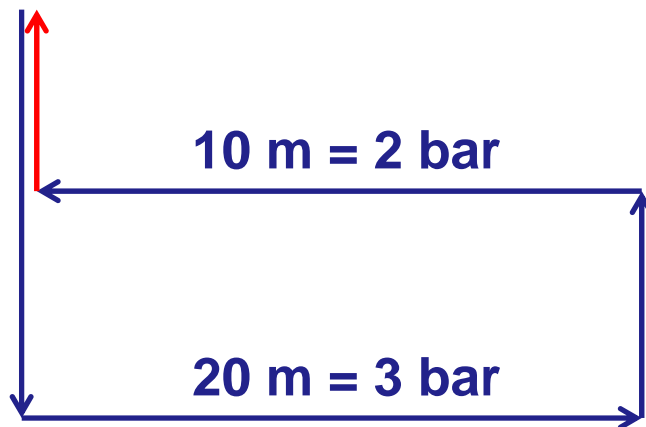
Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung

Verfügbare Luftvorrat: **200 bar** – **60 bar** = **ca. 140 bar**

Finimeter-Eckdaten abhängig vom Tauchprofil



z.B. unterschiedliche Tiefenprofile:

ca. **140 bar x 3 / 5** = ca. 85 bar

⇒ Umkehr bei ca. 100 - 110 bar

⇒ Vorgaben für Briefing +
TG-Controlling

Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 3: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung ohne Dekompressionspflicht bei TG 3, 4, ...

3.4: Controlling & Management

Höchster spezifischer Luftverbrauch [bar/min.] wird zur Führungsgröße für die TG-Planung einer Tauchgruppe.

Finimeter-Kontrolle nach ca. 5 min. Tauchzeit

- ⇒ Überprüfung des eigenen Status
- ⇒ Überprüfung der Tauchpartner
- ⇒ TG-Planung machbar? => Luftmanagement

Restdruck-Kontrolle nach dem Tauchgang

- ⇒ AMV-Vorgabe realistisch?
- ⇒ Ggf. Nachberechnung



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 4: Durchführung eines dekompensionspflichtigen TG

Tauch-Kompetenz kann nur durch Tauch-Praxis erworben werden! Dies gilt auch für Deko-TG!

Empfehlungen für die Durchführung:

- Tauchkompetenz der potentiellen Teilnehmer prüfen
- Kompetentes Ausbilderteam aktivieren
- Gruppengröße maximal 2 TN / 1 TL
- Geeignetes Gewässer auswählen
- Bezug zur aktuellen DTSA^{**}/(^{***}) Ausbildung vermeiden
=> Normale Vereinsaktivität



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 4: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung mit Dekompressionspflicht

4.1: Restdruck für den Aufstieg mit Sicherheits-Deko

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3` auf 5m [bar]
5	2,0	7
10	2,7	9
15	3,3	11
20	4,0	14
25	4,7	18
30	5,3	22
35	6,0	27
40	6,7	33
45	7,3	39
50	8,0	46

=> ca. 80 bar

Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 4: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung mit Dekompressionspflicht

4.2: Dekompressionspflicht? Deko-Stops?

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3' auf 5m [bar]
5	2,0	7
35	6,0	27

=> ca. 80 bar

Maximale Tauchzeit: ca. 120 bar / 6 bar/min. = ca. 20 min.

36 10'	6				C
	10				D
	14			3	E
	18		2	5	F
	21		3	8	F
	24	1	4	11	F
	27	2	6	13	G
	30	3	7	16	G
33	4	9	19	G	

20 min. Grundzeit nicht möglich!
Es fehlen ca. 11 min. x 2 bar/min.
für die Deko-Stops.



Modul TG-Planung & Luftmanagement

Phase 4: Finimeter-Eckdaten für die TG-Planung mit Dekompressionspflicht

4.2: Deko? Deko-Stops? TG-Planung

Tiefe [m]	Druckabfall [bar / min.]	Aufstieg + 3' auf 5m [bar]
5	2,0	7
35	6,0	27

=> ca. 80 bar

36 10'	6			C	
	10			D	
	14		3	E	
	18	2	5	F	
	21	3	8	F	
	24	1	4	11	F
	27	2	6	13	G
	30	3	7	16	G
	33	4	9	19	G

18 min. Grundzeit?

18 min. x 6 bar/min. = 108 bar

7 min. x 2 bar/min. = 14 bar

⇒ 122 bar / 120 bar

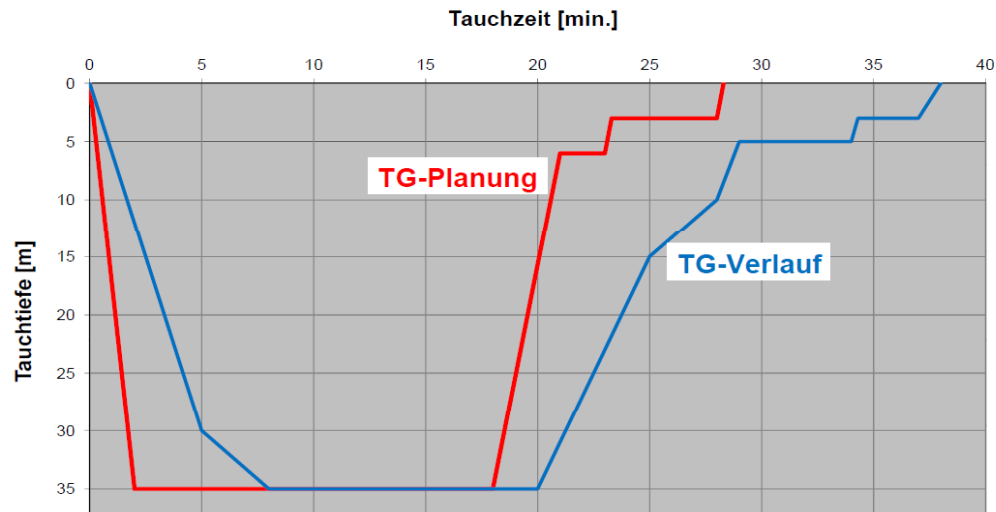
⇒ TG ist durchführbar!

⇒ PoR: ca. 90 bar (50 + 27 + 14 bar)

⇒ Umkehr bei z.B. ca. 140 bar

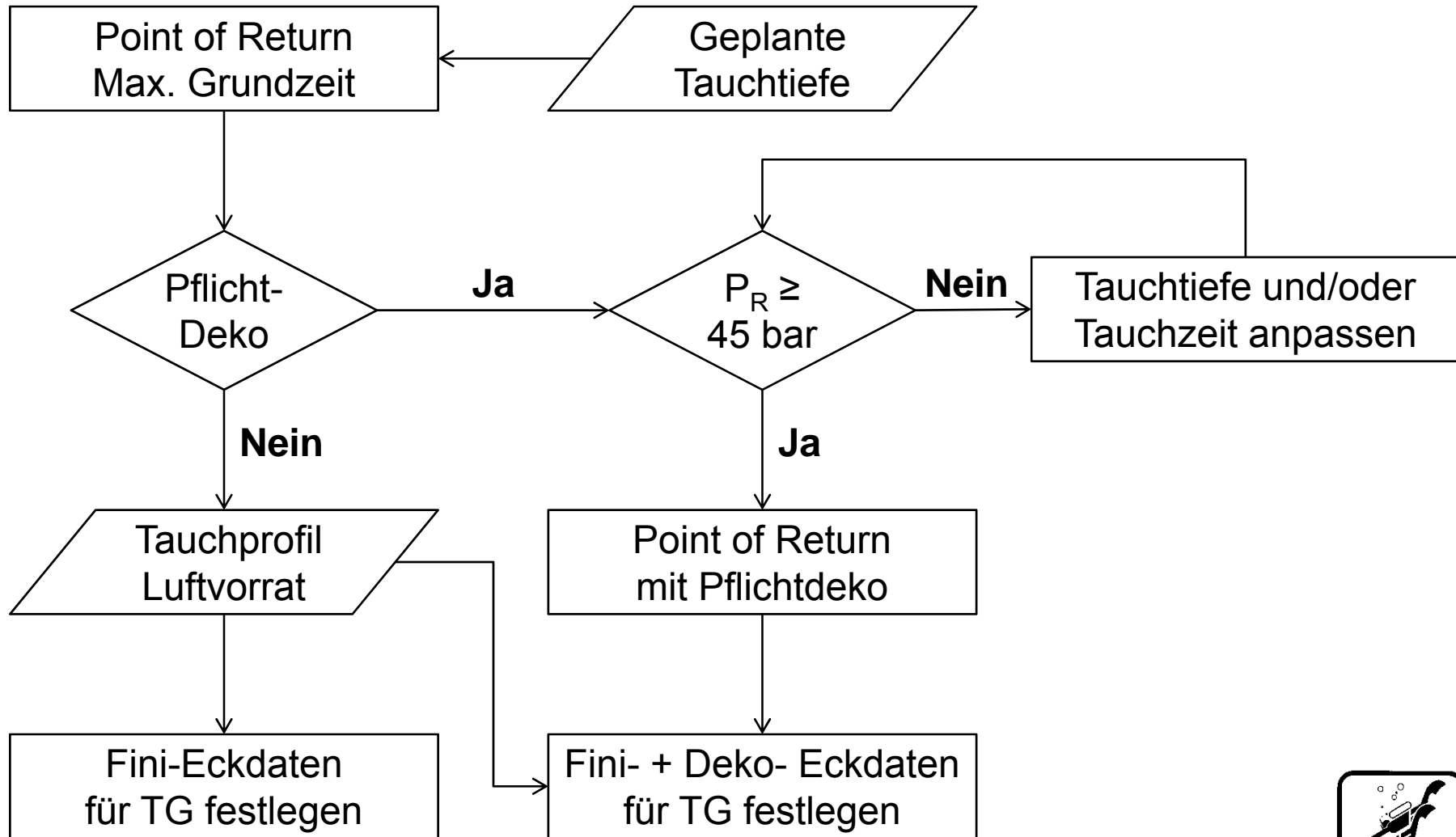
Modul TG-Planung & Luftmanagement

4.3: Evaluierung TG-Planung & TG-Verlauf



- Exakte Analyse des TG-Verlaufs mit der Gruppe
- Deko- und Luftverbrauchs-Kalkulation
=> worst-case-Annahme
=> TG ist bei normalen Bedingungen immer machbar!
- Stellenwert von Luft-/Deko-Controlling & TG-Management bei zukünftigen autonomen Tauchgängen

Ablaufdiagramm TG-Planung mit DECO 2000 und individueller Luftverbrauchstabelle

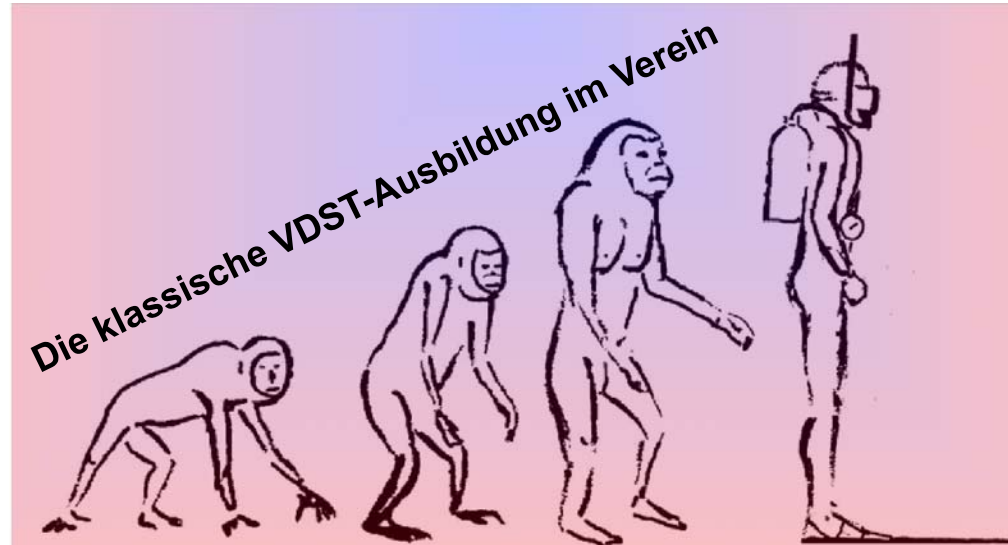


Modul TG-Planung & Luftmanagement

Erfahrungswerte seit 2005/2007/2011

- Die Deko-Tabelle ist ein wichtiges und unverzichtbares Planungsinstrument in der Tauchpraxis!
=> Visualisierung der Dekompression
- Die **individuelle** Luftverbrauchstabelle gewährleistet eine verlässliche Luftverbrauchskalkulation!
- Die Kompetenz „TG-Planung & Luftmanagement“ kann in der DTSA^{**}/^{***}-Praxis-Ausbildung vermittelt werden.
- Hohe Akzeptanz bei den Teilnehmern
- Positives Feedback zur Praxistauglichkeit (insbesondere im internationalen Vergleich)
- Nur Übung macht den Meister!





- Autonome Taucher und Tauchgruppenführer müssen auch dekompressionspflichtige TG planen und sicher durchführen können.
 - Die DTSA^{**}/^{***}-Ausbildung darf sich nicht auf eine theoretische Planung von Deko-TG beschränken.
=> Anpassung der VDST-Prüfungsordnung
 - Ambitionierte Taucher im VDST-System halten!
- Gute Tauchausbildung = Kompetenz = Sicherheit

Sicheres Tauchen ist der bewusste Umgang mit der Summe der kalkulierbaren Risiken!



A Fish and his Trophy