

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

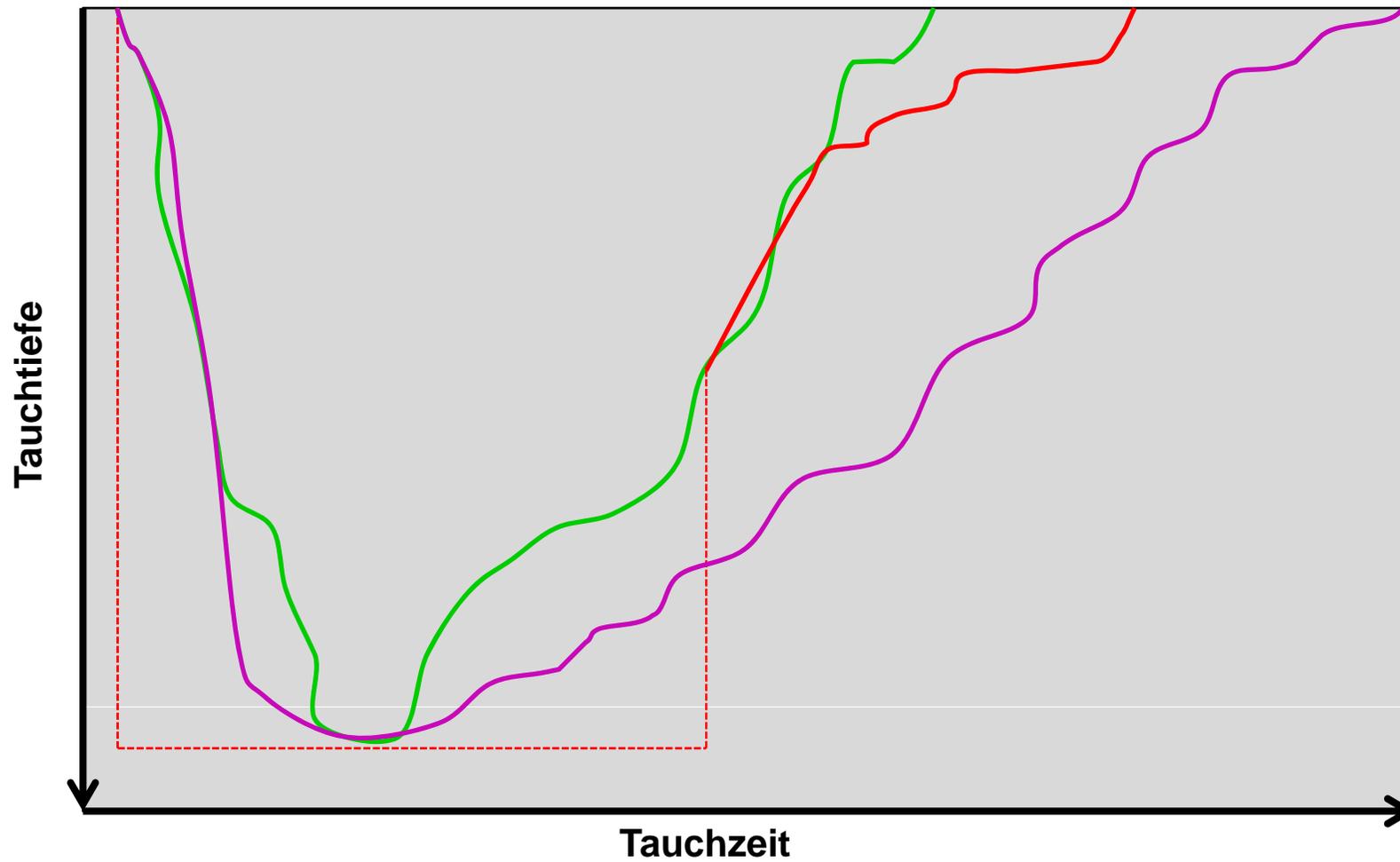


Tauchen im Computerzeitalter

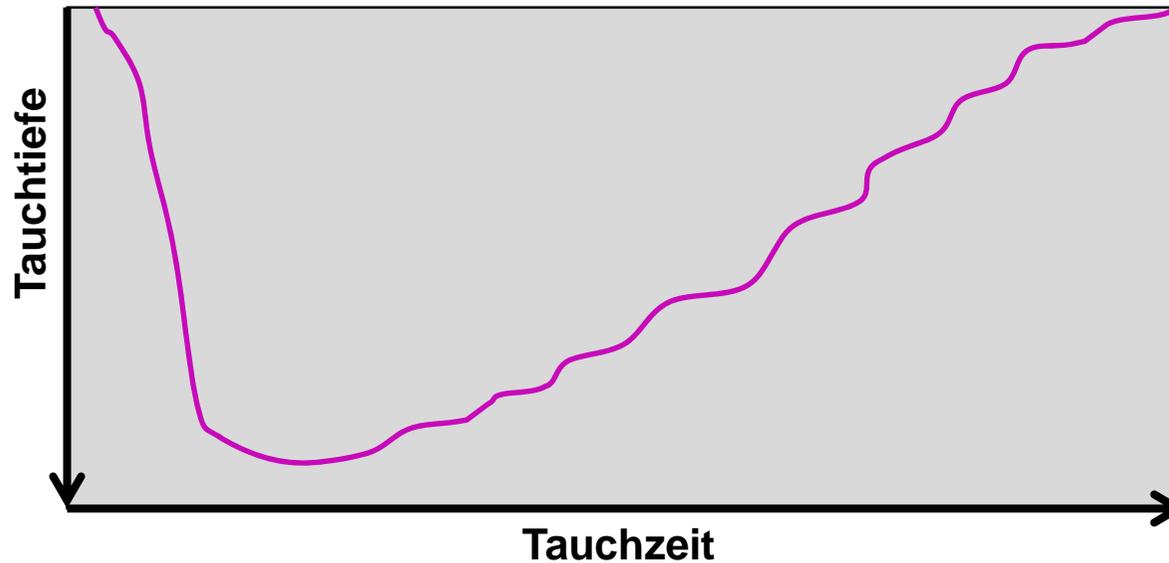
Austauschtabelle DECO 2000

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'	12				
	72				14					15				
	90				18					18				
	108				22					21				
					26					24				
15	24				30					27				
72'	36				34					30				
	48				38					34				
	60				42					38				
	72				46					42				
	84				50					46				
					54					50				
18	12				58					54				
45'	15				62					58				
	18				66					62				
	21				70					66				
	24				74					70				
	27				78					74				
	30				82					78				
	33				86					82				
	36				90					86				
	39				94					90				
	42				98					94				
	45				102					98				
	48				106					102				
	51				110					106				
	54				114					110				
	57				118					114				
	60				122					118				
	63				126					122				
	66				130					126				
	69				134					130				
	72				138					134				
	75				142					138				
	78				146					142				
	81				150					146				
	84				154					150				
	87				158					154				
	90				162					158				
	93				166					162				
	96				170					166				
	99				174					170				
	102				178					174				
	105				182					178				
	108				186					182				
	111				190					186				
	114				194					190				
	117				198					194				
	120				202					198				
	123				206					202				
	126				210					206				
	129				214					210				
	132				218					214				
	135				222					218				
	138				226					222				
	141				230					226				
	144				234					230				
	147				238					234				
	150				242					238				
	153				246					242				
	156				250					246				
	159				254					250				
	162				258					254				
	165				262					258				
	168				266					262				
	171				270					266				
	174				274					270				
	177				278					274				
	180				282					278				
	183				286					282				
	186				290					286				
	189				294					290				
	192				298					294				
	195				302					298				
	198				306					302				
	201				310					306				
	204				314					310				
	207				318					314				
	210				322					318				
	213				326					322				
	216				330					326				
	219				334					330				
	222				338					334				
	225				342					338				
	228				346					342				
	231				350					346				
	234				354					350				
	237				358					354				
	240				362					358				
	243				366					362				
	246				370					366				
	249				374					370				
	252				378					374				
	255				382					378				
	258				386					382				
	261				390					386				
	264				394					390				
	267				398					394				
	270				402					398				
	273				406					402				
	276				410					406				
	279				414					410				
	282				418					414				
	285				422					418				
	288				426					422				
	291				430					426				
	294				434					430				
	297				438					434				
	300				442					438				
	303				446					442				
	306				450					446				
	309				454					450				
	312				458					454				
	315				462					458				
	318				466					462				
	321				470					466				
	324				474					470				
	327				478					474				
	330				482					478				
	333				486					482				
	336				490					486				
	339				494					490				
	342				498					494				
	345				502					498				
	348				506					502				
	351				510					506				
	354				514					510				
	357				518					514				
	360				522									

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-Luftverbrauchsberechnung 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

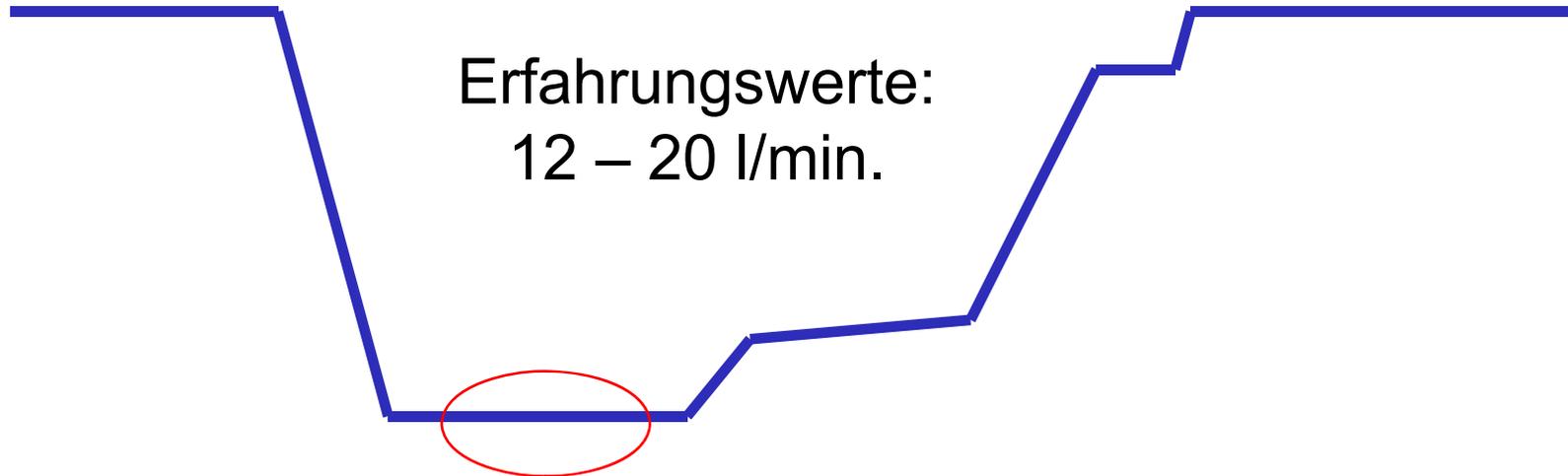
Phase 1: Theorie

- 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

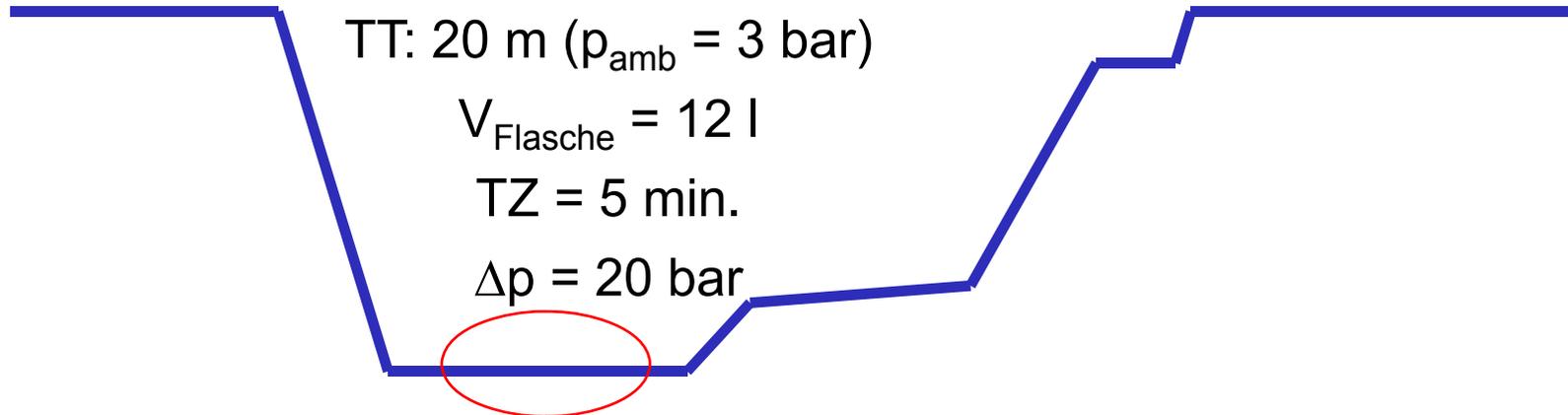
Phase 2a: Persönliches AMV



- 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

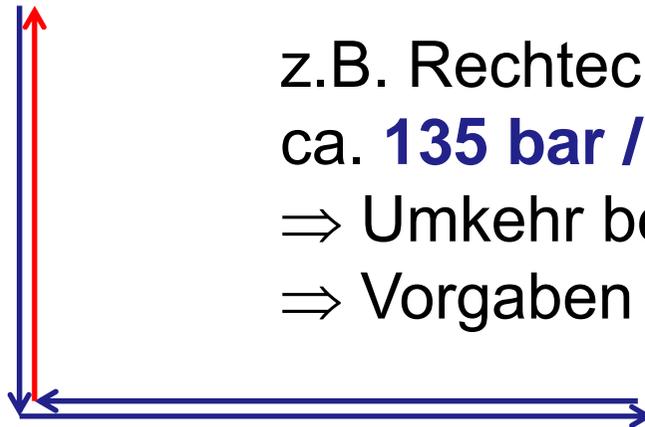
Modul TG-Planung & Luftmanagement

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

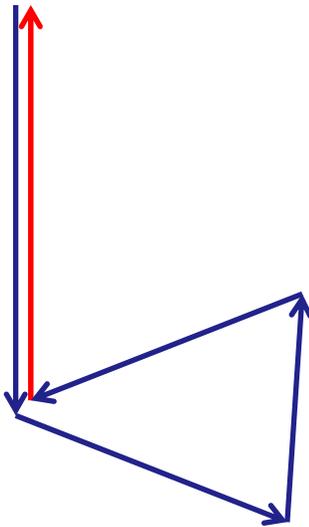
Modul TG-Planung & Luftmanagement

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

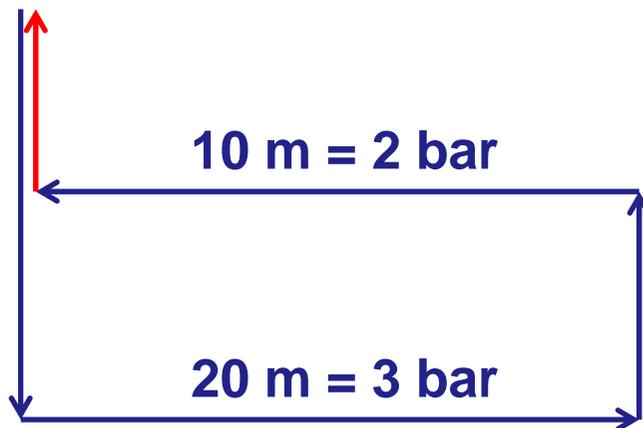
Modul TG-Planung & Luftmanagement

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

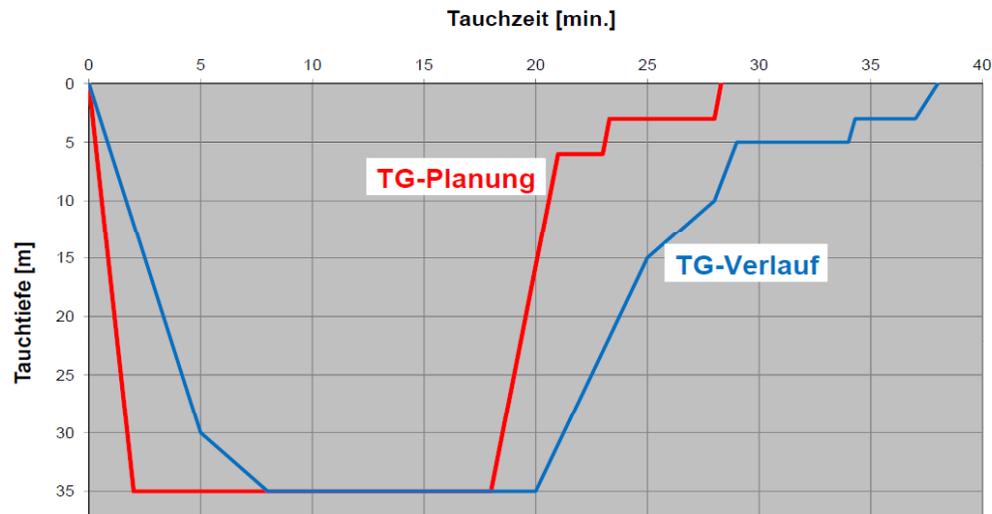
⇒ TG ist durchführbar!

⇒ PoR: ca. 90 bar (50 + 27 + 14 bar)

⇒ Umkehr bei z.B. ca. 140 bar

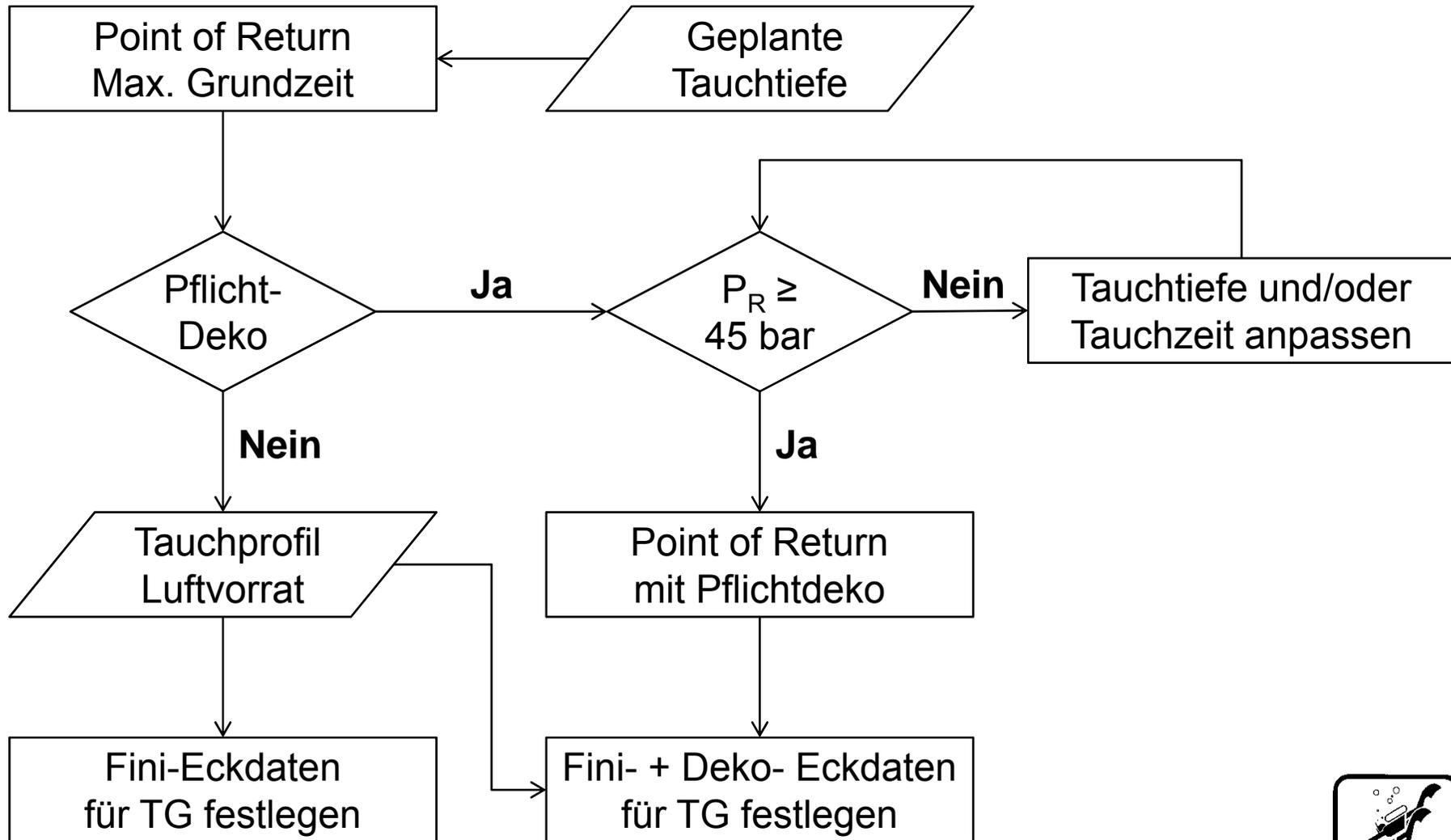
Modul TG-Planung & Luftmanagement

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

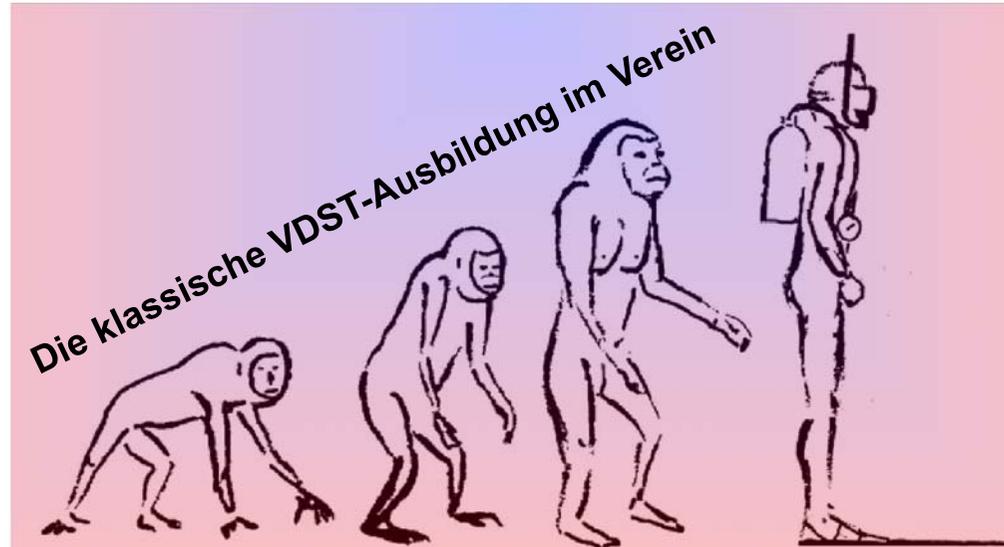


Modul TG-Planung & Luftmanagement

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