

VI

U-Boot-Medizin

VON M. ALMELING¹⁾, W. HÄNERT²⁾, M. FAERMANN³⁾

VI – 1

U-Boot-Medizin/Ein Überblick

VI – 1.1

Vorbemerkung/Literaturquellen

Inhalte von Schilderungen dieses Kapitels beziehen sich nahezu ausschließlich auf die konventionellen U-Boote der Deutschen Marine. Diese sind zum großen Teil den mehr oder weniger frei zugänglichen Quellen der U-Boot-Offiziere und den Lehrgangsunterlagen für Tauchmediziner der Bundeswehr/U-Boot-Flottille sowie zum Teil älteren Veröffentlichungen des Schifffahrtmedizinischen Institutes der Marine entnommen. Die ein oder andere Textpassage und die hier getroffenen Feststellungen sind somit inhaltlich nicht überprüfbar oder auch schon von neueren nicht publizierten Entwicklungen überholt. Sie stellen zum großen Teil die offizielle „Lehrmeinung“ der Marine dar. Nicht verwendet werden konnten natürlich als vertraulich oder noch strenger klassifizierte Unterlagen der Marine.

VI – 1.2

Einleitung

Die sich für eine U-Boot-Besatzung ergebenden, besonderen medizinischen und psychologischen Anforderungen, Konsequenzen im täglichen Arbeitsumfeld und Besonderheiten der U-Boot-Rettung spielen für die normalen Bereiche der Tauchmedizin eine untergeordnete Rolle. In Randbereichen des Off-Shore-Tauchens und in Randbereichen des Forschungstauchens berühren sie auch zivile Einsatzbereiche. Die Rettung aus gesunkenen U-Booten sowie die hier verwendeten Rettungsmittel haben historisch einen engen Bezug zu der Entwicklung der Tauchgeräte vor und nach der Jahrhundertwende. Nachfolgend sollen einige wesentliche Grundzüge der U-Boot-Medizin und -Psychologie kurz angerissen und unter dem Aspekt der besonderen medizinischen Verhältnisse im U-Boot dargestellt werden.

Die Lebens- und Arbeitsverhältnisse an Bord eines U-Bootes weichen erheblich von den „normalen“ Arbeits- und Lebensumständen auch und insbesondere auf Überwasserschiffen ab und beeinflussen das Wohlbefinden der Besatzung an Bord erheblich. In der von der Außenwelt völlig abgeschlossenen Atmosphäre können eine Vielzahl von Faktoren zur gesundheitlichen Beeinträchtigung des U-Boot-Fahrers führen. Hier sind als Besonderheiten aufzuführen:

¹⁾ Druckkammerzentrum Kassel

²⁾ Arbeitsmedizinischer Dienst Stadt Kiel

³⁾ 3. U-Boot-Geschwader, Eckernförde

Tabelle VI – 1/1: Besonderheiten für die Lebens- und Arbeitsverhältnisse an Bord

●	extreme räumliche Enge
●	Fehlen des Sonnenlichtes
●	Besonderheiten der Witterungs- und Temperatureinflüsse
●	veränderte O ₂ - und CO ₂ -Konzentrationen in der Atemluft
●	Beimengungen giftiger und gefährlicher Stoffe in der Atemluft
●	Verunreinigung der Raumluft durch Schwebeteilchen
●	Störung des Schlaf/Wach-Rhythmus
●	mangelnde körperliche Bewegung
●	Abweichung von der normalen Ernährung
●	unzureichende persönliche Hygiene
●	eingeschränkte Wasch/Toilettenbedingungen
●	psychologische Beeinträchtigungen durch Arbeiten in beengten Räumen und von der Außenwelt abgeschlossen

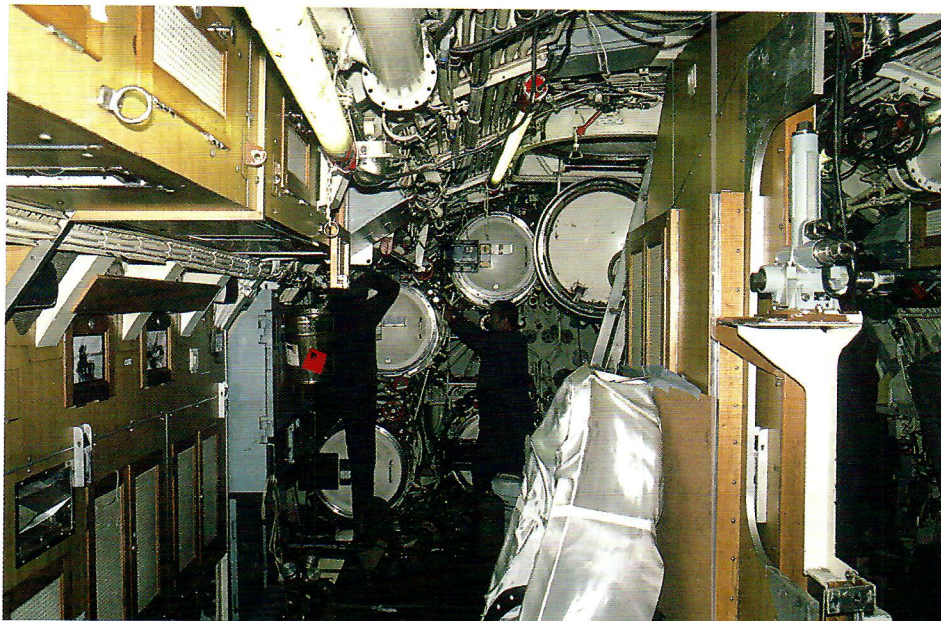


Abb. VI – 1/1: Räumliche Enge an Bord eines U-Bootes; hier „Hauptflur“ mit Blick auf den Torpedoraum

VI – 1.3 Grundprinzipien eines U-Bootes

Wofür ein U-Boot, wenn es doch Taucher gibt? Die Frage hört sich banal an, ist aber so leicht nicht zu beantworten. Im Endeffekt waren es die unterschiedlichen Einsatzgebiete, die eine parallele Entwicklung beider Sparten voran getrieben haben. Aus militärischen Zwecken benötigte man ein „Unterwasserfahrzeug“ in dem sich mehrere Personen über einen längeren Zeitraum – gegebenenfalls noch unbemerkt – bewegen können. Dieses Fahrzeug sollte dann auch noch bewaffnet sein. Spätestens jedoch bei den moderneren Forschungs-U-Booten verschwimmen die Vor- und Nachteile. Hier will man zwar tief tauchen, jedoch auch Arbeiten außerhalb des U-Bootes erledigen. Dies ist mit extern angebrachten Werkzeugen jedoch nur begrenzt möglich.

VI – 1.3.1 U-Boot-Atmosphäre

Im U-Boot selbst herrscht atmosphärischer Druck. Das Boot ist mit Atemluft gefüllt. Um unter Wasser einen Luftaustausch bzw. eine Lufterneuerung aus der Außenluft zu gewährleisten, kann in geringen Tiefen „geschnorchelt“ werden. In diesem Fall zirkuliert Frischluft über einen die Wasseroberfläche durchdringenden Schnorchelmast im U-Boot und gewährleistet den Luftaustausch.

Während der Tauchfahrten wird der Kohlendioxidgehalt der U-Boot-Atmosphäre mit Hilfe von LiOH (als Absorbens) konstant gehalten. Zusätzlich wird über eine Konstantdosierung der Raumluft ständig Sauerstoff zugesetzt (s.u.).

VI – 1.3.2 Druckkörper

Um Menschen in größeren Tiefen den Aufenthalt so komplikationslos wie möglich zu gestalten, müssen sie vor dem Wasserdruck geschützt werden. Dies geschieht aus technischer Sicht am günstigsten mit einer Druckhülle in Kugelform. Soll sich diese Druckhülle jedoch fortbewegen und eine größere Zahl von Menschen aufnehmen, so wird häufig auf eine zeppelinähnliche Form zurückgegriffen. Das Material des Druckkörpers besteht in aller Regel aus besonderen Stahllegierungen oder auch Plexiglas-/Stahl-Kombinationen.

VI – 1.3.3 Fortbewegung

Die bisher gängigen, konventionellen U-Boot-Typen verfügen über einen Elektromotor, der seine Energie aus Batterien bezieht, als Antriebsaggregat. Geladen werden die Batterien mit Hilfe eines Verbrennungsmotors bei Überwasserfahrt bzw. unter Einsatz eines Schnorchels bei Unterwasserfahrt. Herkömmliche Verbrennungsmotoren sind zum Unterwasserantrieb nicht geeignet, da sie Sauerstoff verbrauchen und Schadstoffe produzieren. Beides würde binnen Kürze unter Wasser zu nicht lösbaren Komplikationen (Abgase, Sauerstoffmangel) führen.

In naher Zukunft werden schon jetzt serienreife, gekapselte Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, z.B. der Kreislaufdiesel oder der Sterlingmotor.

Der Auf- und Abtrieb eines U-Bootes findet durch fluten oder ausblasen der Ballasttanks statt. Hierfür werden Druckluftbehälter mitgeführt, zusätzliche Energie ist nicht notwendig. Kleinere Forschungs-U-Boote und U-Boote, die Verwendung im Tourismus finden, werden ausschließlich über Autobatterie-ähnliche Systeme angetrieben. Sind diese leer, müssen sie an der Oberfläche aufgeladen werden. In gleicher Form funktionieren auch unsere militärischen Boote – mit etwas größeren Batterien. Neigen sich diese dem Ende zu, muß das Boot auftauchen und die Maschinen antreiben. Die Dieselmotoren dienen ausschließlich der Batterieladung und nicht dem Vortrieb.



Abb. VI – 1/2: Das deutsche Forschungs-U-Boot „Jago“ während einer Expedition des Max-Planck-Institutes in der Sargassosee (südlich der Bermuda-Inseln)

VI – 1.4 Zivile U-Boote

Im zivilen Bereich werden U-Boote für den Forschungs- und Off-Shore-Betrieb, sowie für den Tourismus eingesetzt. Die Funktionsprinzipien folgen denen der militärisch genutzten U-Boote. Abwandlungen finden sich natürlich bei den technischen Spezifikationen des Einsatzzweckes. In Deutschland ist derzeit nur ein uns bekanntes U-Boot im Forschungseinsatz (Abbildung VI – 1/2). Das Boot gehört zur Arbeitsgruppe um Prof. Peter Fricke, einem bekannten Verhaltensbiologen des Max Planck-Institutes in München/Seewiesen. Das Boot ist für zwei Personen geeignet und für Tauchtiefen bis 400 Meter zugelassen. Nähere Erläuterungen zu diesem Thema finden Sie im Kapitel II – 11.5.

VI – 1.5 U-Boote der Deutschen Marine

Betrachtet man die heute in Deutschland eingesetzten U-Boote, so wird man nahezu ausschließlich auf kleine Boote der Deutschen Marine stoßen. Ihre Größe ist auf Grund von Forderungen der Alliierten nach dem Zweiten Weltkrieg entstanden. Diese legten fest, daß die maximale Größe deutscher U-Boote auf 500 Tonnen beschränkt wird. Aufgrund dieser Größenvorgaben wurden die technischen Anforderungen auf die heute noch aktuelle Bauweise der U-Boote zugeschnitten.

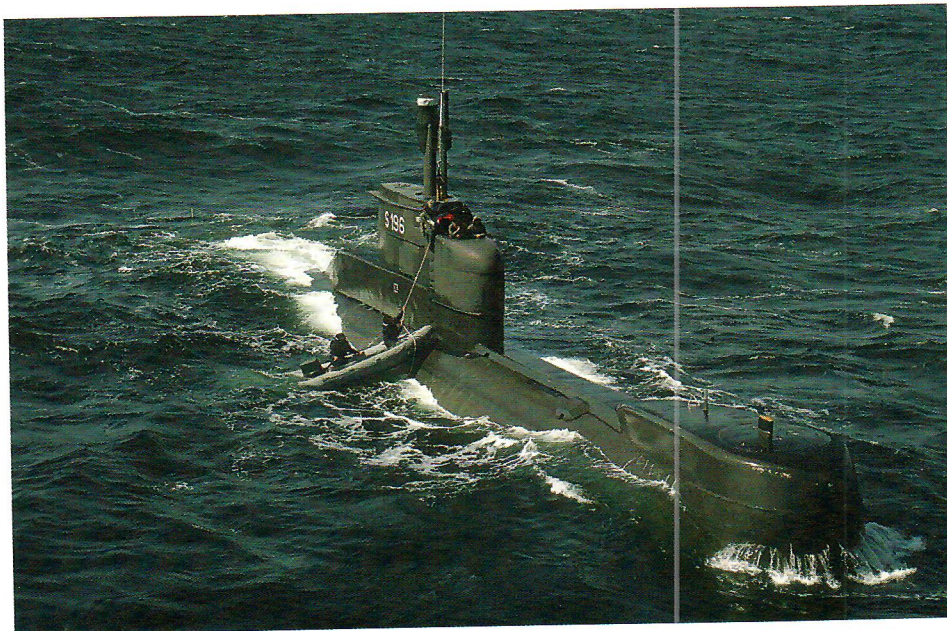


Abb. VI – 1/3: Das übliche Überstiegsverfahren auf ein U-Boot der deutschen Marine auf offener See mittels Schlauchboot

Heute sicherlich notwendige Komfortverbesserungen in einem deutschen U-Boot würden sofort mehr Raum erfordern. Mehr Raum würde jedoch auch größere Boote und eine automatisch geringere Manövrierfähigkeit nach sich ziehen. So würden zusätzliche Maschinen für den Betrieb der U-Boote notwendig werden. Diese Maschinen würden ein zusätzliches Gewicht bedeuten. Somit sind auch im Jahre 2000 nur die später dargestellten kleinen U-Boote der Klasse 206 A der Deutschen Marine im Einsatz.

VI – 1.5.1

Zukünftige U-Boote der Deutschen Marine

Hohe Beweglichkeit für Operationen in flachen und engen Gewässern mit geringstmöglichen Schnorchelzeiten für Batterieladung haben bereits die Konstruktion der deutschen U-Bootklasse 206 geprägt. Die Weiterentwicklung der Ortungstechnik und die zunehmende Zahl der U-Bootjagdmittel sowie das erweiterte Einsatzgebiet – und der Wandel der Aufgabenschwerpunkte von deutschen U-Booten – erforderte die Entwicklung der neuen U-Bootgeneration Klasse 212.

Die Unterseeboote der Klasse 212 besitzen einen auf der Welt einmaligen Hybridantrieb. Entworfen wurde dieses System mit der Absicht, U-Booteinsätze über mehrere Wochen hindurch im dauergetauchten Zustand und weitgehend unabhängig von Außenluftzufuhr zu ermöglichen. Die Hybrid-Anlage setzt sich aus einem Dieselgenerator, einer Fahrbatterie, einer Brennstoffzellenanlage und dem Fahrmotor zusammen.

Die Brennstoffzellen-Anlage (BZ), die Wasserstoff und Sauerstoff geräusch- und abgaslos direkt in elektrische Energie umwandelt, zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad und geringen Wartungsaufwand aus. Neben dem Gleichstrom fällt bei der Energieumwandlung als einziges Reaktionsprodukt destilliertes Wasser an. Der Zulauf der U-Boote der Klasse 212 zur U-Bootflottille erfolgt ab Ende 2003.

VI – 1.5.2

U-Boote anderer Marinen

Die „großen“ Marinen (USA, Russland etc.) verfügen über nuklear angetriebene U-Boote. Auf Grund ihres nahezu unbegrenzten Energievorrates sind sehr lange Tauchzeiten möglich. Ebenso sind auf Grund der Größe der Boote die Lebens- und Arbeitsbedingungen auf Atom-U-Booten mit denen auf konventionellen U-Booten nicht vergleichbar. Hygiene, Raumluftqualität und frische Nahrungsmittel stellen keinen Problembereich mehr da. Aufgrund der aufwendig konstruierten Antriebsanlagen kann man davon ausgehen, daß ein Nuklear-U-Boot eine Mindesttonnage von ca. 2.500 – 3.000 t verdrängt.

VI – 1.6 Teilbereiche der U-Boot-Medizin

Die U-Boot-Medizin setzt sich aus vier wesentlichen Teilabschnitten zusammen. Diese sind:

- A. U-Boot-Physiologie Hierbei werden die Reaktionen des menschlichen Körpers auf die Umweltverhältnisse im U-Boot geprüft.
- B. U-Boot-Hygiene Hierbei werden die sanitären Anlagen, das Trinkwasser, die wohnliche Umgebung, Ernährung und Bekleidung, sowie letztendlich auch die medizinische Versorgung der U-Boot-Besatzung betrachtet.
- C. U-Boot-Psychologie Hier werden im Wesentlichen die geistigen Voraussetzungen und besonderen psychologischen Belastungen der U-Boot-Fahrer im Hinblick auf ihren späteren Einsatz getestet.
- D. U-Boot-Rettung Szenarien eines U-Boot-Unfalls werden theoretisch und praktisch durchgespielt, Rettungsmittel entwickelt und erprobt.

VI – 2 U-Boot-Physiologie

VI – 2.1 Klimatische Bedingungen

Bei den Besonderheiten des abgeschlossenen U-Boot-Lebensraumes haben vor allem die klimatischen Bedingungen Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Besatzung. Aufgrund der baulichen Struktur ergeben sich außerordentlich starke Klimaschwankungen.

VI – 2.1.1 Temperatur

Im Gegensatz zu einem Haus, in dem der Temperatúrausgleich fast ausschließlich durch die Wände stattfindet, ergibt sich der Temperatúrausgleich beim U-Boot, bedingt durch die gute Wärmeleitfähigkeit des Druckkörpers, erst im Bootsinneren. Hierbei entstehen in Abhängigkeit von der Außentemperatur sehr große Temperaturgefälle. Die Außentemperatur des Bootes schwankt je nach Wassertiefe im Einsatzbereich Ostsee zwischen 15° und 2°

Tabelle VI – 2/1: Temperaturdifferenzen im U-Boot

Wand-Bootsmitte	ca. 10 bis 12 °C
Boden-Kopfhöhe	ca. 10 bis 12 °C
In Bootsängsrichtung	ca. 25 bis 50 °C
Torpedoraum	ca. 15 °C
Motorraum	ca. 45 bis 75 °C

Das Einsatzgebiet der deutschen U-Boote hat sich in den zurückliegenden Jahren auf den Atlantik und das Mittelmeer erweitert. Die Boote sind mittlerweile mit Klimageräten ausgerüstet, die die Systemrechner der Operationszentrale vor Überhitzung und Kondensfeuchtigkeit schützen sollen. Obwohl diese Anlagen nicht für den Betrieb in warmen Klimazonen konstruiert sind, ergibt sich doch ein vorteilhafter Nebeneffekt hinsichtlich des Raumluftklimas für die Besatzungen. Die in Tabelle VI – 2/1 angegebenen Temperaturbereiche stammen aus der „Vor-Klimatisierungszeit“.

VI – 2.1.2 Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit ist an Bord relativ niedrig, obwohl viel Wasserdampf im Boot durch die Ausatemluft, durch Kochdünste und durch Verdunstung von eingedrunenem Seewasser frei-

gesetzt wird. Dieser Dampf kondensiert am kalten Druckkörper, mit Abfließen des Kondenswassers in die Bilge, aus. In der Nähe des Bootskörpers gelagerte Gegenstände werden so schnell durchfeuchtet und können vielerlei Probleme verursachen. Besonders betroffen sind davon Kleidungsstücke und Lebensmittel.

VI – 2.1.3 Luftbewegung

Die Luftumwälzung beträgt 1200 bis 1800 m³/h. Hieraus ergibt sich, bezogen auf die Bootsgrundfläche, eine Strömungsgeschwindigkeit von ca. 0,15 m/min.. An den acht Lüfterrosetten werden dennoch Windgeschwindigkeiten von ca. 7m/sec. (mäßige bis frische Brise) erreicht.

VI – 2.1.4 Luftdruckschwankungen

Durch Entlüften von Trimm- und Regelzellen wird normalerweise ein Druckanstieg von 10 bis 20 mbar zu verzeichnen sein, theoretisch aber auch bis 200 mbar. Beim Unterschneiden (Schnorchel gelangt unter die Wasseroberfläche) des Schnorchels kann ein Druckabfall im Bootsinneren bis auf 0,8 bar eintreten. In einem solchen Fall wird der Dieselmotor automatisch abgeschaltet.

VI – 2.1.5 Auswirkungen

Die großen Temperaturschwankungen in Kombination mit der außerordentlich starken Zugluftexposition (besonders bei zusätzlich offenem Turmluk) praktisch im gesamten Bootsinnenraum, bewirken eine erhöhte Anfälligkeit der Besatzung für Erkältungskrankheiten, Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises und Hautinfektionen. Auch die Ausbreitung dieser Krankheiten innerhalb der Mannschaft wird durch die klimatischen Bedingungen gefördert. Veränderungen des Luftdruckes rufen besonders Beeinträchtigungen im Bereich der Nasennebenhöhlen und des Mittelohres hervor.

VI – 2.2 Lufterneuerung und Überwachung

Ohne Lufterneuerung kann sich mit der Zeit ein lebensgefährlicher O₂-Abfall und CO₂-Anstieg im U-Boot entwickeln. Unter Gewährleistung der Einsatzfähigkeit wären die Grenzwerte für eine 25 Mann starke Besatzung nach ca. vier Stunden erreicht. Die Grenzwerte liegen nach Marinevorschriften für CO₂ bei 1% und für O₂ zwischen 18 – 21%.

Der Verbrauch von O_2 und die Bildung von CO_2 sind sehr stark von der körperlichen Aktivität abhängig, weshalb bei einer Tauchfahrt Nicht-Wachgänger (nicht aktive, im Dienst befindliche Besatzung) sich möglichst ruhig in ihrer Koje aufhalten sollten. Pro Stunde verbraucht eine Person ca. 26 l Sauerstoff und gibt ca. 22 l Kohlendioxid in die Bootsatmosphäre ab.

Der O_2 - und CO_2 -Gehalt soll gemäß „Tauchvorschrift für U-Boote“ (MDv 485/1)¹⁾ in stündlichen Abständen überprüft werden. Hierfür wird das Dräger Gas-Spürgerät (Handbedienung) eingesetzt.

Das Lufterneuerungs- und Umwälzsystem besteht aus verschiedenen Ansaugöffnungen in der Bilge und dem Batterieraum (Entstehung von Wasserstoffgas). Da bei diesem Prozeß Wasserstoff entsteht, befindet sich in der Ansaugleitung ein elektronisches H_2 -Meßgerät. Frischluft gelangt je nach Fahrzustand über das Turmluk, den Schnorchel oder die Zuluftrosetten (in Kopfhöhe im Boot verteilt) in das Boot und anschließend als Abluft in den Batterieraum (Spülfunktion). Bei Tauchfahrt wird die verbrauchte Luft durch die CO_2 -Bindeanlage geleitet, in der CO_2 an Lithiumhydroxid gebunden wird. Nach Passage der Lithiumhydroxidbehälter erfolgt bei Bedarf ein O_2 -Zusatz und Verteilung der erneuerten Luft über die acht Lüftungsrosetten.

VI – 2.3 Atemgase

VI – 2.3.1 Kohlendioxid

Der CO_2 -Partialdruck sollte an Bord einen Wert von 0,01 bar nicht überschreiten. Eine gewisse Gewöhnung an einen höheren Kohlendioxidspiegel ist durchaus möglich. Ältere Boote erreichten Kohlendioxid-Konzentrationen bis zu 3%, allerdings dann verbunden mit einem Leistungsabfall bei der Mannschaft (siehe auch Kapitel II – 3.4.3). Mit neueren Schadstoffbindeanlagen sollen derartige Konzentrationen vermieden werden.

Die Lufterneuerungsanlage wird ab einem CO_2 -Gehalt von 0,7% eingeschaltet (MDv 485/1)¹⁾.

In der Absorptionsanlage bindet ein Kilogramm Lithiumhydroxid 120 Liter CO_2 . Atom-U-Boote binden CO_2 an Mono-Äthanol-Amin.

An Bord der U-Boot-Klasse 205 stehen 350 Behälter á 3,5 kg zur CO_2 -Bindung zur Verfügung. Das Bindungsvermögen entspricht ca. 153.000 l CO_2 . Die Boote 206 A haben 525 Behälter á 3,5 kg mit einer Bindungskapazität von 240.000 l CO_2 .

¹⁾ ZDv = zentrale Dienstvorschrift
MDv = Marine – Dienstvorschrift

VI – 2.3.2 Sauerstoff

Das zulässige O₂-Minimum an Bord beträgt 18%, eine Überlebensfähigkeit soll bis ca. 10% noch gegeben sein (siehe auch Kapitel II – 3.4.1). Bei Erreichen oder Unterschreiten des Minimums wird der Atemluft über die Konstantdosiereinrichtung Sauerstoff zugesetzt. Bei einem Verbrauch von ca. 26 l pro Mann in einer Stunde erfolgt ein Zusatz von 9 l/min (rechnerisch 11 l). Es gibt an Bord neun Sauerstoffflaschen mit je 50 l, gefüllt mit einem Druck von 200 bar, somit 90.000 Barliter O₂. Ein Anstieg der O₂-Konzentration über 21% ist aufgrund der erhöhten Feuergefahr zu vermeiden.

Da es bei rasch einsetzendem O₂-Mangel keine Warnzeichen gibt, ist der Dieselmotor mit einer Abschaltautomatik versehen, welche bei U-Boot-Atmosphärendrücken unter 0,8 bar einsetzt. Zusätzlich könnte bei Druckabfall über die eingebaute Atemnotluftanlage (ANA) getatmet werden. Sie enthält ein Nitrox-Gemisch mit einem Sauerstoffgehalt von 35% (Atemgas) resp. 20% (Atemluft).

Bei älteren Booten gab es zusätzlich die Möglichkeit bei Problemen mit der Sauerstoffversorgung, über Sauerstoffkerzen O₂-Gas freizusetzen. Pro Kerze entstanden in 15 Minuten 1 m³ O₂.

VI – 2.3.3 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid-Vergiftung stellen in U-Booten die größte Gefahr dar. Sie können durch Motorenabgase hervorgerufen werden, die bis zu 3% CO enthalten können. Das CO kann durch undichte Abgasleitungen, bei ungünstigen Windverhältnissen über den Schnorchel oder das Turmluk, sowie durch Schließen der Abgasklappen bei laufendem Dieselmotor in das Boot gelangen. Der Grenzwert auf U-Booten beträgt 25 ppm bei Dauerexposition. Im Notfall sind für 60 Minuten 200 ppm erlaubt.

Schon geringe Konzentrationen von 100 ppm führen zu einer deutlichen Leistungsminde- rung. Vor allem die optischen Verarbeitung von Radarsignalen, die Hand-Finger-Geschick- lichkeit und Lernfähigkeit sind bei erhaltenem subjektivem Wohlbefinden herabgesetzt. Zu- dem wird CO auch nicht in der CO₂-Bindeanlage entfernt.

VI – 2.3.4 Giftgase und Spurensbstanzen

Je länger die Tauchzeit andauert, desto mehr können sich gesundheitsschädliche Substanzen in der Atemluft anreichern, die dann chronische bis subakute Vergiftungen hervorrufen kön- nen.

Nitrose Gase (NO, NO₂, N₂O₄)

Sie entstehen bei sehr hohen Temperaturen, wie z.B. beim Schweißen, bei Verbrennungsvorgängen und bei Bränden an Bord, oder aber auch Funkenbildung an Elektrokollektoren. Der Grenzwert beträgt 0,00005% (MAK)²⁾.

Ozon (O₃)

Ozon bildet sich u.a. durch elektrische Funken, das sogenannte „Bürstenfeuer“, an Kollektoren. Der Grenzwert beträgt 0,00001% (MAK)²⁾.

Chlorgas (Cl₂)

Dieses gefährliche Gas kann bei Eindringen von Seewasser in die Batterien entstehen. Daher sind die Batterieräume deutscher Boote extra gekapselt

Des Weiteren können Schwefelsäure-Dämpfe bei der Batterieladung entstehen und flüssige Kohlenwasserstoffe aus undichten Stellen der Hochdruckleitung (Hydrauliköl) entweichen.

²⁾ MAK = maximale Arbeitsplatzkonzentration

VI – 3 U-Boot-Hygiene

VI – 3.1 Wohnraum

Die Grundfläche des Druckkörpers von ca. 170 m² wird zu 2/3 von Maschinen belegt. Es verbleiben ca. 60 m², die für die gesamte Besatzung als Arbeits-, Wohn- und Schlafräum zur Verfügung stehen. Eine Trennung der Funktionsbereiche ist an Bord nicht möglich, so daß Schläfer ständig durch den Betriebsablauf in ihrer Ruhe gestört sind. Eine Ausgestaltung eines persönlichen Bereiches ist an Bord nicht möglich.

Der Spindraum eines jeden Besatzungsmitgliedes hat ein Volumen von ca. 47 l (30x35x45cm) und dient der Unterbringung der persönlichen Wäsche und Gegenstände. An Bord stehen 14 Kojen zur Verfügung, zusätzlich ein oder zwei Notkojen (206 A und 205). Eigene Kojen gibt es hierbei nur für den Kommandanten, den schiffstechnischen Offizier und den Smut (Koch).

VI – 3.2 Sanitäre Einrichtungen

Ein kombinierter Hygiene- und Naßraum von 1,5 m² Grundfläche mit einem Waschbecken, Dusche und WC steht der Besatzung zur Verfügung. Mit dieser Einrichtung mußte die gesamte Mannschaft bis vor kurzem auskommen. In den letzten Jahren wurde ein zweiter Raum von ca. 1,3 qm Fläche mit einem Waschbecken und einem Pissoir „geschaffen“.

Der Wasservorrat in einem U-Boot ist sehr begrenzt. Dadurch muß der Verbrauch auf das unbedingt notwendige Maß eingeschränkt werden. Als Waschwasser steht das Wasser in Torpedozellen zur Verfügung (Typ 205 2x 3,5 t, Typ 206 A 2x 5,6t). Dies ergibt bezogen auf einen 42-Tage-Marsch („Reise“) eine Menge von ca. 12 l pro Mann und Tag (U-Boot-Typ 206 A). Bei Torpedoschüssen erfolgt eine Verunreinigung des Wassers mit Seewasser. Mit spezieller Seewasserseife ist auch ein Waschen mit Seewasser bedingt möglich.

VI – 3.3 Trinkwasser

Ein Frischwassererzeuger ist an Bord nicht vorhanden. Der Trinkwasservorrat beträgt bei den in Deutschland üblichen Bootsklassen 2,4 Tonnen. Dies entspricht einer Menge von 2,6 l pro Mann und Tag bei einem 42-Tage-Marsch („Reise“). Diese Menge deckt gerade den normalen täglichen Tagesbedarf an Flüssigkeit. Zusätzlich werden an Bord jedoch noch vom Einsatz abhängige Mengen an Getränken (Mineralwasser/Säfte) mitgeführt.

Um die Übertragung von Krankheiten durch verseuchtes Wasser einzudämmen unterliegt die Übernahme und Behandlung des Trinkwassers strengen Vorschriften (Allgemeine Schiffs-technische Vorschriften MDv 440/2, Fachdienstliche Anweisungen des Admiralarztes der Marine)¹⁾.

Bakteriologische Kontrolluntersuchungen sind durchzuführen:

- Nach jeder Werftliegezeit und nach Arbeiten und Reparaturen an der Wasseranlage
- Routinemäßig einmal halbjährlich – z.Zt. monatlich
- Unverzüglich nach Maßnahmen, die wegen eines beanstandeten Untersuchungsbefundes durchgeführt wurden

Zusätzlich muß das in der Wasserversorgung eingesetzt Personal regelmäßig gesundheitlich untersucht und über die Vorschriften belehrt werden.

VI – 3.4 Ernährung

Zu den Annehmlichkeiten eines ansonsten eintönigen Bordlebens gehört eine schmackhafte, appetitliche Verpflegung. Um diese halbwegs zu gewährleisten, gibt es zum normalen Verpflegungssatz einen höheren Kostensatz. Auch soll eine gute Verpflegung dazu dienen, die Mannschaft zu motivieren und Mangelkrankheiten zu verhindern. Hierbei kommt gerade an Bord eines U-Bootes dem „Smut“ (Koch) eine zentrale Rolle zu.

Bei der Art der Verpflegung ist zu unterscheiden zwischen der Frischverpflegung und der Einsatzverpflegung, welche zum Großteil aus Konservenküche und haltbaren, unverderblichen Lebensmitteln besteht. Teilweise ist die Verpflegung direkt für die besonderen Lagerungsbedingungen des U-Bootes konzipiert.

Aus ernährungsphysiologischen Gründen sollte die Nahrung möglichst viel Kohlenhydrate (60 – 65%), einen vernünftigen Eiweißgehalt (20 – 25%) und möglichst wenig Fett (10 – 15%) enthalten. Einseitige und fette Ernährung führt in Kombination mit dem Bewegungsmangel an Bord zu einem der Hauptprobleme der U-Boot-Fahrer, zu Verstopfung und Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes.

Zur hygienischen Überwachung ist von jeder Mahlzeit eine Proberation im Kühlschrank für 48 Stunden aufzubewahren (ZDv 46/28)¹⁾.

Im Februar und August eines jeden Jahres sind sämtliche Küchen und Kombüsen der Marine einer eingehenden Hygiene-Kontrolle durch den zuständigen Truppenarzt zu unterziehen. Weitere Kontrollen erfolgen in unregelmäßigen Abständen, spätestens alle drei Monate.

¹⁾ ZDv = zentrale Dienstvorschrift
MDv = Marine – Dienstvorschrift

VI – 3.5 Bekleidung

Um die U-Boot-Fahrer vor allzu extremen Kälteeinwirkungen zu schützen (Brückenwache) ist die Standard-Bekleidung etwas erweitert worden. Den Besatzungen steht für unterschiedliche Einsatzgebiete optimierte Sonderbekleidung zur Verfügung. Grundsätzlich sollte die Bekleidung schwerentflammbar sein.

Reinigungsmöglichkeiten für Kleidung sind an Bord nicht vorhanden, die mitgenommene Kleidung muß manchmal für die ganze Fahrt ausreichen. Nicht immer ist eine Reinigung an Bord von Begleitschiffen oder während Hafenaufenthalten möglich.

VI – 3.6 Körperpflege

Bei den eingeschränkten Möglichkeiten ist gegenseitige Erziehung besonders wichtig. Vor allem ist auf eine ausreichende Zahn- und Mundhygiene und genügende Ausstattung mit Unterwäsche zu achten. Ungenügende Körperpflege fördert neben der Infektion mit Hautpilzen auch das Übertragen von Krätze, Filzläusen und anderem Ungeziefer.

VI – 3.7 U-Boot-Mief

Aus dem Geschilderten wird deutlich, daß viele geruchsunangenehme, zum Teil auch ekelerregende Stoffe die Bootsluft stark belasten können. Dieser Mief setzt sich zusammen aus den Kochdünsten, Toilettengerüchen, Abfallgerüchen, Kleidungsgerüchen, Motorabgasen und Körperausdünstungen. Dabei wird deutlich, daß Sauberkeitsdisziplin auf allen Ebenen unumgänglich ist. Mit neuen Schadstoffbindeanlagen hat sich diese Problematik in den letzten Jahren deutlich verbessert.

VI – 3.8 Körperliches Training

Bedingt durch die räumliche Enge und die Verpflichtung für die Nicht-Wachgänger (arbeitsfreie Besatzung), sich möglichst wenig zu bewegen, zusammen mit der starken Verminderung der natürlichen Umweltreize (Wegfall der Klimareize, kein natürlicher Tag/Nacht-Rhythmus, Konservennahrung), stellt sich mit der Zeit eine Verschlechterung der körperlichen Leistungsfähigkeit ein. Zugleich erleiden durch den unphysiologischen Tageslauf die regulierenden Mechanismen für die inneren Körpervorgänge eine Ermüdung und Erschöpfung.

Tabelle VI – 3/1: Physiologische Änderungen nach langer U-Boot-Tauchfahrt

•	Beschleunigter Herzschlag (Tachykardie)
•	Verminderter arterieller Blutdruck
•	Mäßige Verringerung des Herzschlagvolumens
•	Unphysiologische Reaktionen auf Belastungen (dystonische Reaktionen)
•	Verringerung der Muskelspannung und Abnahme der Erregbarkeit der parasymphatischen Zentren

Studien haben erwartungsgemäß nach mehrwöchiger Seefahrt einen deutlichen Abfall der körperlichen Leistungsfähigkeit, verbunden mit einer mäßigen Gewichtszunahme gezeigt.

Nach Ende einer längeren Fahrt stellt sich an Land eine sogenannte „Ausstiegsreaktion“ bzw. ein „Readaptionssyndrom“ ein. Aufgrund erschöpfter Regulationsmechanismen und verminderter Leistungsfähigkeit hat der Mensch Schwierigkeiten, den Komplex der an Land herrschenden starken Umweltreize und Belastungen zu verarbeiten.

Diese Reaktion läßt sich in drei Abschnitte einteilen:

- A. Wenige Tage Fortbestehen der gegen Ende der Fahrt aufgetretenen Veränderungen
- B. Als Antwort auf die Umweltreize entweder eine weitere Vertiefung der Fahrtreaktion oder aber auch überschießende entgegengesetzte Reaktionen. Der Höhepunkt dieser Phase ist schon nach wenigen Tagen erreicht:
 - Ausgeprägte Herzfrequenzanstiege
 - Bluthochdruck
 - Hochdruckreaktionen auf Belastung
 - Verringerung des Herzschlagvolumens und Atemnot beim Gehen
 - Vegetative Veränderungen (Fingerzittern, Ausbreitung von Reflexzonen, hartnäckiger Dermographismus)
- C. In diesem Abschnitt ist ein wellenförmiger Verlauf mit einem allmählichen Ausgleich der vegetativ vaskulären Störungen mit restloser Wiederherstellung der normalen Körperfunktionen zu beobachten.

Der Ablauf der Veränderungen läßt sich durch körperliches Training entscheidend abschwächen. In den Pausen zwischen Kurzfahrten bietet sich ein lockeres Ausgleichstraining an. Während der Fahrt können, eventuell gemeinsam mit anderen, isometrische Übungen durchgeführt werden (nicht schweißtreibend).

Im Anschluß an längere Fahrten können die Erscheinungen der zweiten Phase durch gezielte sportliche Ausbildung unter ärztlicher Anleitung wesentlich gemildert werden. Solche zweiwöchigen Spezialprogramme in der Sportausbildung werden durch die Sportschulen der Bundeswehr den Besatzungen ständig angeboten und werden auch im Rahmen der Heimathafenliegezeiten genutzt.

IV – 3.9 Ärztliche Versorgung

U-Boote sind nicht mit Sanitätspersonal besetzt. Die sanitätsdienstliche Versorgung ist in der übergeordneten Struktur, der sogenannten Flottille zentralisiert. Der Leiter des Sanitätsdienstes ist Abteilungsleiter im Stab der U-Boot-Flottille.

Alle Offiziere sind in der „Notkrankenbehandlung auf U-Booten“ unterwiesen. Diese umfasst mittlerweile eine sehr intensive Ausbildung, die auch Praktika auf Notarztwagen bzw. in Unfallkliniken umfasst. An Bord existiert zudem eine MDv¹⁾ 223/1 (ärztlicher Ratgeber für U-Boote im Einsatz) sowie eine Bordapotheke (Baustein U-Boot nach ZDv 48/2) und eine ZDv 49/21 (Erste Hilfe). Bevor der Kommandant einen Kranken behandelt – ausgenommen Erste Hilfe – hat er zu versuchen, ärztliche Hilfe zu erhalten (Funk). Eventuelle Nottransporte sind mit SAR-Hubschraubern (SAR = Search and Rescue) möglich.

Als Maßnahme der gesundheitlichen Fürsorge steht jedem U-Boot-Fahrer eine Erholungskur zu, erstmals nach zwei bis drei Jahren, danach alle zwei Jahre solange ein weiterer Einsatz von mindestens einem Jahr vorgesehen ist. Die Kur kann in einem Bundeswehr-Vertragskurort nach freier Wahl durchgeführt werden.

¹⁾ ZDv = zentrale Dienstvorschrift
MDv = Marine – Dienstvorschrift

VI – 4

U-Boot-Psychologie

Die U-Boot-Psychologie beschäftigt sich mit den Problemen der Auswahl und Ausbildung, mit den Auswirkungen des Bordlebens in einer begrenzten, psychologischen Situation, mit den schädlichen Wirkungen des ständigen Atmens einer vollständig abgeschlossenen, regenerierten Atmosphäre.

Eine psychologische Vorauslese wird bei der Bundeswehr, im Gegensatz zu einigen anderen Marinen, nicht durchgeführt. Durch die rein medizinische Untersuchung der Anwärter können nur Fälle von emotionaler und vegetativer Labilität und deutliche Fehlhaltungen erfaßt werden.

Der U-Boot-Fahrer sollte fünf Eigenschaften aufweisen:

- A. Emotionale Stabilität/Ausgeglichenheit
Keine überschießenden Reaktionsweisen, insbesondere keine Neigungen zu Depression oder Platzangst.
- B. Psychische Reife
Der Neuling sollte möglichst ein Alter von 23 Jahren erreicht haben. Hierbei ist er nach Beurteilung der Marinepsychologen nicht zu jung, um Risiken und Gefahren nicht zu erkennen, andererseits nicht so alt, daß Risiken und Gefahren überschätzt werden.
- C. Motivation
Eine möglichst freiwillige Meldung zur U-Boot-Waffe sollte vorliegen, gesundes Streben nach Weiterkommen und Weiterbildung. Personen, die auf der Suche nach Selbstbestätigung sind, sollten möglichst ausgeschlossen werden.
- D. Intelligenz
Die Intelligenz soll mindestens durchschnittlich und gleichmäßig ausgeprägt sein.
- E. Soziales Verhalten
Es sollte Einsicht in die Tatsache bestehen, daß die Aufgaben an Bord nur durch die Gemeinschaft aus der Summe der Einzelleistung von Spezialisten ausgeführt werden können. Die Gemeinschaft ist somit auf den Einzelnen angewiesen, auf der anderen Seite kann niemand die Gemeinschaft verlassen. Einzelgänger sind als U-Bootfahrer ungeeignet.

Probleme im psychischen Bereich können im U-Boot aus verschiedensten Gründen entstehen, oft aber erst im Zusammenwirken einen Dauerstreß darstellen und sich in einer Verschlechterung der seelischen Verfassung bemerkbar machen. Es kann zur Ausbildung von psychosomatischen Erkrankungen kommen. Im Vordergrund stehen Unlustgefühle, Neigung zu Aggressionen, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, mangelnde Konzentrationsfähigkeit, Funktionsstörungen innerer Organe, Störungen des Gefühls- und Geschlechtslebens.

Tabelle VI – 4/1: Auslöser für psychische Störungen bei U-Bootfahrern

•	Unreine Atemluft (CO, CO ₂ , etc.)
•	Räumliche Enge beeinträchtigt das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit
•	Sensorische Deprivation, d.h. Einengung des normalerweise auf den Menschen einwirkenden Reizspektrum. Der Reizpegel ist dagegen sehr hoch.
•	Störung des Tag/Nacht-Rhythmus. An Bord wird ein Vier-Stunden-Wachrhythmus gegangen. D.h. über Monate hinweg besteht der Ablauf aus 4 Std. Wache- und 4 Std.-Freizeit-Takten
•	Sozial emotionale Aspekte. Durch die verschiedenen Einzelcharaktäre auf engstem Raum und die Unmöglichkeit zu einem Privatleben fühlt sich das Individuum ständig beobachtet und beaufsichtigt.

Bei der Gesamtheit der aufgezählten Spannungsursachen ist das Verhalten der Vorgesetzten von entscheidender Bedeutung für Moral, Effektivität und Zufriedenheit einer Besatzung. Gründliche Ausbildung der Offiziere im Führungsverhalten sollte gerade bei der U-Boot-Waffe ein notwendiger Bestandteil sein. Dies wird durch die Führung der Verbände intensiv gefördert.

Das (emotionale) Klima an Bord hängt nach vorliegenden Studien entscheidend mit dem Führungsverhalten der Vorgesetzten zusammen. Dieses wirkt sich unter anderem auf das Schlafverhalten und die Schlafqualität der Besatzung aus. In der Folge des Schlafmangels sinkt die Leistungsfähigkeit des Einzelnen und verschlechtert das Bordklima. Wenn man weiterhin bedenkt, daß

- der Stauraum für Verpflegung sehr begrenzt ist,
- frisches Brot in wenigen Tagen verschimmelt,
- nach zwei Wochen nur noch Dosenfleisch/Fisch zur Verfügung steht,
- und man von der Verpflegung Blähungen bekommt und nicht lüften kann,
- weiterhin der Müll, an Bord gesammelt, ein Eigenleben entwickelt (neuerdings in gekapselten Einheiten)

so versteht man, daß all diese klimatischen Bedingungen an Bord das Leben auf einem U-Boot im Einsatz schwer belasten. Der Mangel an Rettungs- respektive Überlebenschancen aus dem kalten Wasser sei hier nur am Rande erwähnt.

VI – 5

U-Boot-Rettung

VI – 5.1

Grundprinzipien

Liegt ein U-Boot manövrierunfähig auf dem Grund des Meeres und ist eine Reparatur nicht zu erwarten, wird die Besatzung früher oder später das Boot verlassen müssen. Dies wird nötig, da Vorräte an Energie (Temperatur), Lebensmitteln, Trinkwasser aber insbesondere auch Sauerstoff begrenzt sind.

Um aus einem unter Wasser liegenden U-Boot aussteigen zu können, bestehen prinzipiell zwei unterschiedliche Verfahren.

VI – 5.2

Trockene, drucklose Rettung

VI – 5.2.1

DSRV

Will man das Boot trockenen Fußes verlassen, kann an einer oder mehr vorab entsprechend konstruierten Luken (Andockstellen) des U-Bootes ein Rettungs-U-Boot andocken. Einige wenige Nationen verfügen über Rettungs-U-Boote, so die USA über mehrere DSRVs (Deep Submergence Rescue Vehicles). Diese können mit Großraumflugzeugen (oder auch andockt auf anderen U-Booten) innerhalb von Stunden an nahezu jeden Ort der Welt verbracht werden, um dann dem gesunkenen U-Boot zu helfen.

Schwierigkeiten können zerstörte Andockstellen (Explosion, Rammung an Oberfläche) oder extreme Schräglagen auf Grund über eine gewisse Gradzahl hinaus darstellen.

VI – 5.2.2

Rettungskugel

Die zum Beispiel bei den Howaldtswerken Deutsche Werft (HDW) in Kiel für Indien produzierten U-Boote der Klasse 208 verfügen über eine in das Boot integrierte, druckfeste Rettungskapsel. Im Notfall kann diese Kapsel durch zwei druckfeste Schotts bestiegen und dann gelöst werden. Sie bietet Überlebensraum für die gesamte Besatzung und treibt nach dem Abkoppeln vom U-Boot an die Wasseroberfläche auf.

Sinnvoll sind diese Einrichtungen erst bei großen Booten über 2000 Tonnen. Zudem muß das Boot über mehrere, druckfeste Abteilungen verfügen. Nur so können sich bei Wassereinbruch Teile der Besatzung in die Rettungskugel begeben.

VI – 5.3

Nasse Rettung unter Druck

Stehen oben beschriebene Rettungsmittel nicht zur Verfügung, muß die Mannschaft aus eigener Kraft das Boot verlassen und an die Oberfläche aufsteigen. Hierbei entstehen mehrere zu überwindende Hindernisse.

VI – 5.3.1

Druckanstieg

Ist das Boot mit einer Art Ausstiegsdruckkammer (SET = Single Escape Tower) ausgerüstet, so kann jeweils eine Person die Kammer betreten. Die Kammer wird mit Wasser geflutet, das Ausstiegschott öffnet sich und der U-Bootfahrer kann mit seinem Rettungsmittel (s.u.) an die Oberfläche entweichen.

Auf deutschen U-Booten gibt es derartige Systeme nicht. Auf den Ausstiegsluken des Bootes lastet hier der Umgebungsdruck. Standardszenario für die Deutsche Marine ist nicht der Unterwasserausstieg, egal aus welcher Tiefe, sondern der Ausstieg aus einem - auch im Havariefall – an die Oberfläche gebrachten Boot. Durch besondere bauliche Ausrüstung (genügend Restauftrieb auch ohne Tauchzellen, Notanblaseeinrichtung usw.) kann dies auch in nahezu allen erdenklichen Situationen gewährleistet werden. Die Möglichkeit des Ausstiegs aus einem auf Grund liegenden Boot ist überaus unwahrscheinlich, wird aber trotzdem durch spezielle Ausrüstung und Ausbildung ermöglicht.

Hierbei wurde bisher ein in 30 Metern Wassertiefe (Durchschnittstiefe der Ostsee) liegendes U-Boot als „Planungsmodell“ angenommen. Auf den Luken würde dann ein Druck von 4 bar lasten. Um die Luken öffnen zu können, muß der Druck des U-Bootes im Innenraum dem des Außendruckes angepaßt werden. Dies geschieht mittels Wassereinstrom in das U-Boot. Spezielle Ventile sollen dann so viel Wasser in das Boot eindringen lassen, bis die verbleibende Luft auf $\frac{1}{4}$ komprimiert, bzw. das Boot $\frac{3}{4}$ geflutet ist (hier bezogen auf die Beispieltiefe von 30 Metern). Erst dann können die Luken geöffnet werden.

Damit beim Öffnen der Luken das verbleibende Gas (die Atemluft) nicht gänzlich entweicht, sind sogenannte Luftfallen um die Luken angebracht. Diese werden vor der Lukenöffnung herabgelassen und das Gas verbleibt im Boot (siehe Abbildung VI – 5/1). Anschließend wird nacheinander unter der Luftfalle durchgetaucht und das Boot verlassen.

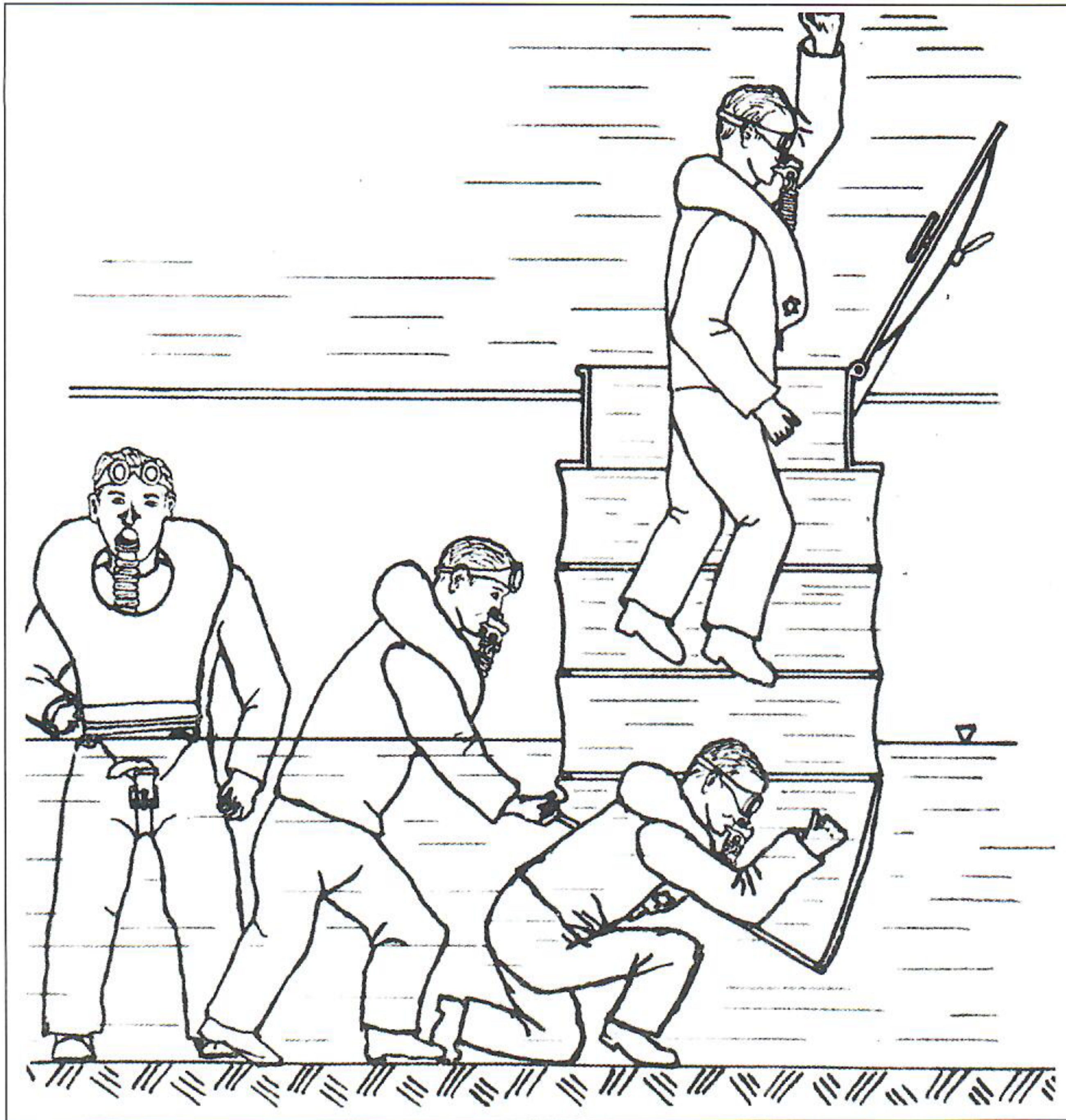


Abb. VI – 5/1: Historisches Bild: zeigt die Luftfalle, die das Entweichen des Restgases im U-Boot nach dessen Flutung verhindert; Quelle: Stelzner, Tauchtechnik, Lübeck 1943; mit freundlicher Genehmigung der Dräger Sicherheitstechnik GmbH

VI – 5.3.2

Probleme der nassen Rettung unter Druck

VI – 5.3.2.1

Notatemeinrichtung (ANA=Atemnotluftanlage)

Bei der Flutung des U-Bootes gelangt Seewasser auf die, im Boden des Bootes untergebrachten Batterien. Diese entwickeln giftige Schwefelwasserstoffe und Chlorgase. Aus der Bootsatmosphäre kann von diesem Zeitpunkt an nicht mehr geatmet werden. Zudem würden die Gase Schleimhäute und Augen reizen.

Um hier Abhilfe zu schaffen, ist im gesamten U-Boot eine Druckleitung angebracht. In dieser befindet sich ein Nitroxgemisch (35% O₂=Atemgas) resp. Atemluft (20% O₂). Zudem hängen im Boot Beutel mit Tauchermasken und der 2. Stufe eines Lungenautomaten. Diese kann der U-Bootfahrer an eine Vielzahl von Kupplungsstellen in die Druckleitung einkuppeln und aus ihr atmen.



Abb. VI – 5/2: U-Bootrettungsübung: das „U-Boot“ im Tieftauchtopf wird geflutet (Erläuterung siehe VI – 5.3.4). Von der Decke hängen die Lungenautomaten der Atemnotluftanlage (ANA).

VI – 5.3.2.2

Dekompressionskrankheit

Auch ohne absichtliche Flutung des Bootes zum Notausstieg kann durch technische Defekte oder Teilflutungen der Druck im Bootsinneren ansteigen. Mit Anstieg des Druckes in dem U-Boot steigt der Stickstoffpartialdruck in Blut und Geweben. Die Mannschaft beginnt sich zu sättigen und das Risiko einer schweren Dekompressionserkrankung während des Aufstieges steigt.

Bei einer absichtlich herbeigeführten Bootsflutung vor Ausstieg ist die Stickstoffaufnahme abhängig von Dauer der Bootsflutung, dem Druck im U-Boot und der Dauer für die Ausstiegszeit. Insbesondere bei der nachfolgenden, rapiden Dekompression muß mit einer Reihe von Dekompressionserkrankten gerechnet werden. Die Versorgungsschiffe der U-Bootflottille halten zur Behandlung derartiger Eventualitäten große Druckkammern vor.

Tabelle VI – 5/1: Modifiziert nach NATO-Vorgaben für SMER (submarine escape and rescue)

Druck im U-Boot (bar)	Wahrscheinliche, physiologische Effekte
1	Sicherer Aufstieg aus bis zu 180 Metern ohne Dekoprobleme
< 1,5	Sicherer Aufstieg aus bis zu 180 Metern ohne Dekoprobleme möglich, einige Fälle von DCS wahrscheinlich
1,5 – 1,7	Sicherer Aufstieg aus bis zu 90 Metern möglich, jedoch höhere Zahl von DCS-Fällen wahrscheinlich. Einige Druckkammerbehandlungen notwendig
> 1,7	Aufstieg nicht mehr empfohlen, da schwerwiegende DCS-Fälle zu erwarten sind. Falls Aufstieg durchgeführt wird, werden viele Überlebende eine Druckkammerbehandlung benötigen.

VI – 5.3.2.3

Arterielle Gasembolie

Noch vor dem Risiko einer Dekompressionskrankheit liegt das Risiko einer Lungenüberdehnung für den im Notfall aufsteigenden U-Boot-Fahrer. Insbesondere beim freien Aufstieg des „buoyant ascent“ muß der zu Rettende aktiv Luft aus der Lungen abblasen die er zuvor im U-Boot bei dem Tiefen-Umgebungsdruck eingeatmet hat. Auf dem Weg zur Wasseroberfläche dehnt sich die Luftmenge gemäß den Gesetzen von Boyle und Mariotte erheblich aus.

Bei der U-Bootrettungs-Ausbildung wurde daher in der Marine besonderer Wert auf absolut lungengesunde Soldaten gelegt. Leichteste Anzeichen einer Erkältungskrankheit führten zum Ausschluß von einer Notaufstiegsübung. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen kam es immer wieder zu einzelnen, dann oftmals fulminant verlaufenden, arteriellen Gasembolien. Diese konnten, dank regelhafter Anwesenheit eines Taucherarztes und einer Druckkammer am Tauchbeckenrand sofort behandelt werden (siehe auch Abb. VI – 5.5). Trotzdem waren wohl diese anscheinend unvermeidlichen Zwischenfälle einer der Gründe dafür, daß Anfang der 90er Jahre diese Form der U-Bootrettungs-Ausbildung modifiziert wurde. Aufstiege findet nur noch aus Übungstiefen von 10 Metern statt. Hierbei wird im wesentlichen der Umgang mit dem Material geübt.

VI – 5.3.2.4

Temperatur

Ein mindestens genauso großes Problem stellt der Temperaturabfall dar. Nach Ausfall der Maschinen und der Batterien fällt die Temperatur im Boot. Angenommen wird ein Temperaturabfall in einem unbeschädigten Boot von 20 °C auf 8 °C innerhalb von sechs Tagen. Bei einer (Teil-) Flutung mit Seewasser ist dieses selten wärmer als 4 °C und führt entsprechend schneller zum Temperaturabfall. Zudem kommt, daß die Besatzung nach einem Ausstieg sich für eine gewisse Zeit an der Wasseroberfläche aufhalten muß. Aus diesem Grund werden zur Zeit in der deutschen Marine wasserdichte Kälteschutzanzüge eingeführt.

Zudem muß der Ausstiegszeitpunkt exakt geplant und zudem vom Zeitpunkt des Eintreffens der Rettungsmannschaften an der Oberfläche abhängig gemacht werden.

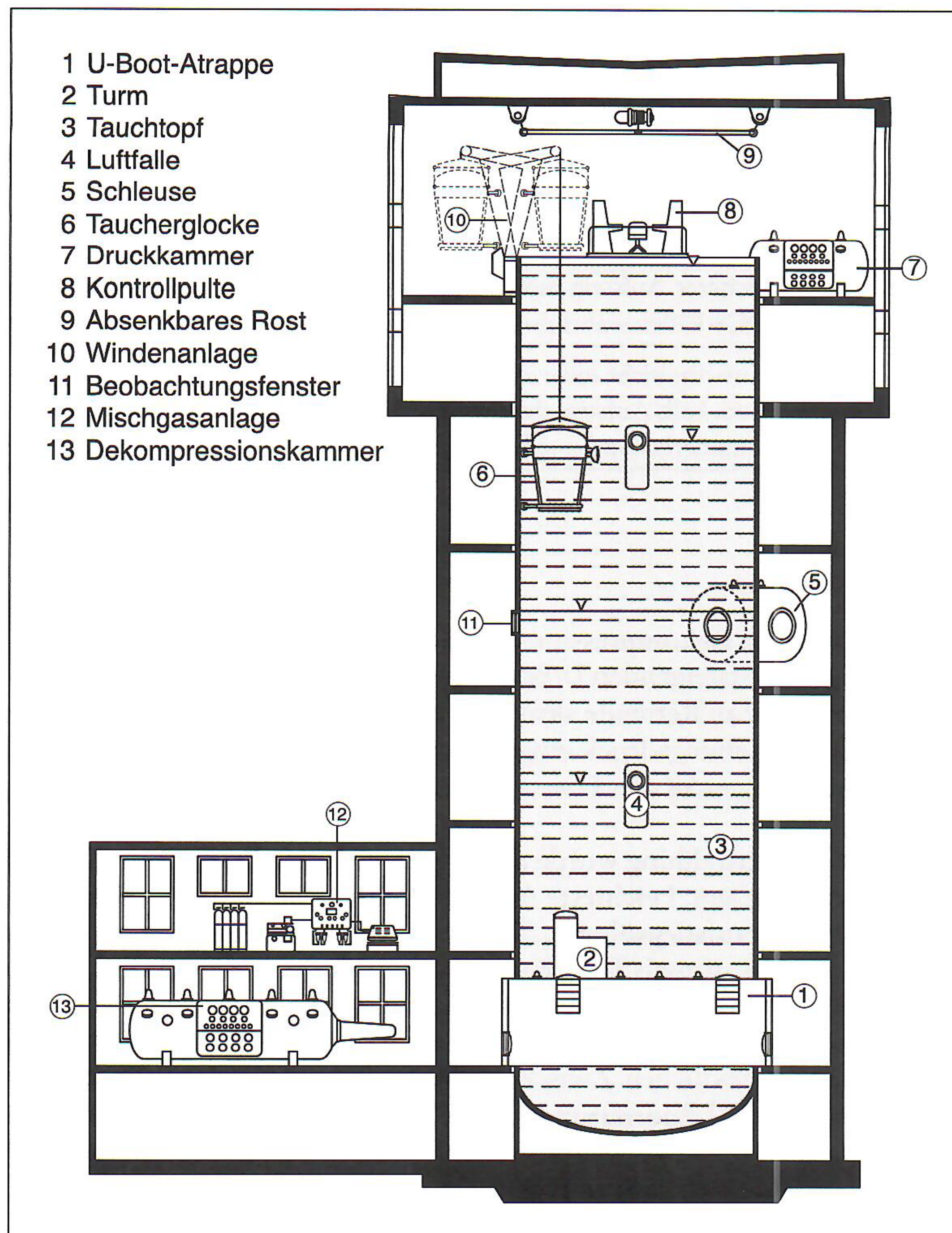


Abb. VI – 5/3: Schnitt durch den „Tieftauchtropf“ – Ausbildungsstätte für U-Bootrettung der deutschen Marine
 Quelle: Gerhard Haux, Tauchtechnik Band II; Heidelberg 1979; der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlags.

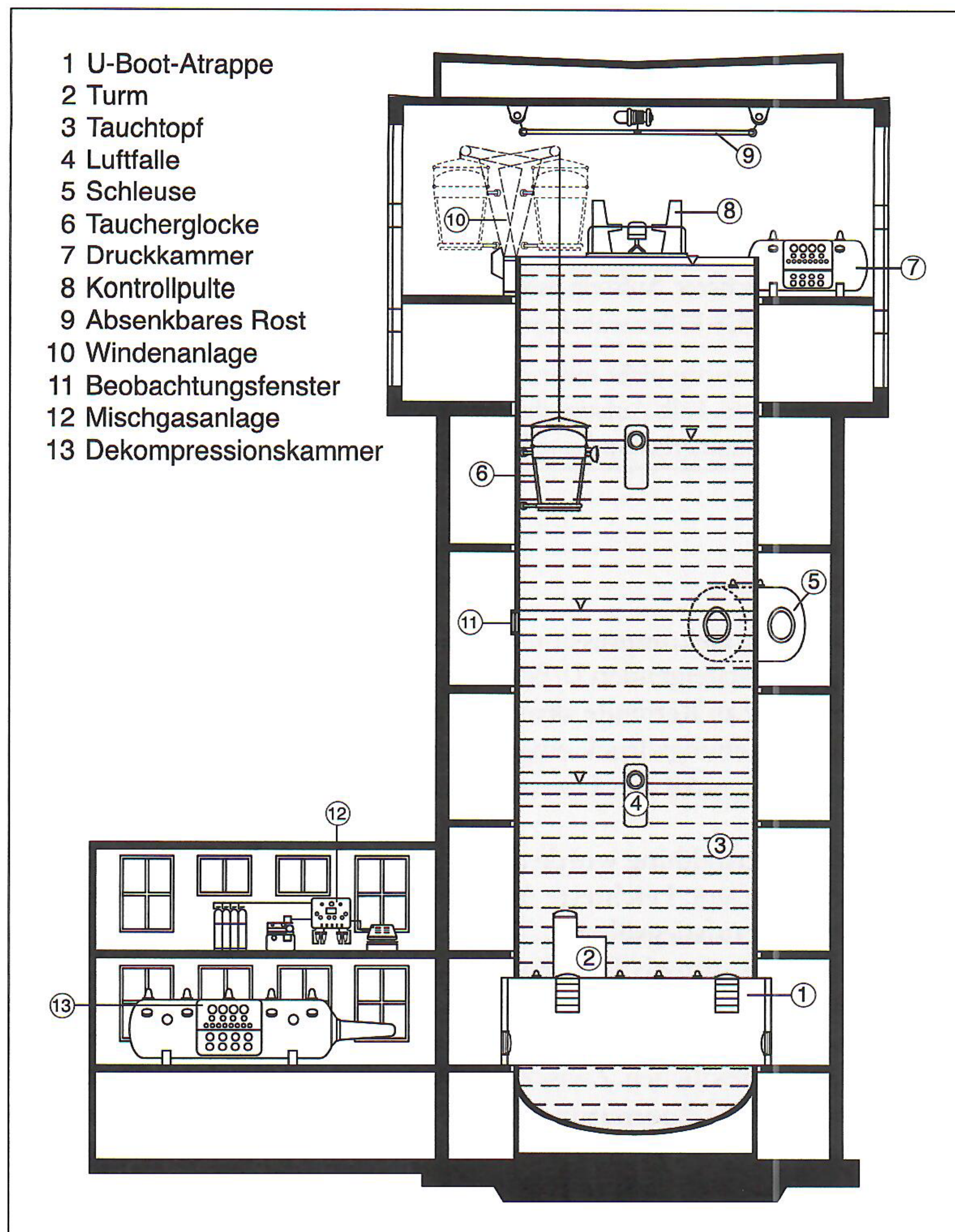


Abb. VI – 5/3: Schnitt durch den „Tieftauchtropf“ – Ausbildungsstätte für U-Bootrettung der deutschen Marine
 Quelle: Gerhard Haux, Tauchtechnik Band II; Heidelberg 1979; der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlags.

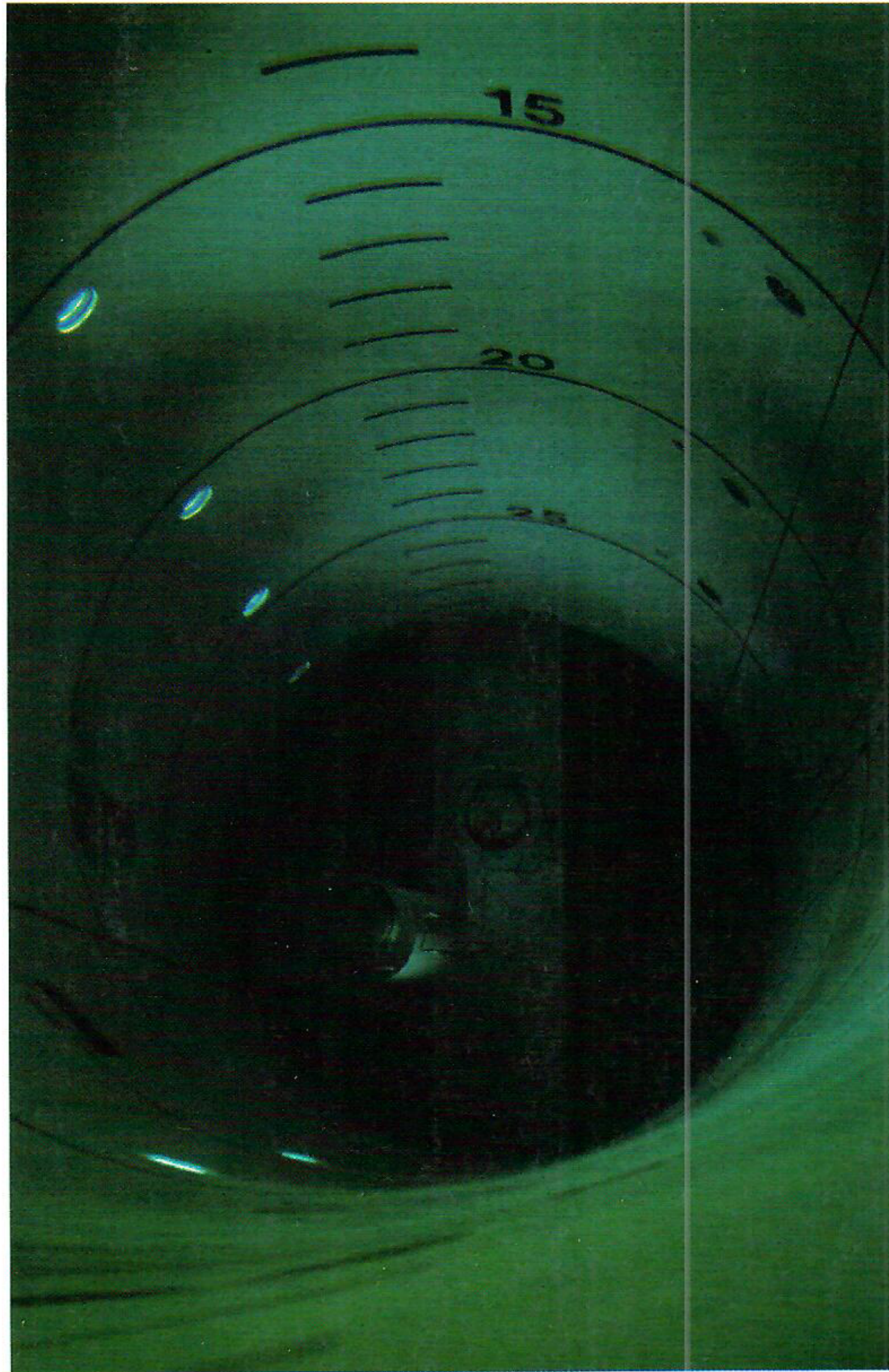


Abb. VI – 5/4: Blick in den Tieftauchtopf der Bundesmarine (Neustadt/Holstein). Der U-Bootrumpf liegt auf 32 Metern Wassertiefe.



Abb. VI-5/5: Druckkammeranlage am Beckenrand des „Tieftauchtopfes“.

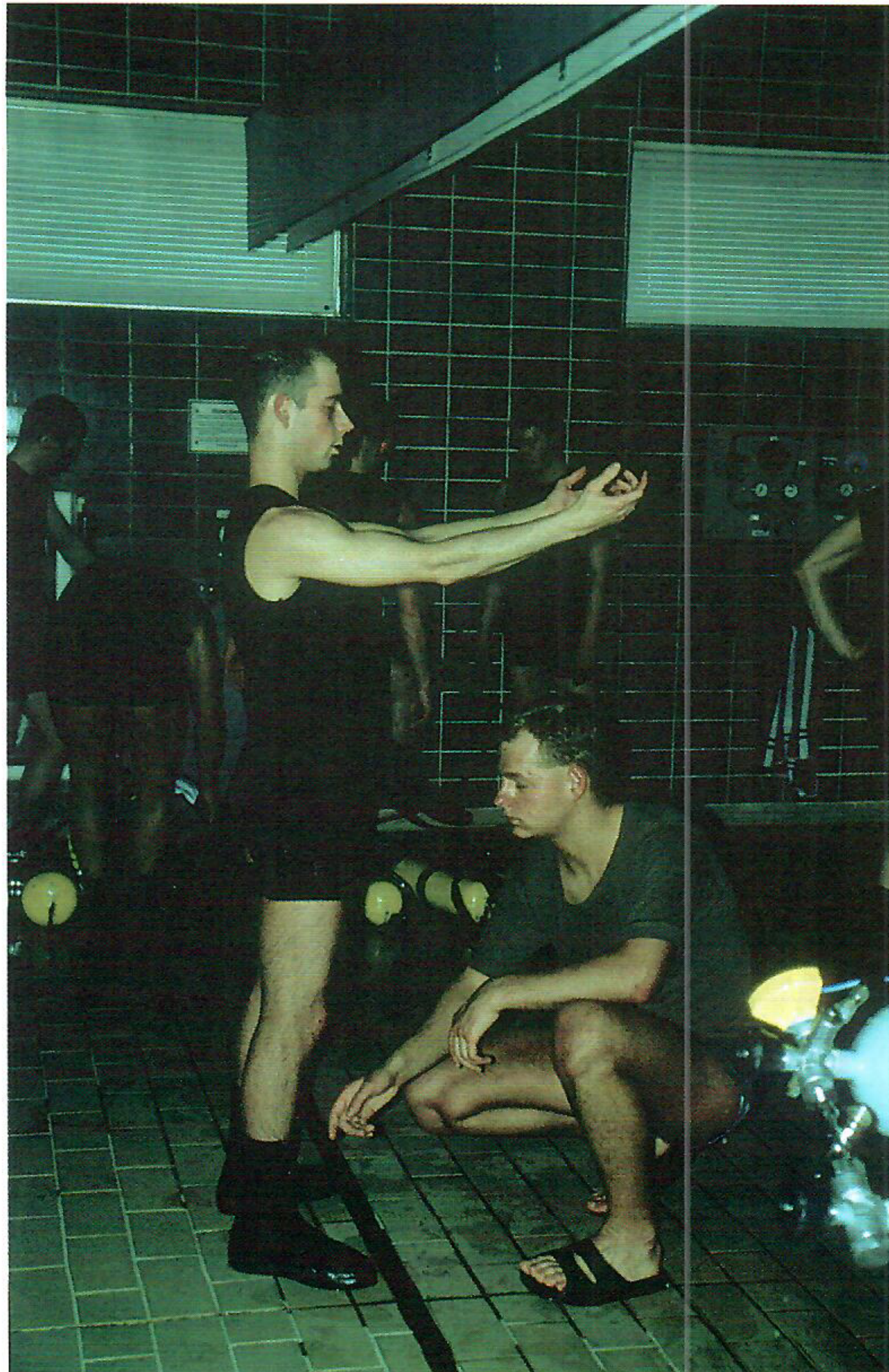


Abb. VI – 5/6: Neurologischer Check zum Ausschluß einer arteriellen Gasembolie unmittelbar nach der Notaufstiegs-Übung.

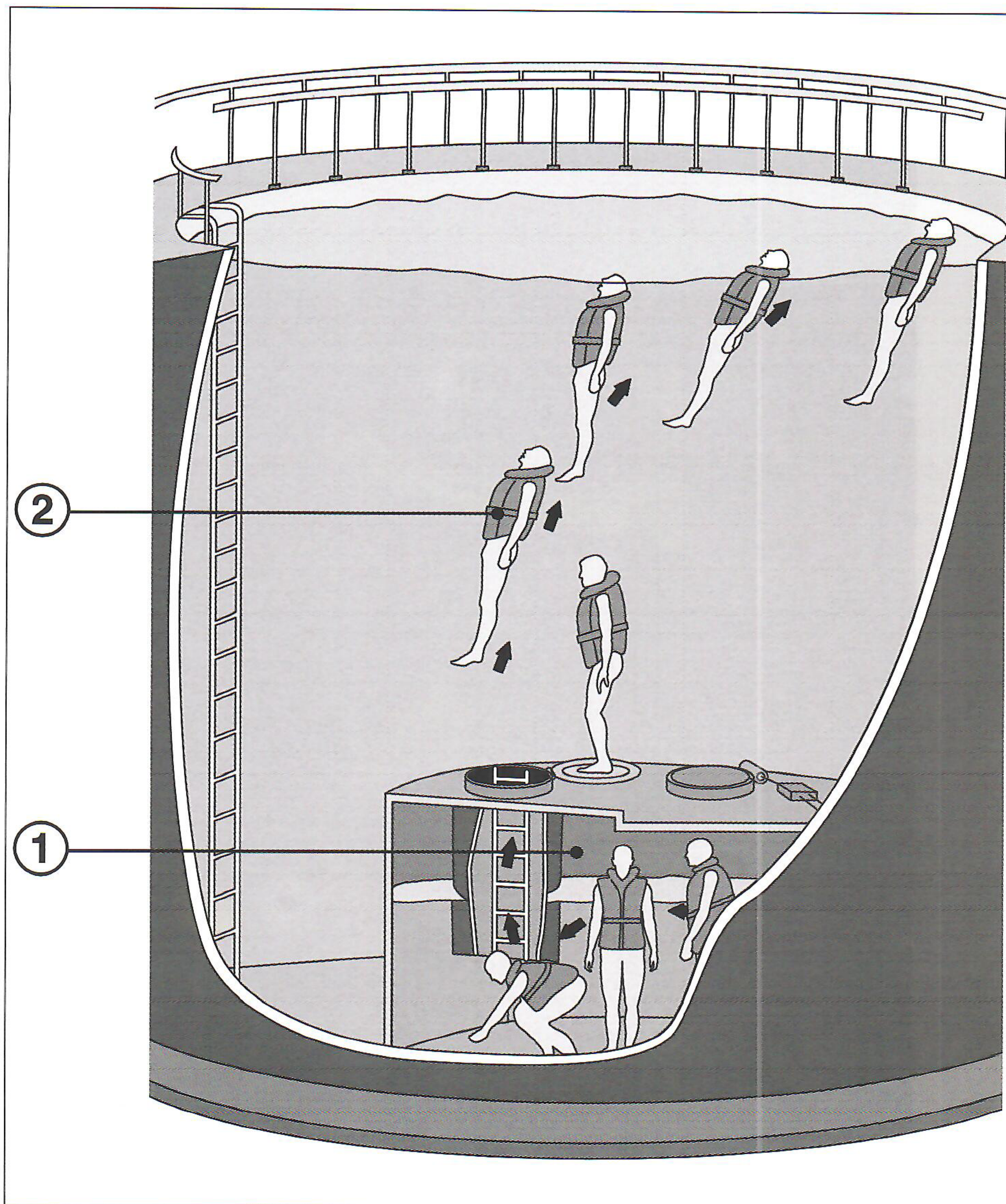


Abb. VI – 5/7: Historisches Bild: U-Bootrettung – Schema aus dem 2. Weltkrieg
 (Quelle: verändert nach DAVIS, Deep diving and submarine operations, 1955)

VI – 5.3.3 Aufstiegshilfen

Abhängig vom geplanten Einsatzgebiet können verschiedene Aufstiegshilfen und -prinzipien Verwendung finden.

„Buoyant ascent“ oder zu deutsch „Bojenaufstieg“ bezeichnet die Technik bei der der zu Rettende einen Auftriebskörper, ähnlich einer Tarierweste benutzt. Dieser Auftriebskörper wird nach dem Verlassen des U-Bootes mittels einer an der Weste befindlichen Druckgasflasche aufgeblasen. Der Auftriebskörper muß hierbei so dimensioniert sein, daß der zu Rettende aus der Tiefe innerhalb kürzester Zeit an die Oberfläche auftreibt. Dies ist unter anderem von dem Gewicht (Masse) der Person und der Wassertiefe abhängig.



Abb. VI – 5/8: Ausstiegsübung mit „buoyant ascent“-Verfahren

Die hierfür genutzten Techniken folgen zwei unterschiedliche Philosophien:

Nach dem ersten Verfahren sollte der U-Bootfahrer so schnell als möglich an die Oberfläche verbracht werden, z.B. aus 30 Metern Wassertiefe innerhalb von 20 – 30 Sekunden. Hierbei sollte der zu Rettende nicht einatmen können. Er muß im Gegenteil ständig Luft aus seiner auf 30 Metern gefüllten Lunge (4 bar Druck im U-Boot) abgeben, um keine Lungenüberdehnung zu erleiden.

Im zweiten Verfahren soll der U-Bootfahrer langsam, ggf. entlang einer Führungsleine, an die Oberfläche aufsteigen. Hierzu muß er unterwegs atmen. Diese geschieht aus kleinen Kreis-

laufgeräten, mit denen er bei geringer Flaschengröße (geringes Packvolumen) ausreichend lange Aufstiegszeiten hatte. Diese sogenannten U-Bootretter entstammen in den Grundzügen den Grubenrettern des Bergbaus und wurden schon im 1. Weltkrieg eingesetzt. Aus ihnen entwickelten sich später ebenfalls andere Varianten der Kreislauf-Tauchgeräte.



Abb. VI – 5/9: Kompletter Anzug für „hooded ascent“, inklusive Wärmeschutzfunktion

Das Verfahren des „hooded ascent“ (frei übersetzt „Aufstieg unter einer Haube“) wurde erst viel später eingeführt. Der U-Bootfahrer trägt hierbei einen Anzug, der gleichzeitig dem Kälteschutz dient. An dem Anzug befindet sich eine große Kapuze die weit über den Kopf bis vorne auf die Brust reicht. Der vordere Teil der Kapuze ist durchsichtig. Der Anzug wird ebenfalls zum Auftrieb mit Atemgas gefüllt. Dieses entweicht während des Aufstieges auf Grund des nachlassenden Umgebungsdruckes über die unten offene Kapuze. So ist der Kopfraum des zu Rettenden ständig wasserfrei und mit Atemluft gefüllt.



Abb. VI – 5/10: Ausstiegsübung mit „hooded ascent“-Verfahren

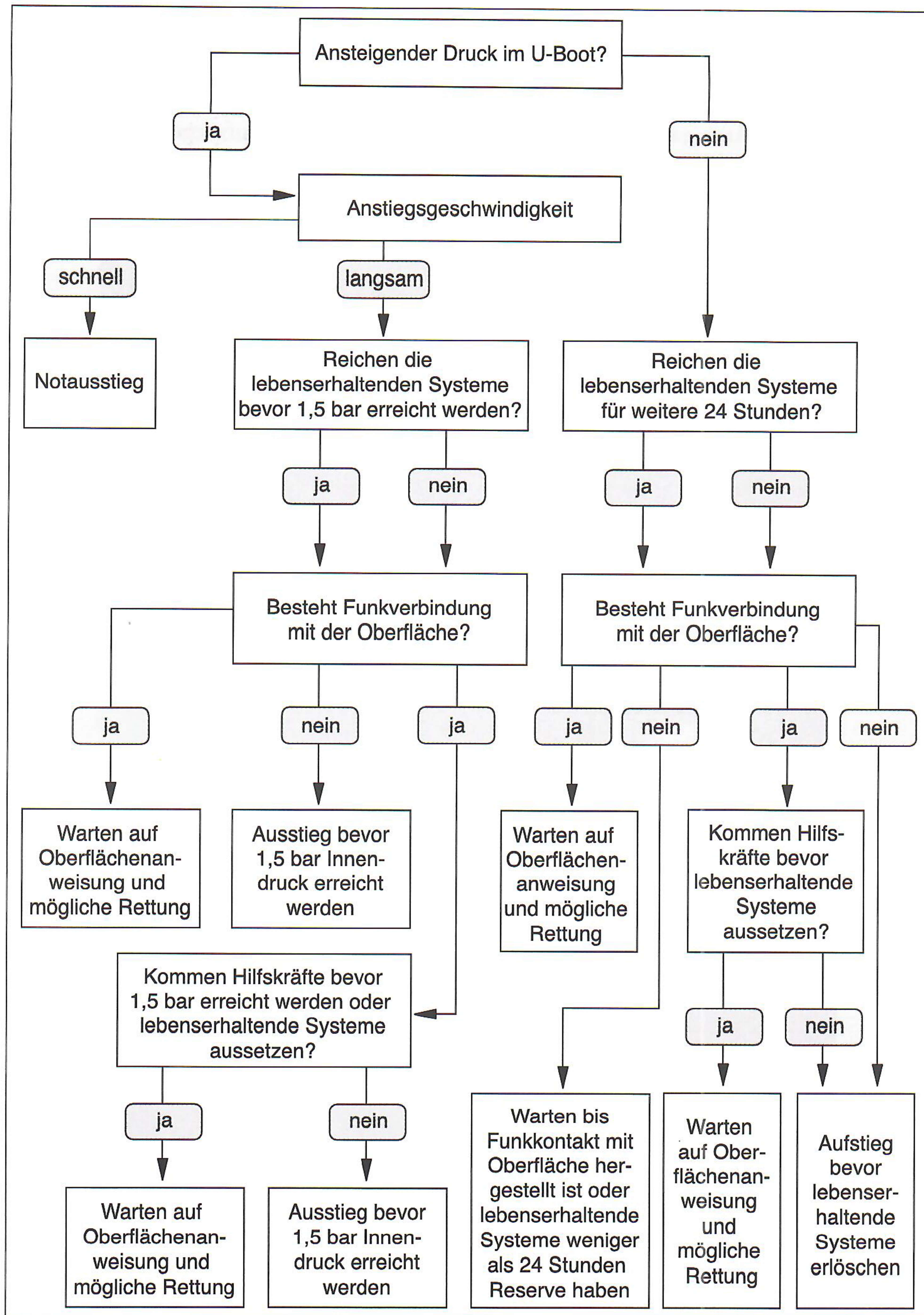


Abb. VI – 5/11: Entscheidungshilfe für Ausstieg aus Wassertiefen größer als 90 Meter (modifiziert nach NATO-Vorgaben)

VI – 5.3.4 Ausbildung

Die deutschen U-Bootbesatzungen trainieren den Umgang mit den Rettungsmitteln regelmäßig. Bis Mitte der 90er Jahre wurde hier das buoyant ascent-Verfahren ohne Atmung während des Aufstieges angewandt. Dies wurde zumindest einmal während der U-Boot-Ausbildung auch „naß“ trainiert. Hierzu mußten die U-Boot-Fahrer einen einwöchigen Lehrgang an dem sogenannten Tauchtopf absolvieren. Diese dreißig Meter tiefe „Hallenbad“ verfügt über eine U-Boot-Attrappe der Ausstiegsluke auf seinem Grund. Hier wurden alle Schritte des U-Boot-Ausstieges bis zum aktiven Aufstieg trainiert – allerdings in 30 °C warmen Wasser mit hervorragenden Sichtverhältnissen.

Nach Einführung des hooded ascent-Verfahrens werden die Notfallübungen nur noch als Trockenübung durchgeführt. Dies wahrscheinlich nicht zuletzt vor dem Hintergrund, daß bis zum heutigen Tag in der Marine nie ein solcher Notausstieg aus einem U-Boot in der Praxis notwendig wurde. Aktuell werden noch beide Verfahren parallel ausgebildet.

Aus medizinischer Sicht ist es eher unwahrscheinlich, das „kontrollierte“ Fluten eines U-Bootes in bis zu 80 m Wassertiefe und den danach durchzuführenden Notaufstieg zu überleben. Dies begründet sich auch damit, daß jetzige und zukünftige deutsche U-Boote nur über eine wasserdichte Abteilung verfügen. Historisch sind erfolgreiche Notausstiege aus Einabteilungsbooten so gut wie unbekannt. Lediglich der Ausstieg der drei Mann Besatzung aus dem sogenannten Brandtaucher, dem von Wilhelm Bauer konstruierten, ersten deutschen (Einabteilungs-)U-Boot, im Februar des Jahres 1851 im flachen Wasser des Kieler Hafens war erfolgreich. Gut überleben kann man indes eine U-Boot-Havarie, wenn man in der Lage ist, das Boot kaltegeschützt an der Wasseroberfläche vor seinem endgültigen Versinken zu verlassen. Notanblaseeinrichtung und Kälteschutzanzug (SEIS=Submarine Escape Immersion Suit) lassen dieses Szenario möglich erscheinen. Die deutschen U-Boote werden zur Zeit mit derartigen Anzügen ausgerüstet.

Literatur zu Kap. VI

- [1] NÖLDEKE H., HARTMANN V. Der Sanitätsdienst in der deutschen U-Boot-Waffe und bei den Kleinkampfverbänden. Verlag E.S. Mittler & Sohn GmbH, Hamburg Berlin, Bonn 1994
- [2] ALMELING, M., HÄNERT, W. Schwermetalle im Trinkwasser auf U-Booten. 34. Jahrestagung dtsh. Ges. Arbeitsmed. Umweltmed., Wiesbaden 5/94
- [3] SPIRO, R. T. Submarine lockout scenario. In: BUTLER, F. K., SMITH, D. I. (eds.) Tactical Management of Diving Casualties in special operations. Proceedings 46th workshop UHMS, Anchorage, Alaska (1997)
- [4] HAUX, G. Subsea manned engineering. Best publishing company (1982): 381 – 396
- [5] JUNG, M. Das Handbuch zur Tauchgeschichte. Verlag S. Nagelschmidt, Stuttgart, (1999): 153 – 182.
- [6] STELZNER, H. Tauchertechnik. Verlag Charles Coleman, Lübeck (1943): 53 – 68
- [7] HAUX, G. Tauchtechnik I + II. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1970)
- [8] DAVIS, R. H. Deep diving and submarine operations. Siebe & Goman Ltd., London, 6. Auflage (1955)
- [9] www.deutschemarine.de: Internetseite der Deutschen Marine