

L. Tieftauchanlagen

1. Allgemeines

Die Ausweitung der Arbeitstauchtiefen auf 200 m und mehr macht die Einführung neuer Tieftauchmethoden notwendig. Wie bereits in Band I, Kapitel D, beschrieben wurde, ist es aus Sicherheitsgründen und aus physiologischen Aspekten nicht mehr möglich, die Taucher frei ab- und auftauchen zu lassen. Zur Unterstützung der Taucher werden deshalb regelmäßig Tauchkammern eingesetzt, die in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle stationiert werden. Die Tauchkammern sind für den Taucher Fahrstuhl, Versorgungsbasis und sicherer Zufluchtsort zugleich.

Einige dieser Tauchkammern sind so gebaut, daß sie nach der Rückkehr an die Oberfläche auch zur Taucherdekompensation verwendet werden können. Das ist jedoch nicht die Regel, zumal die Tauchkammern meist recht unbequem sind. Normalerweise werden zur Dekompensation die Deckdekompensationskammern eingesetzt. Aus physiologischen Gründen ist es nicht möglich, die Taucher zunächst völlig zu dekomprimieren und dann in der Deckdekompensationskammer erneut unter Druck zu setzen. Vielmehr ist es erforderlich, daß die Taucher unter Druck von der Tauchkammer in die Dekompensationskammer umsteigen. Besonders wichtig ist dies beim Sättigungstauchen. Die Dekompensationskammer ist auch Aufenthalts- und Ruheraum während der Tauchpausen. Erst nach einer längeren Arbeitsperiode werden die Taucher allmählich wieder auf Normaldruck zurückgebracht.

In Bild 1 sind u. a. die wesentlichsten Methoden moderner Tieftaucherei zusammengefaßt dargestellt. Dabei scheiden die Methoden nach I—III aus der nachstehenden Betrachtung aus, während der Tieftaucheinsatz nach VI und VII in anderen Kapiteln behandelt wird. Im Kapitel L werden hauptsächlich Anlagen besprochen, die den Systemen nach IV und V entsprechen.

Die Kombination einer Tauchkammer mit einer Deckdekompensationskammer einschließlich aller Gasversorgungseinrichtungen, der Windenanlagen und eventuell der Energieversorgung ist als Tieftauchanlage zu bezeichnen. Einzubeziehen in dieses System sind u. U. auch noch die Tieftauchgeräte selbst, da sie vielfach fester Bestandteil der Tauchkammer sind.

Viele der Einzelbausteine, wie die Dekompensationskammern, die Tauchkammern, die Versorgungseinrichtungen und die Tieftauchgeräte, werden in speziellen Kapiteln ausführlich beschrieben. Hier geht es darum, das Zusammenspiel aller Teile sowie deren spezifische Eigenschaften beim Einsatz in Tieftauchanlagen herauszustellen.

Die Einsatzmöglichkeiten dieser Anlagen sind nahezu unbegrenzt, und ihre Verwendbarkeit bei Seebohrungen, bei der Erstellung von Unterwasserkonstruktionen, bei Bergung und Rettung, bei Kabel- und Pipeline-Verlegung und -Reparatur sowie die Verwendung bei der Unterwasserforschung können nur Richtschnur sein. Die Aufzählung der Einsatzmöglichkeiten soll nur Beispiele zeigen.

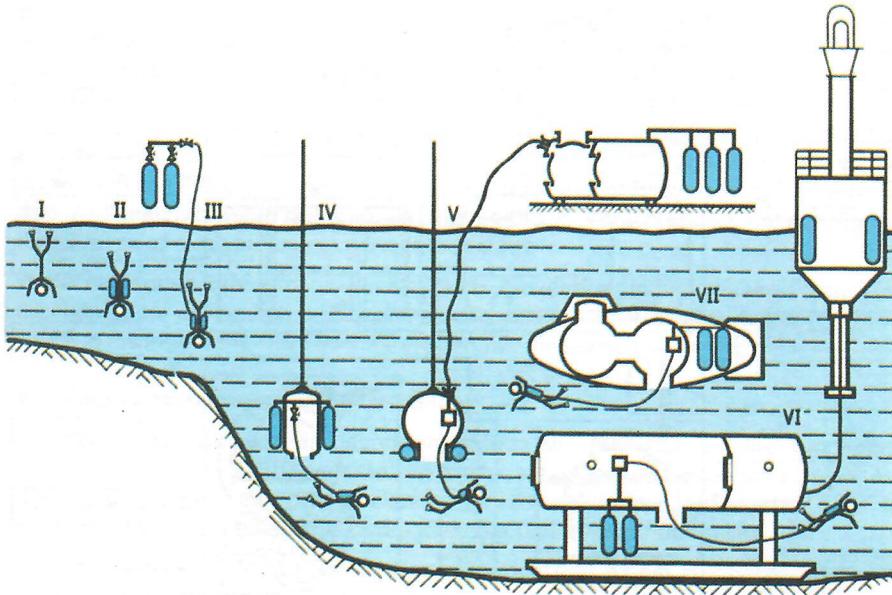


Bild 1 Tauchmethoden

28249

- I Freitauchen ohne Atemgerät
- II Tauchen mit autonomem Atemgerät
- III Tauchen mit schlauchversorgtem Atemgerät
- IV Tauchen mit Tauchkammer (Schlauchversorgung aus der Tauchkammer)
- V Tauchen mit Tieftauchanlage (Deckdekompressionskammer, Tauchkammer, Tauchgerät)
- VI Tauchen aus Unterwasserlabor
- VII Tauchen aus Tauchboot mit Schleuse

2. Gesamtkonzeption und Einsatzschema

Ein sicherer Arbeitsablauf auch unter widrigen Umständen muß bei dem Einsatz von Tieftauchanlagen Grundbedingung sein. Daher ist eine genaue Abstimmung aller Einzelbauelemente aufeinander unbedingt erforderlich. Es ist vorteilhaft, wenn die Gesamtplanung einer derartigen Anlage von einem einzigen Arbeitsteam durchgeführt wird, das dann auch die Bauaufsicht führt und den Ersteinsatz leitet.

Tieftauchanlagen werden selten so konzipiert, daß sie nur für eine Aufgabenstellung verwendet werden können, vielmehr werden sie so ausgelegt, daß sie beispielsweise von einer Bohrinselfür ein Taucherschiff oder ein entsprechendes Ponton verlegt werden können. Es sind sogar Einsatzfälle bekannt, wo bei Dammbauten oder Staumauer-Reparaturen Tieftauchanlagen von Land aus eingesetzt wurden. Diese Arbeitsplatzverlagerung muß ohne langwierige Umbauarbeiten möglich sein; daraus ergibt sich, daß die einzelnen Bauelemente mit einem Kran verladbar sein müssen.

Das Bild 2 zeigt schematisch den Anlagenumfang einer derartigen Einrichtung. Die Einzelbauelemente sind jeweils auf Grundplatten montiert. Die Grundplat-

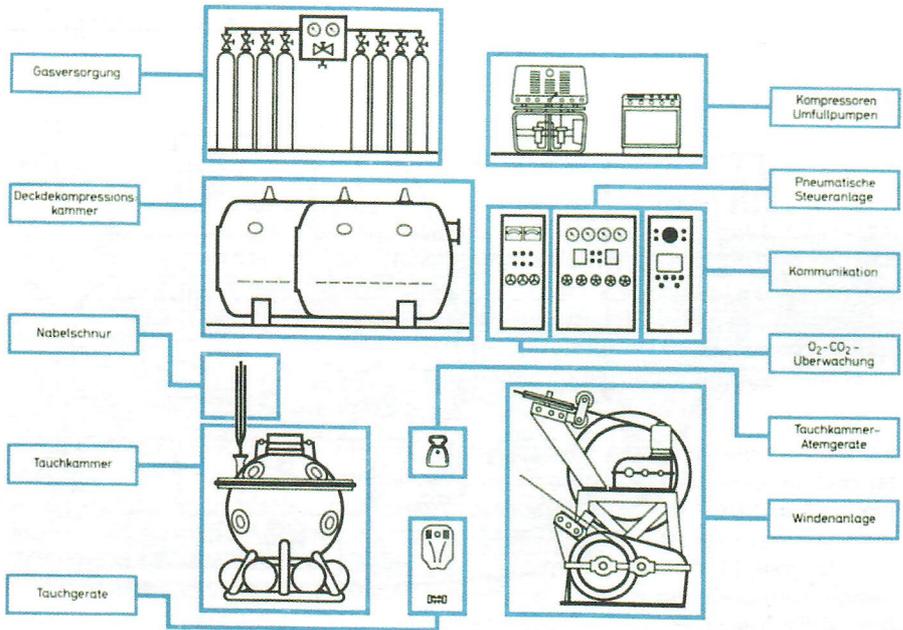


Bild 2 Schema der einzelnen Anlagenteile einer kompletten Tieftauchanlage

28250

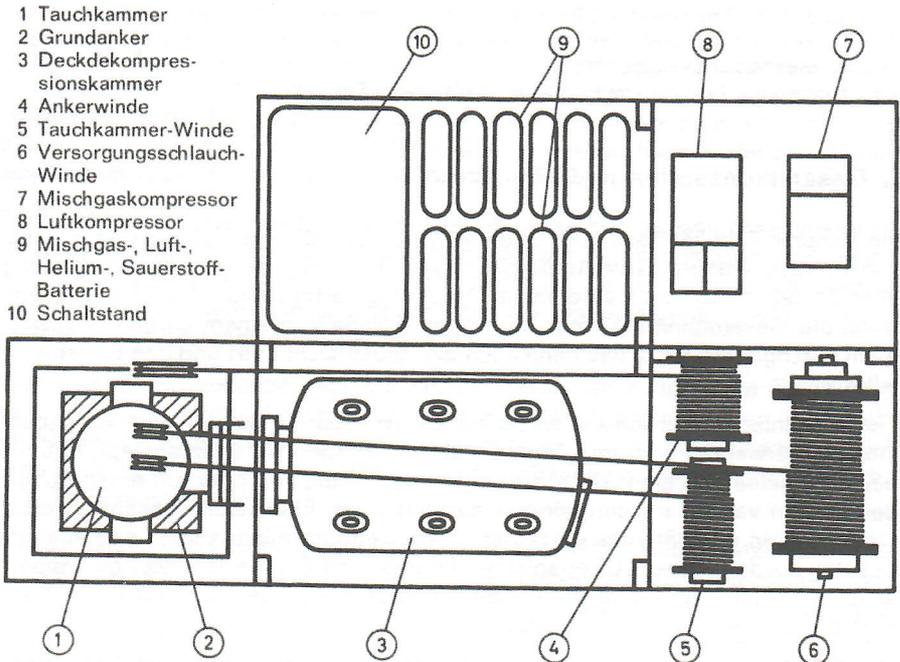


Bild 3 System einer vollständigen Tieftauchanlage

26499

ten sind mit Ösen ausgerüstet und sind so stabil, daß sie ohne weiteres von einem Kran aufgenommen werden können. Durch Paßstücke werden die Grundplatten gegenseitig in die richtige Position gebracht. Die einzelnen Teile können auch in jeder anderen zweckmäßigen Weise angeordnet werden; das Bild 3 zeigt nur eine der vielen Möglichkeiten. Der hier gezeigte Anlagenaufbau erfordert ein sogenanntes Mondloch. Bei dieser Ausführung liegt der Vorteil darin, daß die Tauchkammer praktisch nur auf- und abbewegt wird und daß für den Anflanschvorgang nur eine kleine seitliche Verschiebung notwendig ist. Hierüber wird noch an anderer Stelle berichtet.

Zunächst sollen hier die grundsätzlichen Anwendungsmöglichkeiten von Tief-Tauchanlagen anhand von Schemazeichnungen näher erklärt werden. Dabei müssen zwangsläufig die Tauchmethoden mit einbezogen werden.

2.1. Beobachtungsvorgang (hierzu Bild 4)

Bei der in dem Schema dargestellten Anlage sind der Übersichtlichkeit halber alle überflüssigen Bauelemente weggelassen. Die Tauchkammer wird bei diesen Beispielen auf die Deckdekompensationskammer aufgesetzt. Das ist für die Betrachtung belanglos und ändert die Gesamtmethode nicht.

Der Innendruck in der Tauchkammer entspricht bei einem Beobachtungstauchgang dem Normaldruck. Der Außendruck kann bis zum maximal zulässigen

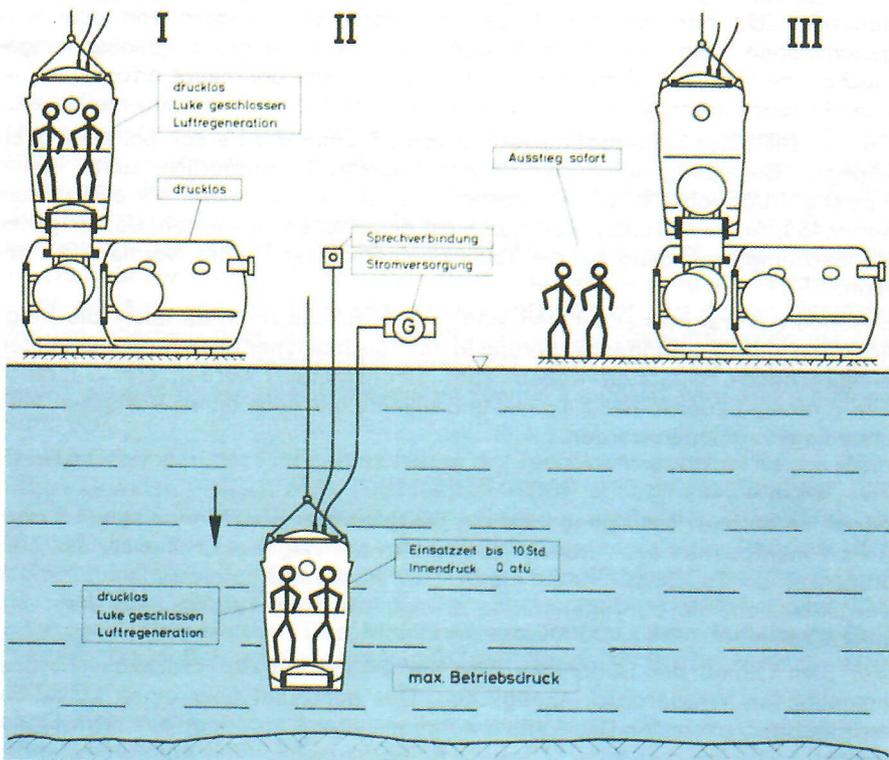


Bild 4 Beobachtungsvorgang mit Tauchkammer

Betriebsdruck steigen. Dann ist beispielsweise bei einem Betriebsdruck von 30 kp/cm² die zulässige Tauchtiefe 300 m.

Die Tauchkammern sind in der Regel für eine zwei- bis dreiköpfige Besatzung gebaut. Bei Beobachtungstauchgängen kann aber die Besatzung auch auf 4 Personen erhöht werden, da keine raumbeanspruchende Tauchausrüstung mitgenommen werden muß. Wenn von der Oberfläche aus keine Frischluftspülung erfolgt, das heißt, wenn auf einen Versorgungsschlauch verzichtet wird, sorgt eine Umwälzanlage für die einwandfreie Luftregeneration. Dabei wird die Kohlendensäure durch Atemkalk entfernt und der Sauerstoff durch eine auf die jeweilige Personenzahl einstellbare Dosierung zugesetzt.

Ob die Luftumwälzung durch einen gasbetriebenen Injektor erfolgt oder von einem elektrischen Lüfter besorgt wird, ist ohne Belang. Allerdings ist die Messung des Sauerstoff- und des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft bei längeren Beobachtungstauchgängen notwendig, obwohl die Regenerationsanlage so eingestellt sein muß, daß sie mit größter Sicherheit immer eine atembare Atmosphäre gewährleistet.

Da bei Tauchkammereinsätzen eine immer größere Unabhängigkeit von der Oberfläche angestrebt wird, findet man in zunehmendem Maße in der Kammer auch eine eigene Energieversorgung. Erfolgt Sprechverbindung auch noch mit einem drahtlosen System, so besteht die Verbindung Wasseroberfläche-Tauchkammer nur noch in der Zugseilverbindung.

Eine Bestimmung der maximalen Tauchzeit ist schwer möglich, da die Expositionszeit nicht nur von der Anzahl der Personen, sondern von dem mitgenommenen Sauerstoff und dem Atemkalkvorrat abhängig ist. Beobachtungstauchgänge von 10 und mehr Stunden sind – wenn überhaupt erforderlich – ohne weiteres möglich.

So sind bei einer Sauerstoffdosierung von 0,5 l/min pro Person bei einer dreiköpfigen Besatzung stündlich 90 Liter Sauerstoff erforderlich; unter einem Speicherdruck von 200 kp/cm² erfordern die 90 Liter Sauerstoff nur einen Raum von 0,45 l. Austauschzeiten brauchen nicht eingehalten zu werden, da der ganze Beobachtungstauchgang für die Tauchkammerinsassen unter Normaldruck abläuft.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind jedoch zu beachten, da leicht die Möglichkeit einer Sauerstoffanreicherung in der Tauchkammer besteht; daher sollten entsprechende Sauerstoff-Meßeinrichtungen mitgeführt werden. Der Gebrauch von offenem Feuer in der Kammer und unmittelbar nach deren Verlassen muß unbedingt vermieden werden.

2.2. Tauchvorgang bis 50 m (hierzu Bild 5)

Für einen solchen Tauchgang wird die Tauchkammer normalerweise mit 2 oder 3 Personen besetzt sein, wovon die dritte in der Regel ein Hilfsmann ist. Das Absenken der Tauchkammer auf die beabsichtigte Tauchtiefe wird innendrucklos vorgenommen, die Luftregeneration erfolgt, wenn erforderlich, wie unter 2.1. beschrieben.

Vor dem Öffnen der Bodenluke wird der Innendruck der Tauchkammer dem umgebenden Wasserdruck angeglichen. Das geschieht über einen Luftzuführungsschlauch von der Druckluftversorgungsanlage aus oder aus dem Eigenvorrat an der Tauchkammer. Nach dem Druckausgleich mit dem umgebenden Wasser kann dann die Bodenluke geöffnet werden.

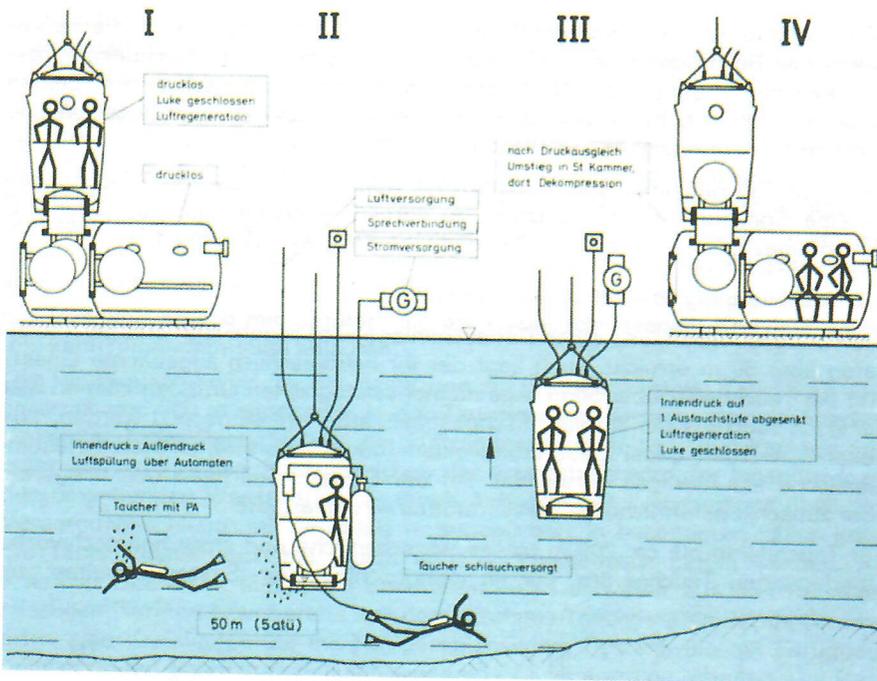


Bild 5 Tauchvorgang 0—50 m

26 105

Die Luftumwälzung in der Tauchkammer wird nach dem Öffnen der Bodenluke abgeschaltet; die Frischluftspülung erfolgt dann mit automatischer Tiefenanpassung über einen Taucherluftzuführungsautomaten von der Wasseroberfläche oder der Kammer aus. Die Kammerbesatzung atmet frei ohne Atemgeräte. Zum Freitauchen bis 50 m Tauchtiefe werden normalerweise autonome Preßlufttauchgeräte (siehe Band I, Kapitel B) eingesetzt. Sollen jedoch länger dauernde Taucherarbeiten durchgeführt werden, ist eine Luftversorgung der Taucher über einen Schlauch von der Tauchkammer aus vorteilhafter. Für diesen Einsatzfall werden innerhalb oder außerhalb der Tauchkammer Preßluftflaschen mit ausreichend großer Speicherkapazität angebracht. Eine Luftversorgung der Taucher direkt von der Wasseroberfläche aus ist ebenfalls möglich, wird aber kaum angewendet.

Das Unterbringen der Preßluftflaschen in der Tauchkammer selbst ist aus räumlichen Gründen vielfach nicht durchführbar. Ohne wesentliche Bewegungseinschränkungen für die Besatzung kann selten ein größerer Luftvorrat als ca. 16 000 Liter in der Tauchkammer untergebracht werden. In einer Tiefe von 50 m ist damit für einen Taucher nur eine Tauchzeit von 60 Minuten gegeben. Durch das Anordnen von größeren Flaschen am Kammeraußenmantel kann hier Abhilfe geschaffen werden. Das Mitführen von 100 000 Litern Luft in Preßluftflaschen ist außen an Tauchkammern von normaler Größe ohne weiteres möglich.

Haben die Taucher ihre Arbeit ausgeführt und sind sie in die Tauchkammer zurückgekehrt, wird die Fremdspülung abgestellt, die Bodenluke geschlossen und die Luftregeneration in der Tauchkammer eingeschaltet. Unter gleichzeiti-

gem Absenken des Innendruckes auf die erste Austauschstufe wird die Tauchkammer an Bord genommen und druckdicht an die stationäre Deckdekompressionskammer angeflanscht. Nach dem Druckausgleich zwischen den beiden Kammern kann die Besatzung in die bequemere Deckkammer umsteigen und dort den Austauschvorgang beenden.

Zwischen Tauchkammer und Tauchern ist während des ganzen Tauchganges für eine Kommunikationsmöglichkeit zu sorgen. Auch hier gilt das unter 2.1. Gesagte bezüglich einer anzustrebenden Oberflächenabhängigkeit.

2.3. Tauchvorgang 50–200 m (hierzu Bild 6)

Die optimale Ausnutzung einer Tieftauchanlage wird regelmäßig erst bei Tauchtiefen über 50 m erreicht; auch liegt der ihr hauptsächlich zugeordnete Einsatz erst bei Tauchtiefen über 50 m. Aus atemphysiologischen Gründen können hier nur noch Tauchgeräte, die auf Mischgasbasis arbeiten, eingesetzt werden. Wie bekannt, werden dabei Sauerstoff-Helium- oder Sauerstoff-Stickstoff-Helium-Gemische als Atemgas verwendet. An der Einsatzmöglichkeit des billigeren, aber zunächst gefährlicheren Wasserstoffes wird gearbeitet.

Für Tauchtiefen bis ca. 200 m lassen wirtschaftliche und sicherheitstechnische Überlegungen Tauchgeräte, die im halbgeschlossenen System arbeiten, am

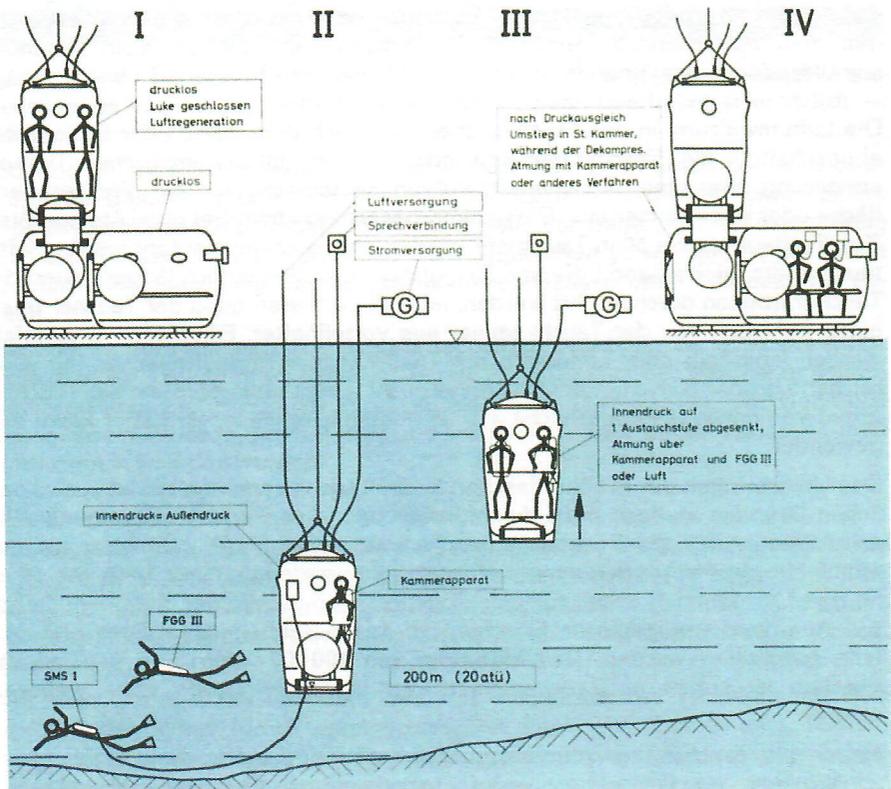


Bild 6 Tauchvorgang 50–200 m (Kurzzeittauchen)

günstigsten erscheinen. Gut durchkonstruierte Apparate, auf den rauen Taucherbetrieb zugeschnitten und ohne großen Wartungsaufwand, erfüllen diese Forderungen.

Die Mischgasversorgung im offenen System ist sehr teuer; darüber hinaus ist der geschlossene Kreislauf — zumindest derjenige des autonomen Gerätes — zunächst noch zu kompliziert und ebenfalls zu kostspielig. Tauchvorgänge mit einem „Großen Kreislauf“ und Schlauchversorgung des Tauchers sind dagegen durchaus schon zu realisieren und lassen vor allem in Tiefen von mehr als 200 m hervorragende Einsatzmöglichkeiten erwarten. Ein derartiges Tauchschema wird im Abschnitt 2.4. behandelt.

Ein Tieftauchvorgang mit Geräten, die mit halbgeschlossenem Kreislauf arbeiten, kann folgendermaßen ablaufen:

Die Tauchkammer wird mit der Besatzung auf die beabsichtigte Tauchtiefe zwischen 50 und 200 m abgesenkt. In der Tauchkammer herrscht atmosphärischer Druck. In dieser Phase erfolgt die Luftregeneration in der Tauchkammer wie unter 2.1. beschrieben. Nach Erreichen der Arbeitstiefe wird der Innendruck an den umgebenden Wasserdruck — durch Auffüllen des Luftvolumens über den Versorgungsschlauch mit Druckluft — angeglichen. In besonderen Fällen kann die Tauchkammer auch mit jedem anderen Gasgemisch gefüllt werden. Ab 4 kp/cm² Überdruck atmen die Kammerinsassen entweder aus den Kammermischgas-Geräten bzw. bereits aus den Mischgas-Tauchgeräten. Beide Gerätearten sind Kreislaufgeräte mit halbgeschlossenem System, die mit Fertiggasgemischen auf Sauerstoff-Helium-Basis und CO₂-Absorption arbeiten. Die Gas Mischung selbst wird entsprechend dem vorgesehenen Tauchtiefenbereich vor dem Tauchgang auf die atemphysiologisch und ökonomisch günstigste Zusammensetzung eingestellt. Bei einigen Gerätesystemen werden aus Vereinfachungs- und Wirtschaftlichkeitsgründen nur drei verschiedene Mischgase verwendet, die jeweils einen Tauchtiefenbereich von ca. 50 m überdecken.

(Weniger wirtschaftlich ist es dagegen, mit einem einzigen Gasgemisch einen Tiefenbereich von nahezu 150 m zu befahren, obwohl hier natürlich eine Mischgasverwechslung nicht mehr in Frage kommt.)

Nach erfolgtem Druckausgleich wird die Bodenluke geöffnet. Die Taucher können jetzt mit ihren autonomen oder schlauchversorgten Mischgas-Kreislaufgeräten durch den Bodenausstieg die Tauchkammer verlassen und in der Umgebung ihre vorgesehene Arbeit ausführen.

Über eine Sicherheits-Telefon-Leine bleiben die Taucher in jedem Fall mit der Tauchkammer in Verbindung.

Je nach Auslegung der Tauchgeräte können heute Tauchtiefen von mindestens 200 m bei variablen Tauchzeiten erreicht werden. Schlauchversorgte Geräte gestatten längere Tauchzeiten als autonome Tauchgeräte.

Der Helfer in der Tauchkammer atmet in den Fällen, in denen diese mit Luft atmosphärischer Zusammensetzung auf Druck gebracht wurde, während des Tauch- und zum Teil während des Austauschvorganges mit einem besonders leichten und verhältnismäßig bequem zu tragenden Mischgas-Atemgerät, dessen Gasversorgungseinrichtung fest mit der Tauchkammer verbunden ist.

Nach Rückkehr der Taucher in die Tauchkammer wird die Bodenluke geschlossen und unverzüglich der Austauschvorgang eingeleitet. Die Geräte der Taucher werden in dieser Phase, bis zum Erreichen einer sicheren Lufttauchtiefe, über die Zusatzgasversorgungseinrichtung der Tauchkammer gespeist. Ein kurzer

Versorgungsschlauch mit Schnellanschluß verbindet die Zusatzgasversorgungseinrichtung mit dem Tauchgerät.

Während die Tauchkammer an Deck gehievt wird, senkt man den Innendruck der Tauchkammer auf den entsprechenden Druck der ersten Austauschstufe ab. Ob die Austauschstufen mit Sauerstoff-Helium-Gemischen ausgefahren werden oder ob auf Luft umgeschaltet wird, ist eine reine Verfahrensfrage, die hier nicht näher erörtert werden soll.

Nach dem Anflanschen der Tauchkammer an die stationäre Dekompressionskammer erfolgt der Umstieg in diese Kammer. Je nach Verfahren werden Helium-Sauerstoff-Gemische, Luft oder — in den unteren Austauschstufen — Sauerstoff geatmet. Die meisten Tieftauchanlagen sind so eingerichtet, daß alle diese Möglichkeiten angewendet werden können.

Das hier geschilderte Arbeitsverfahren ist eine von mehreren Möglichkeiten. Der in der Tauchkammer vorzunehmende Druckaufbau hängt zeitlich sehr stark von der Gasversorgungsmöglichkeit ab. Kann beispielsweise an der Tauchkammer nicht genügend Atemgas mitgeführt werden und ist auch ein Versorgungsschlauch zur Oberfläche nicht vorgesehen, wird die Tauchkammer oft schon an der Wasseroberfläche auf den vollen Betriebsdruck gebracht.

Die vorstehenden Verfahrensweisen werden normalerweise für Kurzzeittauchgänge angewendet, Sättigungsverfahren können nach dem anschließend beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.

2.4. Tauchvorgang mit „Großem Kreislauf“ (für Sättigungstauchen geeignet, hierzu Bild 7)

Tieftauchanlagen, die für das Sättigungstauchen eingesetzt werden, unterscheiden sich in ihrem Aufbau gegenüber den bisher skizzierten Anlagen. Da bei längeren Grundexpositionszeiten die Taucher nicht damit belastet werden können, nach dem eigentlichen Tauchgang noch stundenlang an ihre Atemgeräte angeschlossen zu sein, ist bei diesen Einrichtungen dafür zu sorgen, daß die Taucher nach dem Tauchgang sofort frei atmen können. Dazu ist es erforderlich, daß sowohl die Tauchkammer selbst als auch mindestens ein Raum der Deckdekompressionskammer mit Sauerstoff-Helium-Gemischen gefüllt werden können. Bei dem „Großen Kreislauf“ müssen dabei die Tauchkammer und die Deckdekompressionskammer ständig durch einen Umluftschlauch, eine sogenannte Nabelschnur, verbunden sein. Jetzt besteht auch die Möglichkeit, den Taucher während des Tauchens direkt an diesen Kreislauf anzuschließen, womit auch für das Tauchgerät fast der ideale Zustand erreicht ist. Nachteilig könnte hier nur noch der erforderliche Versorgungsschlauch zwischen Tauchkammer und Taucher sein. Bis funktionsfähige, vollautomatische Tieftauchgeräte, die im geschlossenen Kreislauf arbeiten, auf dem Markt sind, ist dieses System, vor allen Dingen für Taucharbeiten, die in größeren Tiefen als 200 m ausgeführt werden, von außerordentlichem Vorteil.

Der Aufwand für die Gasversorgungseinrichtungen nimmt jedoch bei diesem Verfahren einen ganz beachtlichen Umfang an.

Ein Tauchgang wird etwa folgendermaßen durchgeführt: Angenommen, die Taucher befinden sich schon seit längerer Zeit unter Druck und verweilen im Aufenthaltsraum der Deckdekompressionskammer. Dort herrscht in diesem Falle ein Druck, der von der Arbeitstauchtiefe erreicht werden kann, wobei keine oder nur kurze Dekompressionszeiten einzuhalten sind. Jetzt werden die Tau-

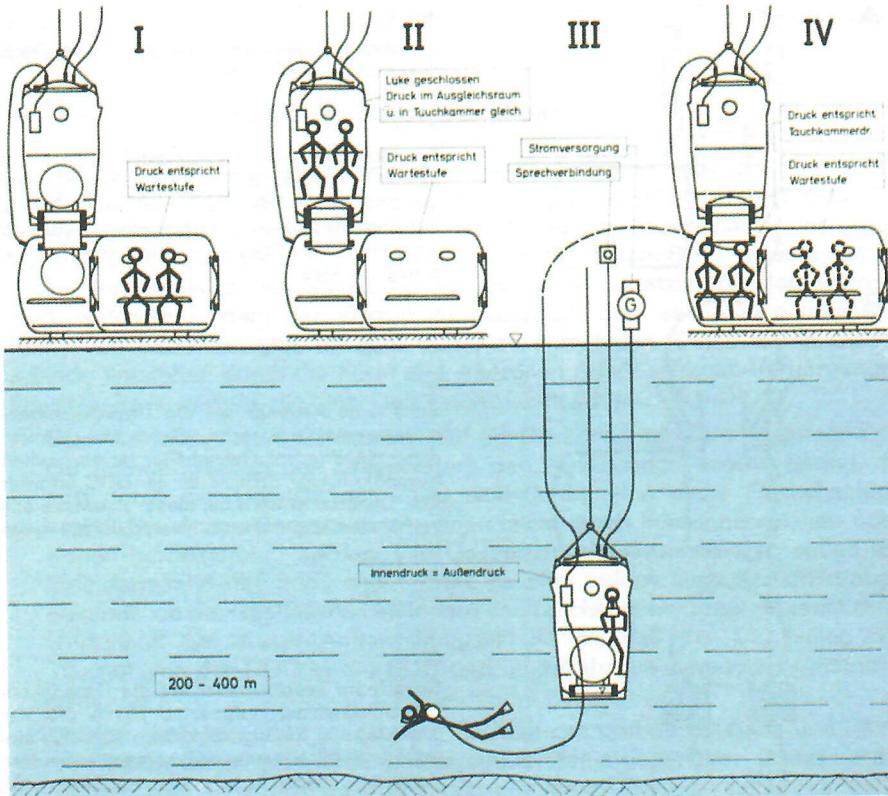
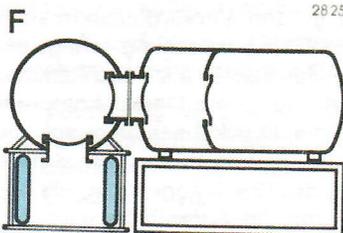
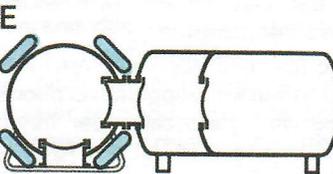
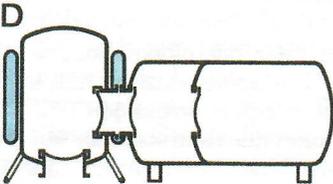
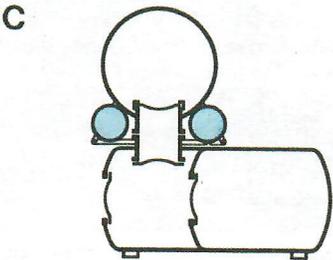
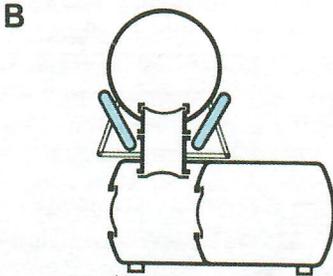
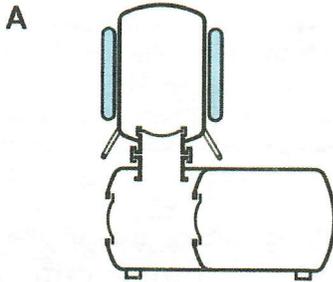


Bild 7 Tauchvorgang mit „Großem Kreislauf“ (Sättigungstauchen)

26 503

cher in den Druckausgleichsraum übergeschleust, der mit einem Sauerstoff-Helium-Gemisch gefüllt ist. Das Gemisch gleicher Zusammensetzung füllt auch die Tauchkammer. In diese können nun die Taucher sofort umsteigen und die Tür hinter sich schließen; nach dem Abflanschen kann die Tauchkammer auf die Arbeitstauchtiefe abgesenkt werden. Über einen Umwälzkompressor, der in der Druckausgleichskammer installiert ist, wird das Gasgemisch im Kreislauf zwischen Tauchkammer und Druckausgleichsraum umgepumpt.

Der Sauerstoffzusatz wird durch eine Sauerstoffpartialdruck-Meßeinrichtung automatisch gesteuert, und die Kohlensäure wird in einem Doppelabsorptionssystem entfernt. Mit der Tauchkammerabsenkung wird gleichzeitig der Innendruck des Systems auf den Arbeitstauchtiefendruck gebracht. Ist die Arbeitstauchtiefe erreicht und der Druckausgleich vorhanden, wird die Bodenluke geöffnet, und die Taucher verlassen – an den großen Versorgungskreislauf angeschlossen – die Tauchkammer. Die gesamte Gasüberwachung erfolgt bei diesem System an Deck. Nach der Rückkehr der Taucher in die Tauchkammer und dem Schließen wird die Kammer hochgehievt und an die Deckdekompressionskammer angeflanscht. Gleichzeitig erfolgt die Druckabsenkung auf die erste Austauschstufe, und die Taucher kehren in die Ausgleichskammer zurück. Dort wird dem gewählten Verfahren entsprechend der Druck abgesenkt, bis das Umschleusen in den Aufenthaltsraum erfolgen kann. Im Aufenthaltsraum ver-



28 251

Bild 8

Zuordnungen von Tauchkammern und Deckdekompressionskammern

A

Tauchkammer auf die Deckdekompressionskammer aufgesetzt. Zylindrische Flaschen gleichmäßig um die SDC verteilt. Bei einer sicheren Verflanschungsmöglichkeit ergibt sich eine verhältnismäßig hohe Lage des System-schwerpunktes.

B

Sphärische Kammer auf die Deckdekompressionskammer aufgesetzt. Durch die Verwendung zylindrischer Gasbehälter ist ein verhältnismäßig langer Schacht an der DDC erforderlich. Dadurch ist auch bei dieser Bauweise eine verhältnismäßig hohe Schwerpunktlage gegeben.

C

Sphärische Tauchkammer auf die Deckdekompressionskammer aufgesetzt. Durch die Verwendung von Kugelgasbehältern läßt sich eine außerordentlich kurze und kompakte Bauform darstellen, dadurch wird ein verhältnismäßig niedriger Gesamtschwerpunkt erreicht.

D

Zylindrische Tauchkammer, die seitlich an eine Deckdekompressionskammer angeflanscht wird. Zylindrische Gasbehälter sind am Umfang der SDC verteilt. Niedriger Gesamtschwerpunkt. Es ist auch ein Anschluß an der Längsseite möglich.

E

Sphärische SDC seitlich an eine Deckdekompressionskammer angeflanscht. Verhältnismäßig kleine zylindrische Gasflaschen sind an der Tauchkammer angebracht. Die Gesamtanordnung erlaubt den Bau sehr kompakter Anlagen.

F

Sphärische Tauchkammer seitlich an eine DDC angeflanscht. Die Gasflaschen sind unterhalb der Kugel in einem Käfig angeordnet. Der Taucherausstieg wird auch beim Aufsetzen der SDC auf dem Meeresgrund freigehalten. Insgesamt ergibt sich eine hohe Schwerpunktlage.

weilen dann die Taucher bis zum nächsten Tauchgang oder werden weiter ausgetaucht, bis der Normaldruck erreicht ist.

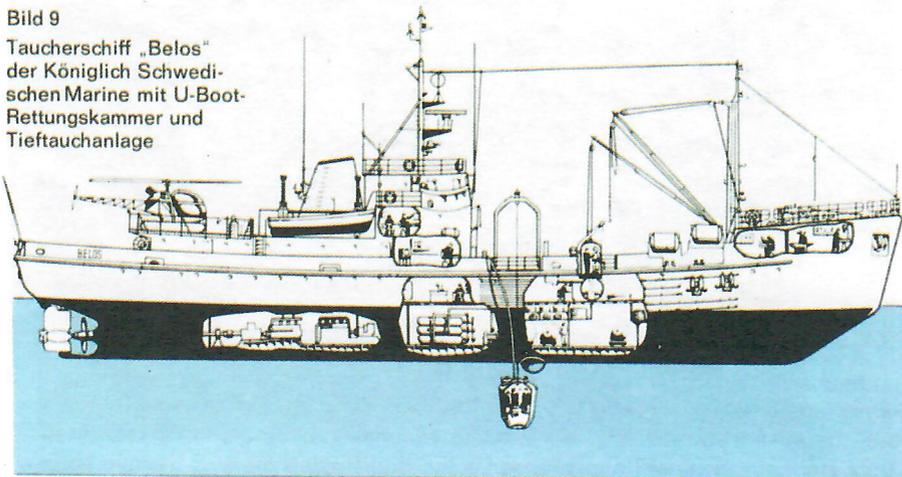
3. Technischer Aufbau von Tieftauchanlagen

Der Aufbau einer Tieftauchanlage wird im wesentlichen von der Zuordnung der Tauchkammer (SDC) zur Deckdekompressionskammer (DDC) gekennzeichnet. Dabei ergeben sich zwei Systemunterschiede: die der Obenanflanschung (Top-transfer) und die der Seitenanflanschung (Sidetransfer) der SDC. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile, so daß für den jeweiligen Einsatzfall überlegt werden muß, welchem System der Vorzug zu geben ist. Daß es dabei eine ganze Reihe von Varianten gibt, ist dem Bild 8 zu entnehmen. Diese feinen Unterschiede entstehen durch die Form und Anordnung der Druckgas-Versorgungsflaschen. Es ist wichtig, die einzelnen Arten zu betrachten:

A Beim Aufsetzen der Tauchkammer auf die Deckdekompressionskammer sind die Schwierigkeiten der Einjustierung der Verbindungsflansche gering, da sich durch das Gewicht des SDC selbständig eine plane Flanschanlage ergibt. Die Achsmittenzentrierung kann leicht durch Führungsschienen oder Konen herbeigeführt werden. Die Gasversorgungsflaschen sind außen am Zylindermantel der SDC angeordnet. Es sind jedoch auch Konstruktionen bekannt, wo die Gasflaschen im Innern der Tauchkammer untergebracht sind. Vorteilhaft bei dieser Anflanschungsart ist es, daß der Durchstieg der Taucher von der DDC in die SDC und umgekehrt sehr bequem vorstatten geht.

Diesen Vorteilen steht jedoch der Nachteil der großen Bauhöhe und damit der hohen Gesamtschwerpunktlage des Systems gegenüber. Damit ist der Aufbau auf Schiffen und Bohrinseln oftmals in Frage gestellt. Nur dann, wenn die Möglichkeit einer Unterdekanordnung der DDC möglich ist, ergeben sich wieder Vorteile. Bei Forschungsschiffen ist es erstrebenswert, die Dekompressionskammer unter Deck anzuordnen, da dann die Bedienungsmannschaft im Trockenen arbeiten kann.

Bild 9
 Taucherschiff „Belos“
 der Königlich Schwedischen Marine mit U-Boot-Rettungskammer und Tieftauchanlage



10916

- Ein ganz ausgezeichnetes Beispiel einer solchen Einrichtung finden wir auf dem Taucherschiff „Belos“ der schwedischen Marine (siehe Bild 9).
- B Bei grundsätzlich gleichem Anflanshsystem wie nach A wird anstelle des zylindrischen Druckkörpers eine Kugel gewählt. Dadurch ergeben sich bei gleicher Druckfestigkeit bei günstigerer Gesamtform Gewichtsvorteile. Beim Anbringen großer zylindrischer Gasvorratsflaschen ist es erforderlich, einen langen Ausstiegsschacht an die SDC anzubauen; für die Taucher ist es schwierig, ihn zu begehen. Eine voluminöse und, trotz Verwendung der Kugel, sehr hohe Bauweise ist kaum zu umgehen.
- C Äußerst kompakt und von niedriger Bauhöhe wird eine Tieftauchanlage mit Obenanflanschung, wenn man den erforderlichen Gasvorrat an der Tauchkammer in kugelförmigen Behältern unterbringt (siehe Bild 10). Um den Gasvorrat zu vergrößern, ist es möglich, oben auf der SDC eine zweite Kugelreihe anzuordnen. Diese Konstruktionsform ergibt bei einer Obenanflanschung eine Gesamtbauhöhe, die kaum mehr reduziert werden kann.

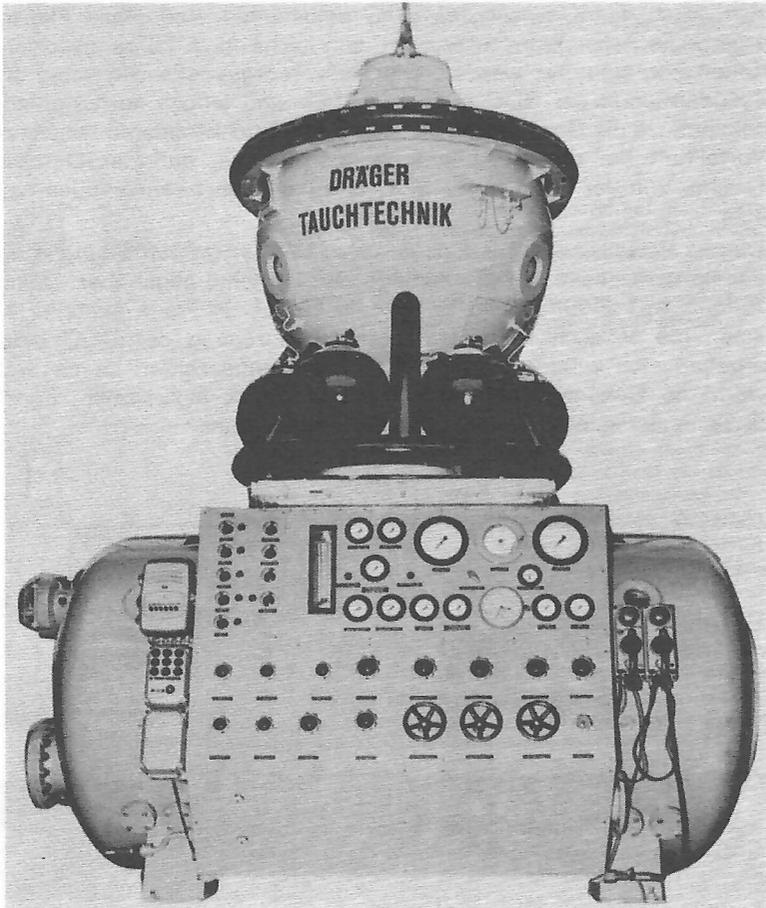


Bild 10 Tieftauchanlage mit sphärischer Tauchkammer und Obenanflanschung. Der Gasvorrat an der Tauchkammer wird in Kugelbehältern mitgeführt.

28252

Damit sind alle Vorteile, die ein derartiges System haben kann, in einer Anlage vereinigt. Es sind: sicherer und unkomplizierter Einzentrierungs- und Anflanschvorgang, kompakte Bauform, geringe Bauhöhe und günstiger Taucherdurchstieg.

- D Die Seitenanflanschung erfordert vergleichsweise zur Obenanflanschung an die Deckdekompresseionskammer einen erhöhten Aufwand an Justierungsmitteln. Außer der achsmittigen Zentrierung muß auch darauf geachtet werden, daß die Verbindungsflansche plan anliegen.

Dazu gibt es viele interessante Konstruktionen von Verschiebewagen oder hängenden Lorrys. Wichtig ist, daß die beweglichen Elemente kompakt und stabil ausgeführt werden, da die Tauchkammern schnell ein Gewicht von 4 bis 5 Tonnen erreichen können.

Wird die Tauchkammer an die Stirnseite der Deckdekompresseionskammer angeflanscht, ergibt sich eine große Gesamtbaulänge; die Gesamtlänge kann dadurch reduziert werden, daß der Flansch an der Längsseite der Deckdekompresseionskammer angeordnet wird. Bild 11 zeigt eine solche Anlage. Dabei wurden drei Kugeln zu einer Deckschammer zusammengefügt; die Tauchkammer dagegen ist als Zylinder mit Kugelböden ausgeführt.

Tieftauchanlagen in dieser oder einer ähnlichen Ausführung sind häufig auf Bohrinseln anzutreffen.

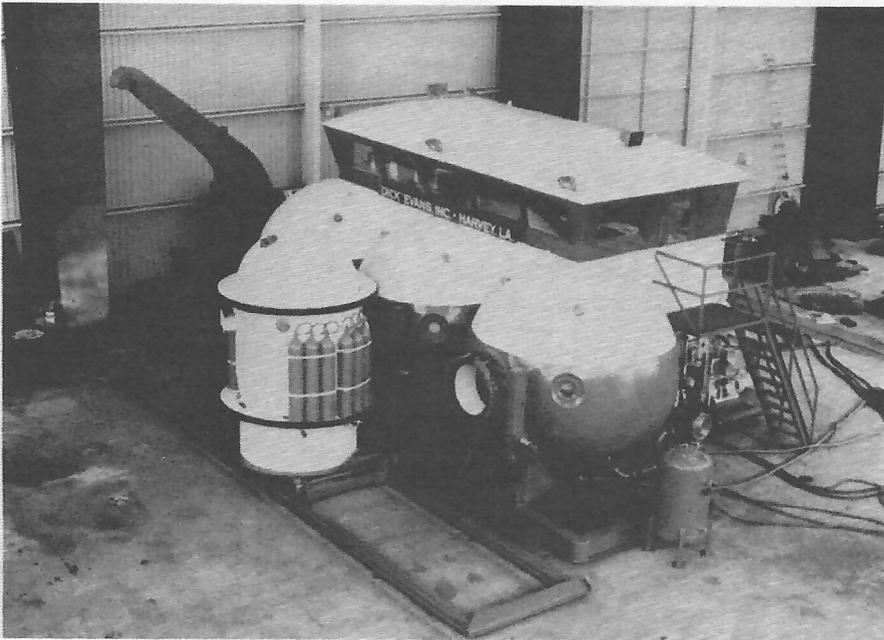


Bild 11 Amerikanische Tieftauchanlage der Fa. Dick Evans Inc.

28253

- E Tieftauchanlagen in kompakter Bauform lassen sich durch die Kombination einer kugelförmigen Tauchkammer und einer zylindrischen (oder kugelförmigen) Deckdekompresseionskammer bauen. Es gibt Tieftauchanlagen, die nach diesem System gebaut und auf einer einzigen Plattform montiert sind. Sie können in der Form auch transportiert werden, so z. B. in Flugzeugen.

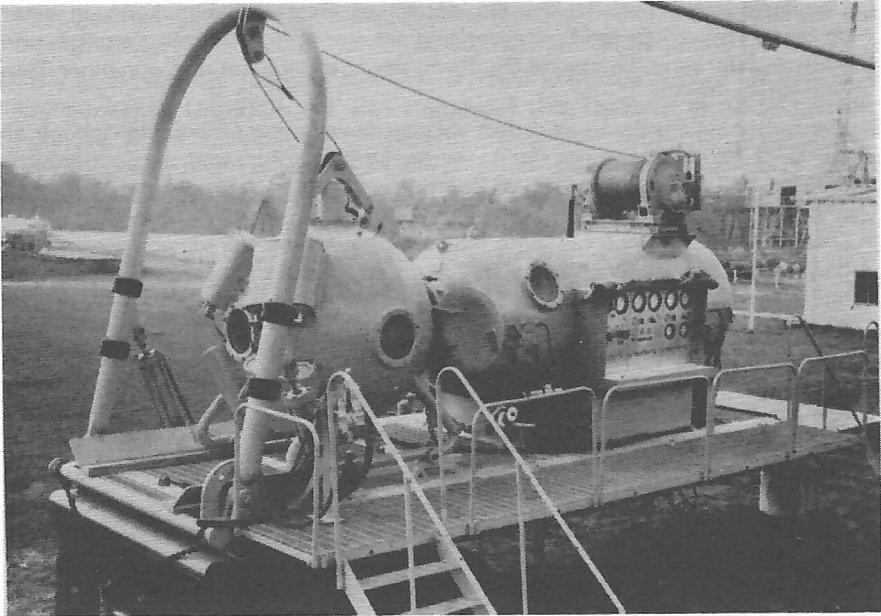


Bild 12 Kompakte Tieftauchtanlage komplett mit Windenanlage und Grundrahmen, ohne Gasversorgung (Fa. Reading & Bates)

28254

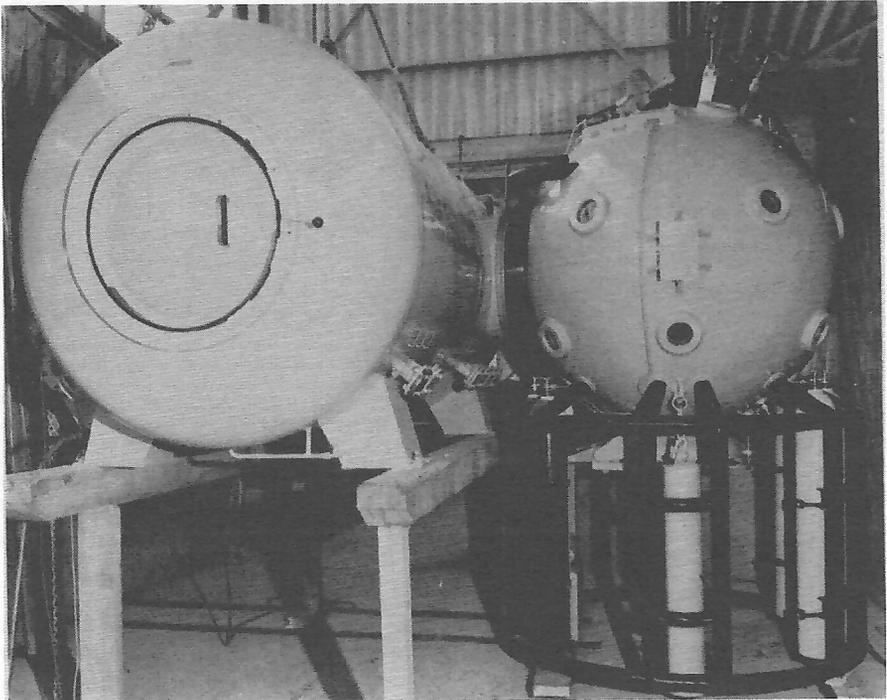


Bild 13 Tieftauchtanlage mit sphärischer Tauchkammer auf großem Batterierahmen und zylindrischer Deckdekompressionskammer

28255

Das Bild 12 zeigt eine derartige Einheit. Eine betriebsfertige Anlage einschließlich Windenanlage, jedoch ohne Gasversorgungseinrichtung, wiegt ca. 10 Tonnen. Die maximale Einsatztiefe beträgt dabei 200 m.

- F Die Unterbringung eines großen Gasvorrats in zylindrischen Behältern an einer kugelförmigen Tauchkammer macht einen großen Käfigrahmen erforderlich. Der Käfigrahmen zwingt zu einer höheren Gesamtbauform und erfordert, daß die Deckdekompressionskammer hochgesetzt wird.

Für die Tauchkammer ergibt sich der Vorteil, daß beim Aufsetzen auf Seegrund der Taucher einen freien Ausgang vorfindet. Der Raum unter der Deckdekompressionskammer kann für die Oberflächengasversorgung und den Steuerstand ausgenutzt werden.

Es ergibt sich bei dieser Bauanordnung eine günstige Schwerpunktlage bei relativ großer Kompaktheit der Gesamtanlage. Das Bild 13 zeigt eine derartige Anlage. Hier wird — im Gegensatz zum Schema — die Tauchkammer seitlich an die Deckdekompressionskammer angesetzt.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß es keine Konstruktion gibt, die allen Anforderungen gerecht wird. Mit Hilfe der aufgeführten Systemmerkmale kann für den jeweiligen Einsatzzweck die günstigste Ausführungsform bestimmt werden.

4. Technische Ausführung der Baugruppen

Komplette Tieftauchanlagen stellen komplexe Systeme dar, die sich aus Einzelkomponenten zusammensetzen. Das Bild 2 zeigt die großen Baugruppen, die bei jeder Tieftauchanlage vorzufinden sind. Die in sich geschlossenen Baugruppen werden im folgenden beschrieben:

- 1) Tauchkammern (SDC)
- 2) Deckdekompressionskammern (DDC)
- 3) Tauchkammer-Hebe- und Zentriereinrichtungen, Windenanlagen
- 4) Gasversorgungsanlagen
- 5) Energieversorgung
- 6) Kommunikationseinrichtungen
- 7) Überwachungseinrichtung für die Atmosphäre
- 8) Pneumatische Steueranlagen
- 9) Kompressoren und Umfüllpumpen
- 10) Nabelschnur
- 11) Tauchgeräte
- 12) Atemgeräte für Tauchkammern

Teilweise wurden Einzelkomponenten, die zu einem Tieftauchsysteem gehören, bereits in anderen Kapiteln ausführlich behandelt. Anschließend werden nur noch die ganz spezifischen Merkmale herausgestellt, die erforderlich sind, um aus den Einzelbaugruppen ein gut funktionierendes Gesamtsystem zu machen. Da es mit wenigen Ausnahmen noch keine Tieftauchanlagen gibt, die serienmäßig gebaut werden, ist es zunächst schwierig, allgemeingültige Regeln auszuarbeiten, bzw. aufgrund von Erfahrungswerten aufzustellen. Alle Anlagen unterscheiden sich voneinander und weisen oft recht wenig gemeinsame Merkmale auf. Trotzdem soll versucht werden, all denen, die sich mit der Entwicklung von Tieftauchanlagen befassen, gerecht zu werden.

4.1. Tauchkammern (SDC)

Selbst dem Kenner der Materie fällt es schwer, aus dem Gesamtsystem die Baugruppe herauszuziehen, die als das Herz einer Tieftauchtanlage bezeichnet werden kann. Objektiv betrachtet ist das Tauchgerät genau so wichtig wie die Tauchkammer oder die Windenanlage wie die Deckdekompressionskammer. Arbeitet nur ein Anlagenteil mangelhaft, ist der Wert der Gesamtanlage fraglich. Die nachfolgende Aufzählung kann deshalb keinesfalls als Wertmaß angesehen werden, sondern ist willkürlich gewählt.

Tauchkammern, die in Tieftauchsyste einbezogen sind, unterscheiden sich gegenüber normalen Tauchkammerausführungen durch mehrere Merkmale. Wichtig ist dabei der Anschlußflansch der Tauchkammer zur Verbindung mit einer Deckdekompressionskammer. Dabei ist ein grundsätzlicher Unterschied zwischen dem seitlichen Anflanschen und demjenigen von oben. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile. Wägt man alle Argumente gegeneinander ab, so kommt man zu dem Schluß (siehe Kapitel K), daß das Anflanschen von oben — insgesamt gesehen — vorteilhaft ist. Da jedoch bei der Obenanflanschung der

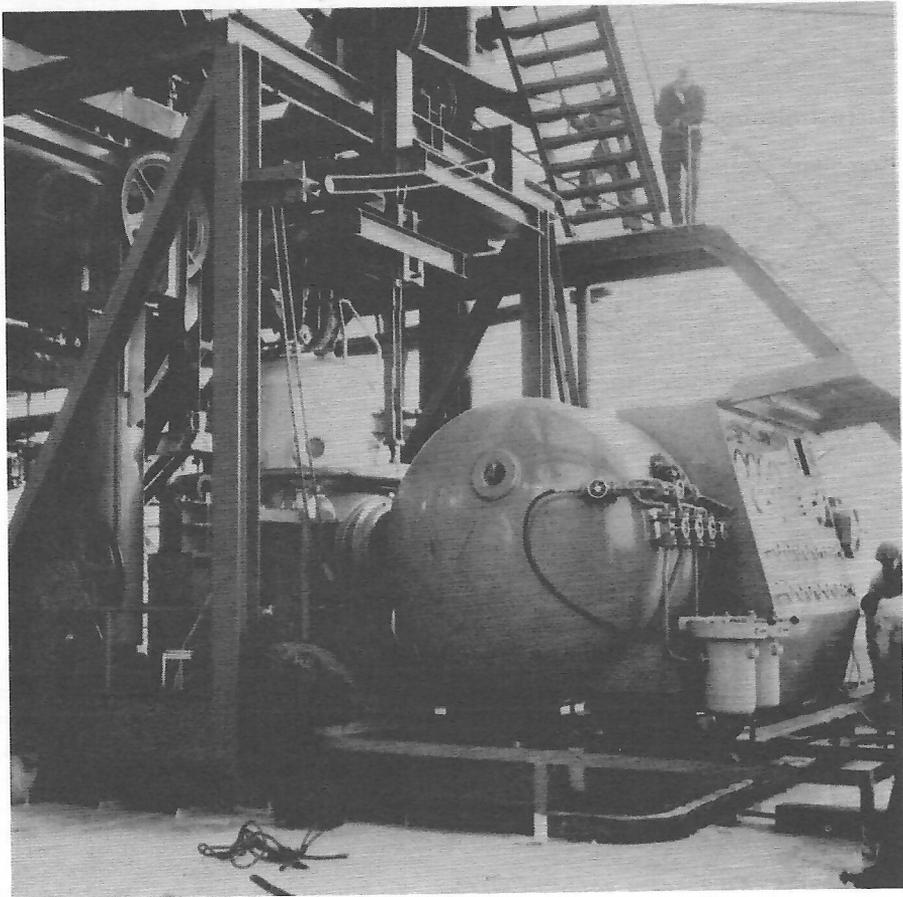


Bild 14 Vollständige Tieftauchtanlage auf einer Bohrinsel montiert (Fa. SSOS, Italien)

265C4

Gewichtsschwerpunkt weit nach oben verschoben werden kann, gibt es immer wieder Situationen, die das seitliche Anflanschen notwendig machen. Es gibt sogar Tauchkammern, die beide Möglichkeiten des Anflanschens gestatten.

Viel Aufmerksamkeit muß auch dem Verschlußsystem gewidmet werden. Bolzen, Ringsegment und Bajonettringverschlüsse sind am gebräuchlichsten. Der Bajonettring eignet sich allerdings nur dann, wenn gewährleistet ist, daß immer eine gute gegenseitige Zentrierung der Verschlußelemente möglich ist. Bei der im Bild 14 gezeigten Tieftauchanlage konnte ein Bajonettringverschluß deshalb gewählt werden, weil die Wagenführung der Tauchkammer für das seitliche Verschieben sehr präzise und darüber hinaus ein gutes Justieren der Kammeraufhängung möglich ist.

Für das Tauchverfahren selbst ist von großer Bedeutung, ob die Tauchkammer als Einraum- oder Zweiraumkammer gebaut ist. Bei der Zweiraumkammer ist die ganze Überwachungseinrichtung in einem Raum installiert, der normalerweise unter atmosphärischem Druck oder dem Druck der ersten Austauschstufe steht. Nur die Taucher werden im unteren Raum nach Erreichen der Arbeitstauchtiefe unter den Druck der Wasserumgebung gesetzt. Dieses System hat verfahrenstechnisch sicher eine Reihe von Vorteilen. Auf der anderen Seite ist jedoch der finanzielle Aufwand für eine solche Tauchkammer vergleichsweise sehr groß, und das Hantieren mit diesen hohen Tauchtürmen ist nicht immer ganz einfach. Beide Gründe lassen wieder etwas mehr die Einraum-Tauchkammer in den Vordergrund des Interesses rücken. In der Einraum-Tauchkammer befindet sich der Einsatzleiter unter demselben Druck wie seine Taucher; er kann dadurch auch schneller Hilfe leisten.

Da es erforderlich ist, daß die Tauchkammer immer wieder in unmittelbarer Nähe des Arbeitsortes abgesenkt werden kann, sind Seilführungen — insbesondere bei Tieftauchanlagen — sehr erwünscht.

Einfache Führungsseile können nicht in jedem Fall voll befriedigen. Erheblich bessere Einsatzigenschaften hat man dagegen bei Doppelseilführungen. Hier wird die Tauchkammer wie ein Fahrstuhl geführt. Sorgt eine Konstanzzugeinrichtung für straffe Führungsseile, zeigen sich günstigste Ergebnisse. Allerdings erfordert dieses Führungsverfahren ganz besondere Windeneinrichtungen, wobei optimale Verhältnisse dann vorliegen, wenn die Tauchkammer durch ein Mondloch abgesenkt werden kann.

Wird die Tieftauchanlage für das Sättigungsverfahren eingesetzt, sind die Gasversorgungseinrichtung, die elektrische Installation und die Verständigungseinrichtung besonders umfangreich.

Ob der Gasvorrat für das Tauchen außen an der Tauchkammer mitgeführt wird oder die Gasversorgung von der Oberfläche aus erfolgt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Für die Notatmung wird genügend Mischgas mit der Tauchkammer mitgeführt, weil ein Bruch des Versorgungsschlauches katastrophale Folgen hätte.

Da es nicht immer möglich ist, bei Tieftauchgängen die gesamte Tauchkammer mit dem erforderlichen Gasgemisch zu füllen, sind Atemeinrichtungen vorzusehen, die dem Einsatzleiter bzw. Hilfsstaucher trotzdem einwandfreies Atmen gestatten. Für die Taucher selbst ist nur dann ein Gerätewechsel notwendig, wenn längere Dekompressionszeiten in der Tauchkammer mit Sauerstoff-Helium-Gemischen durchgeführt werden.

Es bleibt die Frage, ob die Tauchkammer innen und außen druckfest sein soll. Bei normalen Tauchkammern ist die Innendruckfestigkeit oft wichtiger, um Austauschgänge an Deck durchführen zu können. Das Fehlen der Außendruckfestigkeit kann durch das Aufbauen eines Gegendruckes in der Tauchkammer zumindest theoretisch leicht ausgeglichen werden. Sollen aber auch Beobachtungstaugänge unter atmosphärischem Druck in der Kammer durchgeführt werden, ist die Außendruckfestigkeit genauso wichtig.

Erlauben es die finanziellen Mittel, so ist es von Vorteil, die Tauchkammern derart auszulegen, daß sie sowohl von innen als auch von außen druckbelastet werden können. Allerdings müssen dann der Druckbehälter, die Verschlüsse und die Fenster besonders stabil konstruiert sein.

4.2. Deckdekompressionskammern (DDC)

Die Tauchermansschaften von Tieftauchanlagen sind oft gezwungen, in der Deckdekompressionskammer viele Stunden oder gar Tage unter verhältnis-

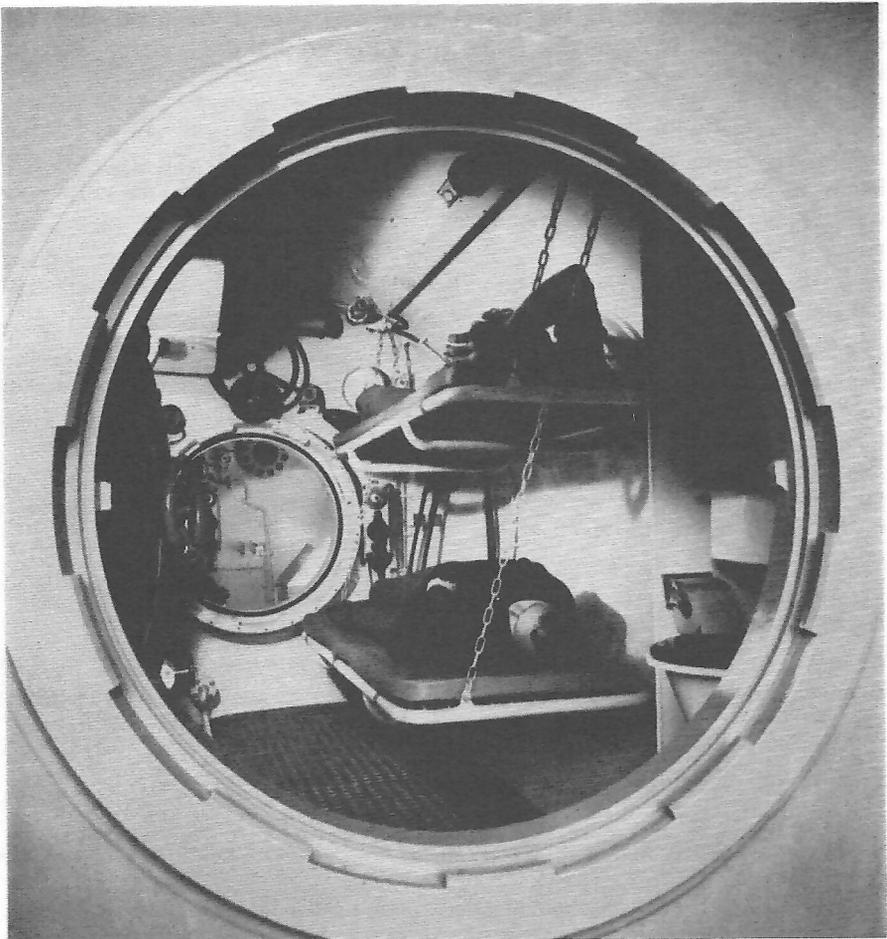
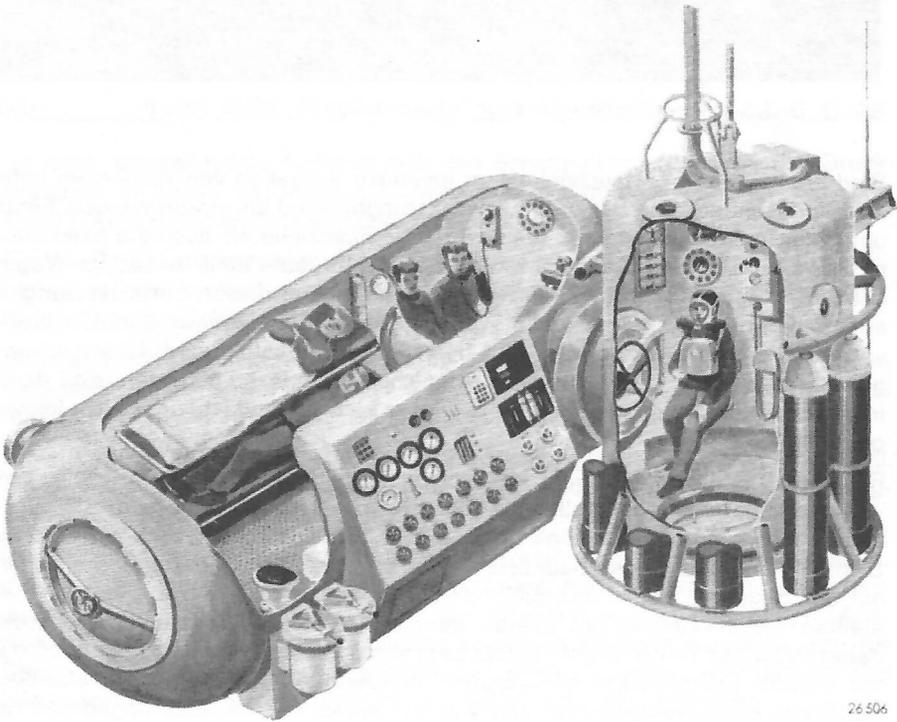


Bild 15 Aufenthaltsraum einer Deckdekompressionskammer

26 5C5

mäßig hohen Drücken zu leben. Die Deckdekompressionskammer muß daher, neben der technischen Perfektion, auch Bequemlichkeit aufweisen. Die richtigen Abmessungen sind dabei von entscheidender Bedeutung. Dies gilt insbesondere für den Aufenthaltsraum. Die Deckdekompressionskammern sind meistens liegende, zylindrische Druckbehälter, deren Durchmesser 2000 mm man nach Möglichkeit nicht unterschreiten sollte. So können sich die Taucher auch einmal stehend ausstrecken. Die Länge des Raumes muß so bemessen sein, daß die Taucher liegend untergebracht werden können. Außerdem muß genügend Platz für die sanitären Einrichtungen und für Stauraum vorhanden sein. Für die Türen braucht durch eine besondere Aushängungsart nur relativ wenig Raum eingeplant zu werden. Für den Aufenthaltsraum sollten mindestens 3500 mm Gesamtinnenlänge zur Verfügung stehen (Bild 15). Die Mindestgröße des erforderlichen Schleusenraumes ist sehr von der Aufgabenstellung der gesamten Anlage abhängig. Vorausgesetzt, daß dieser Raum nicht nur für reine Schleusungsaufgaben benötigt wird, sondern in ihm auch Dekompressionen durchgeführt werden, wird eine Mindestlänge von 1500 mm unumgänglich sein. Für solche Fälle sind auch besonders bequeme Sitzgelegenheiten notwendig. Unumstritten ist, daß die richtige Zuordnung aller Räume zueinander sowohl in ihrer Größe als auch in ihrer Anzahl für den Funktionswert der Anlage große Bedeutung hat.



26 506

Bild 16 Darstellung einer Deckdekompressionskammer mit angeflanschter Tauchkammer

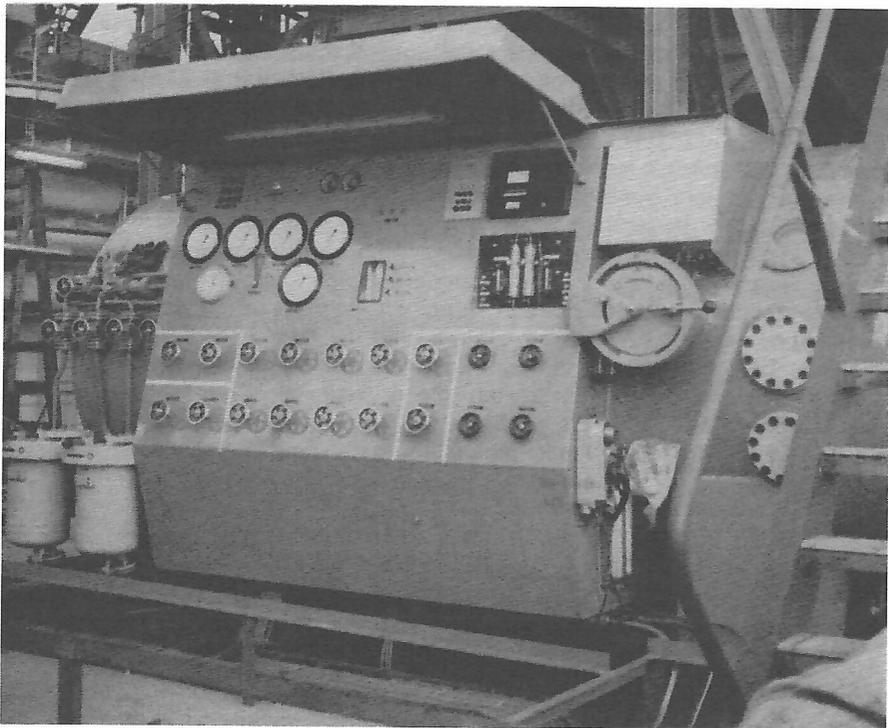


Bild 17 Deckdekompressionskammer einer Tieftauchanlage (Fa. SSOS, Italien)

26.507

Sind die mit einer Tieftauchanlage zu lösenden Aufgaben von vornherein sehr klar umrissen, so kann der Aufbau zweckentsprechend entwickelt werden. Einer optimalen Anlagenauslegung, die sowohl die finanzielle als auch die funktions-technische Seite berücksichtigt, steht dann wohl kaum mehr etwas im Wege. Die in den Bildern 16 und 17 gezeigte Anlage ist unter diesen Voraussetzungen entstanden und läßt daher kaum Wünsche offen. Beneidenswert ist der Konstrukteur, der vor eine so klar formulierte Aufgabe gestellt wird. Überraschungen, die nach der Fertigstellung eines solchen Komplexes auftreten, sind dann in der Regel auch nicht mehr so groß. Dieser Idealzustand ist leider nicht immer gegeben.

Für andere Fälle hat dann ein klar entworfenes Baukastensystem Erfolg, das — jeweils der Aufgabenstellung entsprechend — eine Erweiterung oder Verkleinerung der Anlage ermöglicht. Das Bild 18 zeigt schematisch ein solches System. Innerhalb dieses Baukastens können ohne mechanische Nacharbeiten auf der Baustelle Raumkombinationen zusammengestellt werden, die den gestellten Anforderungen am besten gerecht werden. Hauptbauelemente sind dabei außer der Tauchkammer selbst zwei verschieden große Druckbehälter, die verschieden kombinierbar sind. Ergänzt werden diese Bauteile beispielsweise durch das Bajonettringsystem, das von der seitlichen Anflanshmöglichkeit für die obere Flanschweise umgesetzt werden kann. Die Schaltplute sind ebenfalls in Elementbauweise hergestellt. Sie können durch Schnellkupplungen und Steckelemente zusammengekoppelt werden und sind in einem genormten Be-

dienungshaus untergebracht. Das Bild 18 zeigt die wichtigsten Einzelbauelemente ohne Versorgungseinrichtungen und Windenanlagen.

Unter der Voraussetzung eines konsequenten Vorgehens ist nach diesem System bei geringstem finanziellen Aufwand der größte Nutzen zu erwarten. Insbesondere Firmen, die die Tieftaucherei kommerziell betreiben und mit ihren Tauchern auch gleichzeitig ihre eigenen Anlagen vermieten, können mit solchen Einrichtungen ihre Konkurrenzfähigkeit nachhaltig verbessern.

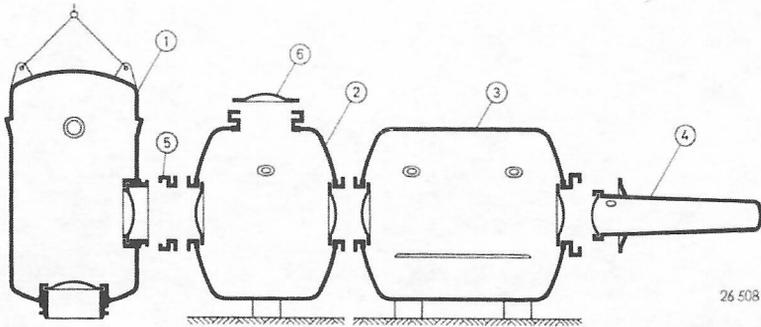


Bild 18 Systembau von Druckkörpern für Tieftauchanlagen (Druckkörperbauelemente)

- | | | |
|---------------|---------------------------|--------------------|
| 1 Tauchkammer | 3 Hauptkammer | 5 Bajonett-Element |
| 2 Schleuse | 4 Einmann-Transportkammer | 6 Verschlussdeckel |

Je nach Anlagenaufbau befindet sich das Schaltpult zur Messung der Druckzustände in einem besonderen Überwachungsraum oder aber ist, wie das Bild 17 zeigt, direkt an die Deckdekompressionskammer angebaut.

Für die Bedienungsmannschaft und die Armaturen ist es in jedem Fall vorteilhaft, wenn sie den Witterungsunbilden nicht direkt ausgesetzt sind. Man sollte für genügenden Schutz sorgen.

Werden Tieftauchanlagen beispielsweise in tropischen oder arktischen Zonen eingesetzt, so ist sowohl für eine Klimatisierung der Druckkammerräume als auch der Aufenthaltsräume der Bedienungsmannschaften zu sorgen.

Einen Einblick in einen geschützten Kontrollraum geben die Bilder 19 und 20. Diese vollklimatisierte Überwachungszentrale gehört zu der in Bild 11 gezeigten amerikanischen Tieftauchanlage.

Im Gegensatz zu einfachen Dekompressionskammern sind Tieftauchanlagen, die für das Sättigungstauchen eingerichtet sind, auch in bezug auf die Überwachungs- und Steuerungsarmaturen viel reichhaltiger ausgestattet. Zur Ausrüstung gehören CO_2 -Absorptionsfilter sowie die Überwachungseinheiten für Sauerstoff- und Kohlensäurepartialdrücke. Beide Einheiten ermöglichen das kontinuierliche Messen und Aufzeichnen dieser wichtigen Parameter.

Ungewöhnlich ist auch die Anzeige für den Differenzdruck zwischen Druckausgleichsraum und Hauptkammer. Eine U-Rohr-artige Druckanzeigevorrichtung ermöglicht es, auf wenige mm WS genau den Druckausgleich zwischen beiden

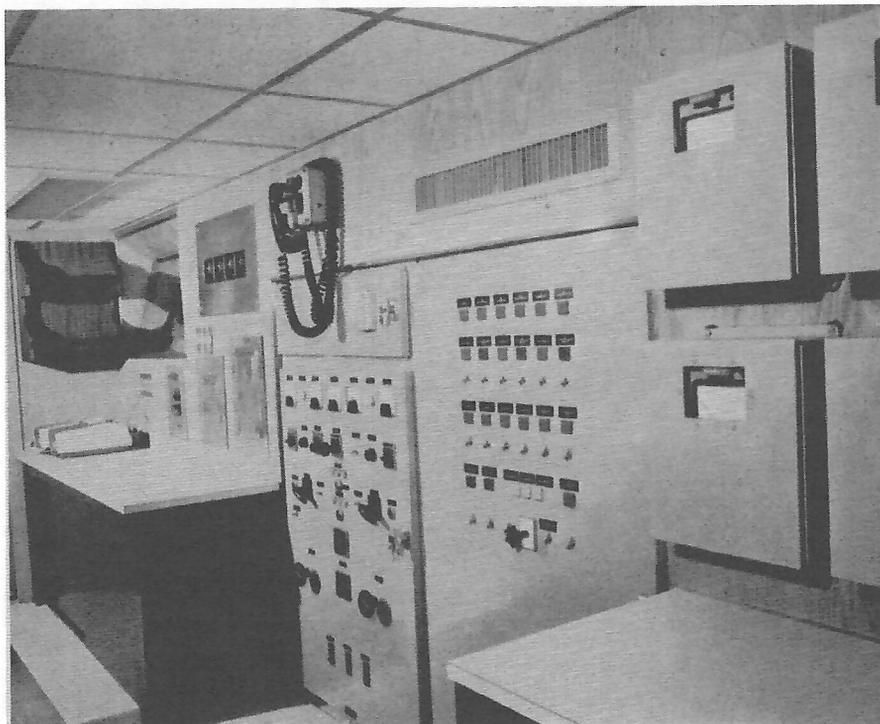


Bild 19 Kontrollraum einer Tieftauchanlage der Fa. Dick Evans (USA)
(Elektrische Überwachungsschalttafeln)

28 256

Räumen herzustellen. Ein Gasüberströmen ist nicht erforderlich, so daß eine Vermischung beider unter Umständen unterschiedlicher Kammeratmosphären auf ein Minimum beschränkt bleibt.

Die Verständigung zwischen den einzelnen Kammerräumen ist über eine Wechselsprechanlage und über Telefon möglich. Darüber hinaus können durch eine optische Signalanlage vorher festgelegte Befehle und Rückmeldungen ausgetauscht werden. Dies ist besonders wichtig, da durch die bekannte Verzerrung der Sprache beim Tauchen mit hohen Heliumgehalten oft erhebliche Verständigungsschwierigkeiten auftreten. Gute Dienste leisten hier neuerdings auch Elektroschreiber (Telewriter).

4.3. Tauchkammer — Hebe- und Zentriereinrichtungen, Windenanlagen

Selbst die kleinsten Tauchkammern haben immer noch ein Gewicht von 3—4 t, während die gängigen Kammergrößen auf mindestens 5—6 t kommen. Das Gewicht ist nicht nur von dem maximal zulässigen Betriebsdruck abhängig, der die Dicke des Materials beeinflusst, sondern wird auch hauptsächlich durch die Wasserverdrängung des Gerätes bestimmt, da Abtrieb erforderlich ist. Mit der Hebe- und Zentriereinrichtung muß nun die Möglichkeit bestehen, auch bei bewegter See die Tauchkammerbewegungen sicher zu beherrschen. Dabei ist außer der vertikalen Bewegung regelmäßig auch noch eine horizontale Bewegung notwendig, um beispielsweise den seitlichen Anschluß an die Deckdekompressionskammer vorzunehmen.

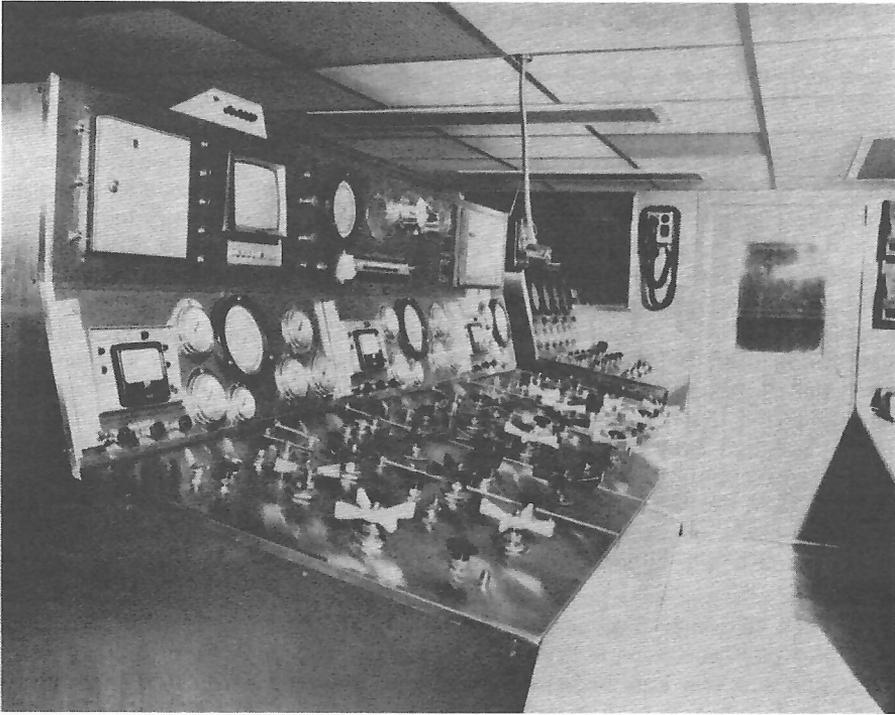


Bild 20 Kontrollraum einer Tieftauchanlage der Fa. Dick Evans (USA)
(Pneumatisches Kontrollschaltpult)

28 257

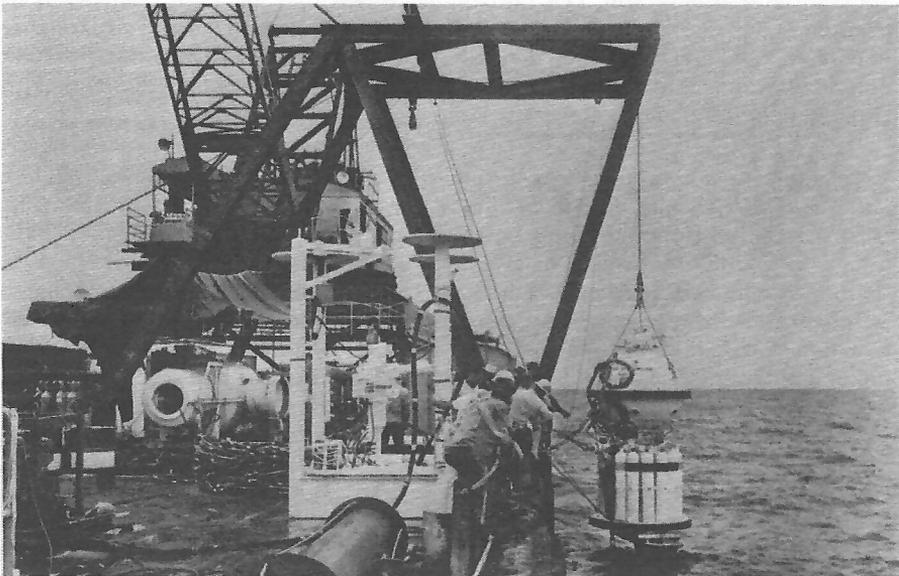


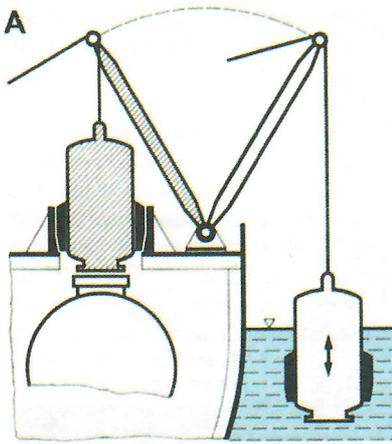
Bild 21 Tieftauchanlage im Einsatz, Sidetransfer der SDC (Esso-Foto)

26 513

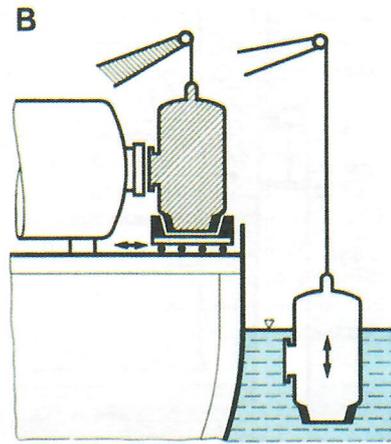
Das Bild 22 zeigt einige bekannte Ausführungsbeispiele schematisch. Im Beispiel A ist eine Tauchkammer oben auf einer unter Deck liegenden Dekompressionskammer anzuschließen. Die erforderliche Schwingbewegung, um die Kammer über Bord zu bringen, wird hier von einem hydraulisch angetriebenen Doppelbock ausgeführt. Das Absenken und Anheben erfolgt mittels einer Trommelwinde. U-förmige Führungsschienen erleichtern das Erreichen der zentrischen Anflanschposition, in die entsprechende, an der Tauchkammer angeschweißte Flachprofile eingefügt werden. Das plane Aufliegen auf dem Gegenflansch wird automatisch durch das Tauchkammengewicht erreicht. Kritisch sind bei dieser Lösung eventuelle Pendelbewegungen der Tauchkammer. Es muß dafür gesorgt werden, daß diese Pendelbewegungen ohne Personalfährdung aufgefangen werden. Mit den gleichen Schwierigkeiten hat man auch bei der Ausführung nach Beispiel B zu kämpfen. Alle Grobbewegungen werden hier durch den Bordkran vorgenommen, die Tauchkammer wird horizontal nur auf dem geführten Schlitten bewegt. Die Tauchkammer wird auf dem Schlitten mit einem kegeligen Zentrierstück einjustiert und dann hydraulisch in die Anflanschposition geschoben. Wie bei der Ausführung A bringt auch hier das Nachführen und Einziehen der Versorgungsleitungen gewisse Schwierigkeiten mit sich. Auf jeden Fall sollte man unbedingt versuchen, die Versorgungsleitungen auf entsprechende Kabeltrommeln aufzurollen.

Wesentlich eleganter dagegen ist die Hebe- und Zentriereinrichtung nach C. Hier führt die Tauchkammer zwei klare, rechtwinklig zueinander liegende Bewegungen aus. Der Laufwagen mit den genau einjustierbaren Aufhängern verfährt die Tauchkammer horizontal und bringt sie in Flansch- oder Absenckposition. Eine Winde mit Konstantzugeinrichtung besorgt die vertikalen Bewegungen. Dieses System kann dann noch erheblich verbessert werden, wenn die Tauchkammer durch das Mondloch einer Bohrinsel oder eines Spezialschiffes abgefahren werden kann. Die horizontale Bewegung mit dem Laufwagen beträgt dann nur noch wenige Zentimeter, um vom Bajonettflansch freizukommen. In diesem Fall kann dann auch die Nabelschnur über eine weitere Kabeltrommel geführt werden. Ebenfalls kann der in Bild 23 beschriebene Grundanker mit Doppelseilführung in das Gesamtsystem eingegliedert werden.

Voraussetzung für ein sicheres Arbeiten bei Tieftauchgängen ist nicht zuletzt, daß die Tauchkammer möglichst nahe am eigentlichen Arbeitsort installiert wird. Bei einer Bohrinsel sind beispielsweise fast alle Arbeiten am „Christbaum“ durchzuführen, wobei es zweckmäßig ist, dort in unmittelbarer Nähe den Grundanker zu stationieren. Aber auch bei Bergungsarbeiten vom Schiff aus ist es trotz Abtrifft durch Wind oder Strömung von Vorteil, wenn die Tauchkammer trotzdem immer gleichmäßig „vor Ort“ ankommt. Kombinierte Grundanker mit Doppelseilführung haben sich hier am besten bewährt. Werden zur Straffung der Führungsseile noch Konstantzugwinden oder Gewichtsausgleicher eingesetzt, hat man die günstigste Möglichkeit gewählt. Das Bild 23 zeigt einen Grundanker mit aufgesetzter Tauchkammer. Der Grundanker ist gleichzeitig Abstandhalter zum Meeresgrund und gewährleistet immer den erforderlichen Raum für den Bodenausstieg der Taucher. Zweckmäßigerweise legt man die Führungsseile so stark aus, daß bei einem Tauchkammer-Zugseilbruch mit dem Ankerlüften gleichzeitig die ganze Tauchkammer angehoben werden kann. Damit ist ein wichtiger Sicherheitsfaktor in das Gesamtsystem eingebaut. Setzt



26510

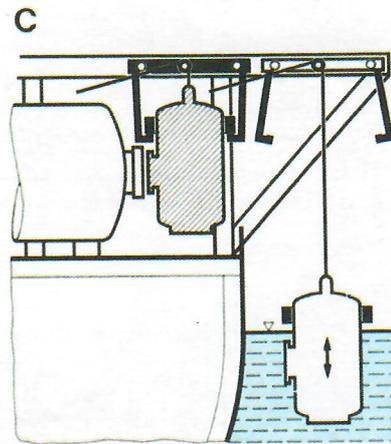


26511

A
Als Hebevorrichtung kann ein Doppelbock oder ein u-förmiger Kranarm verwendet werden. Dieses System kann grundsätzlich auch für die Seitenanflanschung dienen. Zentriert wird bei der Obenanflanschung durch U-Profile und Flachschielen.

B
Alle Grobbewegungen werden durch einen normalen Bordkran durchgeführt. Zum Anschluß der Tauchkammer an die Deckdekompressionskammer wird die SDC auf einem Verschiebewagen einzentriert. Dieser Verschiebewagen macht eine nur kleine Horizontalbewegung.

C
Tauchkammer – Hebe- und Zentriereinrichtung mit hängendem Verschiebewagen. Bei der Anwendung dieses Systems auf Bohrseln beträgt der seitliche Verschiebeweg nur einige cm. Abgesenkt wird dann durch ein sogenanntes Mondloch.



26512

Bild 22 Tauchkammer-Hebe- und Zentriereinrichtungen

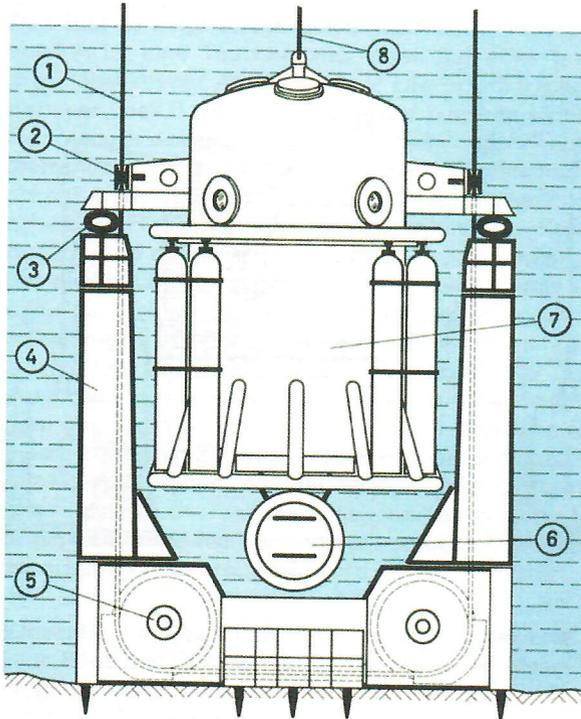


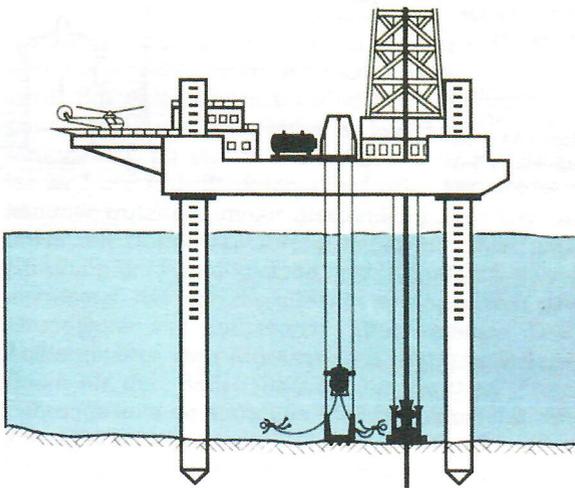
Bild 23
Grundanker mit
Doppelseilführung
(Fa. Gusto)

- 1 Führungsseil
- 2 Führungseinrichtung an der Tauchkammer
- 3 Gummipuffer
- 4 Grundanker
- 5 Umlenkrollen
- 6 Ausstiegstür der SDC
- 7 Tauchkammer
- 8 Zugseil für die Tauchkammer

26 509

man das Zugseil auf „Schlappseil“ und liegt die Tauchkammer auf dem Anker auf, werden auch die Auf- und Abbewegungen der Bohrsinsel oder des Schiffes nicht mehr übertragen. Der gleiche Effekt kann natürlich auch durch den Einsatz einer Konstanzzugwinde erreicht werden.

Einfache Tieftauchanlagen werden oft nur von einer einzigen Trommelwinde mit entsprechendem Ausleger oder mit einem normalen Schiffskran abgelassen.



28258

Bild 24
Schema der Anordnung
einer Tieftauchanlage auf
einer Bohrsinsel

Für das Auslegen und Einbringen der Versorgungskabel und Schläuche sind keine Einrichtungen vorhanden. Dies wird manuell besorgt.

Daß diese Arbeitsweise nicht immer voll befriedigen kann, ist verständlich. Vollwertige Anlagen besitzen dagegen bis zu drei Trommelwinden. Das Bild 25 zeigt eine derartige Einrichtung. Die obere Kabeltrommel rollt die Nabelschnur auf. Die Zu- und Abfuhr der Gasanschlüsse geschieht dabei durch die feststehenden Achsen am linken und rechten Trommellager. Schleifringkontakte in einem hermetisch verschlossenen Gehäuse ermöglichen den Anschluß von insgesamt 16 Adern, die sowohl für die Energiezuleitung zur Tauchkammer benötigt werden als auch z. T. für die Kommunikationseinrichtungen vorgesehen sind. Eine Konstantzugeinrichtung sorgt bei der Endlage der Tauchkammer am Grund dafür, daß bei Bewegungen der Oberfläche die Nabelschnur unter einer genau einstellbaren Spannung gehalten wird und dadurch nicht unzulässig durchhängt. Die Konstantzugeinrichtung arbeitet bei dem vorliegenden Beispiel rein mechanisch durch Gewichtsbelastung, kann aber auch mit einer Konstantzug-

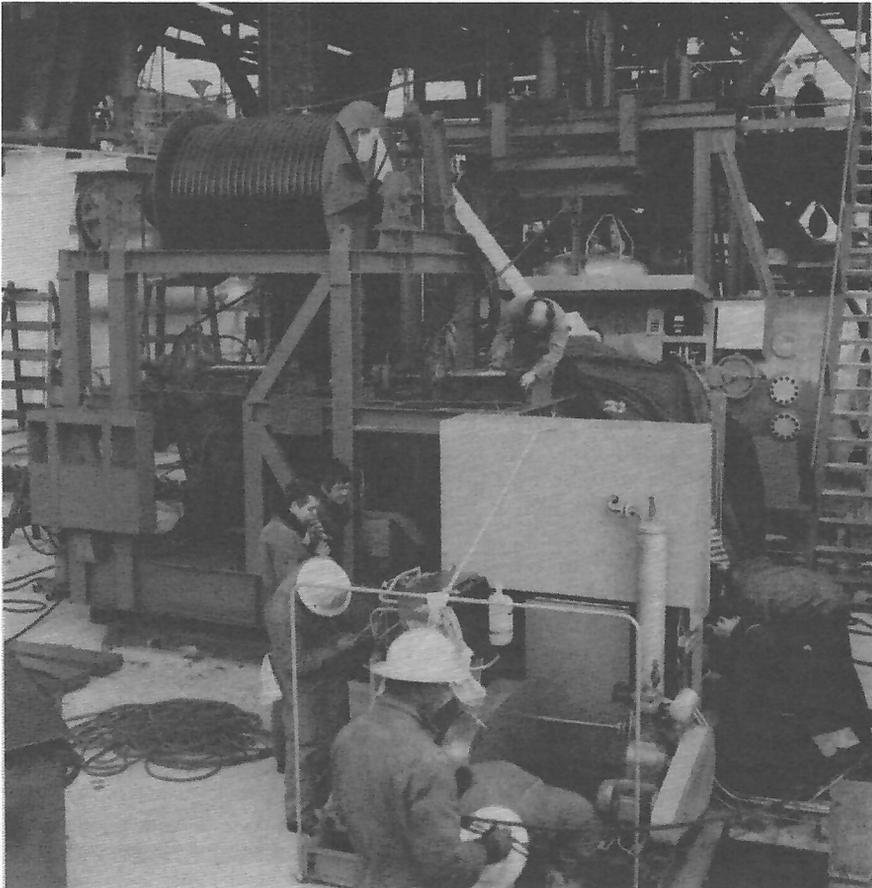


Bild 25 Gusto-Windenanlage einer Tieftauchanlage mit Nabelschnurwinde
(Fa. SSOS, Italien)

26 514



Bild 26 Tieftauchanlage der Fa. Comex, Marseille (Frankreich)

28 259

winde auf elektrischem Wege verwirklicht werden. Wegen des ovalen Querschnittes der Nabelschnur ist eine besondere Spuleinrichtung erforderlich, die nicht nur für ein gleichmäßiges Nebeneinanderliegen sorgt, sondern auch das Profil in die Flachlage zwingt. Die Kabelwinde für die Tauchkammer befindet sich links unten im Gestellaufbau. Sie wird über den gemeinsamen Antriebsmotor, der alle drei Winden antreibt, betätigt. Auch hier ist eine Spuleinrichtung vorgesehen, die allerdings erheblich einfacher als die Nabelschnurspuleinrichtung ausgeführt ist. Die dritte Winde rechts unten im Gestell dient zu Grundankerbewegungen. Da es sich hier um eine Doppelseilführung handelt, muß die Seiltrommel die doppelte Seillänge gegenüber derjenigen der Tauchkammerwinde aufnehmen können. Die Konstantzugeinrichtung für den Anker befindet sich am Tauchkammerngestell und wird pneumatisch geregelt.

Die Nennlast der Ankerwinde ist so ausgelegt, daß sie nicht nur ausreicht, um den eventuell am Grunde festgesaugten Anker loszubrechen, sondern um im Notfall auch noch die Tauchkammer an die Oberfläche zu bringen.

Die Seilgeschwindigkeit der Tauchkammerwinde beträgt maximal 15 m/min und kann stufenlos geregelt werden.

Der finanzielle Aufwand für eine derart umfangreiche Windenanlage ist erheblich und stellt bei den Kalkulationen für eine Tieftauchanlage einen großen Betrag dar. Er darf also keinesfalls unberücksichtigt bleiben. Eine gut funktionierende Windenanlagen kann für den Gesamtarbeitsablauf von entscheidendem Vorteil sein, so daß hier Einsparungen fehl am Platze wären.

4.4. Gasversorgungsanlagen

Die Einzelelemente der Gasversorgungsanlagen werden im Kapitel O ausführlich beschrieben, so daß hier nur ein Hinweis auf die spezifischen Erfordernisse bei Tieftauchanlagen erforderlich ist.

Zweckmäßigerweise wird man die erforderlichen Gase in Flaschenbatterien unter einem Druck von mindestens 200 kp/cm² speichern, um den Stauraum möglichst klein zu halten. Ob dazu Großbehälter mit beispielsweise 500 l Inhalt in Frage kommen oder ob die Batterien aus den handelsüblichen 50-Liter-Flaschen zusammengestellt werden, ist von zweitrangiger Bedeutung und muß von Fall zu Fall entschieden werden. Bei einem gegebenen Speichervolumen sind die Kosten nicht sehr unterschiedlich. Zweckmäßig ist es aber immer, die Batterien in Einzelgruppen aufzuteilen. Dies gilt nicht nur für Reparatur- und Wartungszwecke, sondern bringt auch verfahrenstechnisch Vorteile.

Bei universell einsetzbaren Anlagen hat sich eine Viererteilung der Gasbereitstellung als vorteilhaft erwiesen. Dabei handelt es sich um Batterien für Luft atmosphärischer Zusammensetzung, für reinen Sauerstoff, für reines Helium und für verunreinigtes Helium, das beispielsweise Sauerstoff und Stickstoff enthalten kann. Die Preßluft ist erforderlich, um die Druckkammer und die Tauchkammer bei Lufttauchtiefen auf Betriebsdruck zu bringen. Sie wird zur Frischluftspülung während der Dekompressionszeiten benötigt und dient zur Versorgung von Schlauchtauchgeräten und zum Auffüllen der Flaschen von Preßluft-Tauchgeräten. Die Batterie soll mindestens so groß sein, daß ein zweimaliges Auffüllen auf den maximalen Betriebsdruck der Anlage möglich ist.

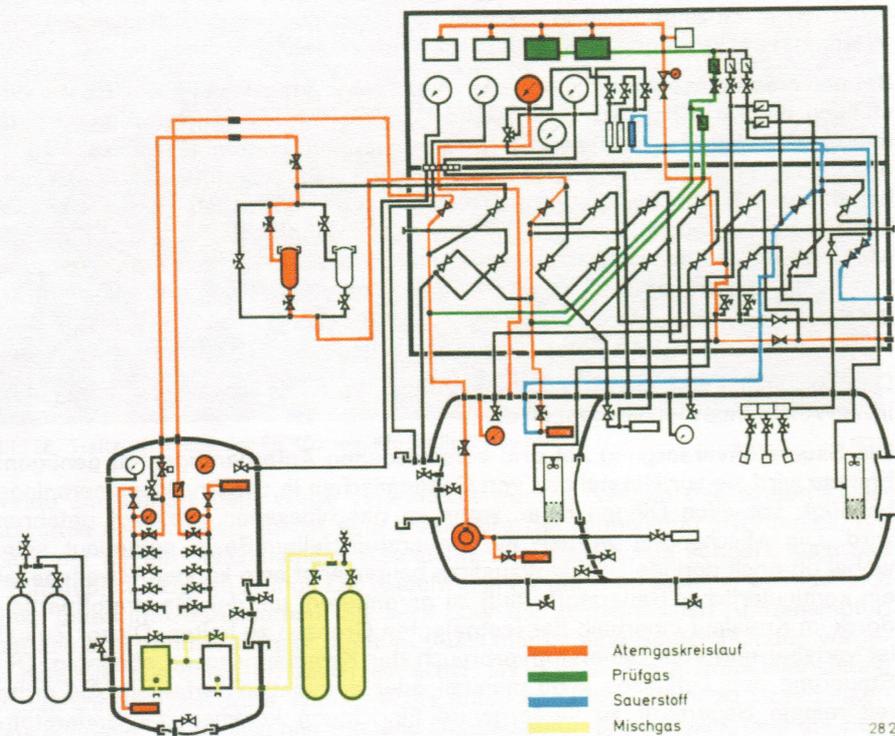
Darüber hinaus muß eine nicht zu klein bemessene Reserve für den kontinuierlichen Anlagenbetrieb vorhanden sein.

Die Sauerstoffversorgung hat drei verschiedenen Anforderungen zu genügen: Erstens wird sie zur Herstellung von Gasgemischen in der Druckkammeranlage benötigt, vor allen Dingen dann, wenn im geschlossenen Kreislauf gefahren wird. Die Mischungen werden auf Sauerstoff-Helium-Basis aufgebaut sein, wobei oft noch geringe Stickstoffzusätze beigemischt sein können. Zweitens ist ein kontinuierlicher Sauerstoffzufluß zu garantieren, um den Sauerstoffpartialdruck im Kreislauf innerhalb der festgelegten Grenzen zu halten. Dieser Zufluß ist variabel und vom Sauerstoffverbrauch der Kammerinsassen abhängig. Die Steuerung des Zuflusses kann manuell oder automatisch erfolgen. Als dritte mit reinem Sauerstoff zu versorgende Einrichtung kommen die Sauerstoff-Inhalationsstellen in der Deckdekompressionskammer hinzu, die in den niedrigen Austauschstufen, etwa ab 18 m, vielfach benutzt werden. Auch hierfür ist die Batteriegröße so festzulegen, daß für jeden denkbaren Einsatzfall genügend Sicherheitsreserven vorhanden sind.

Als derzeitig wichtigstes und teuerstes Inertgas wird das Helium beim Tieftauchen in beträchtlichen Mengen gebraucht. Besonders dort, wo Tauchkammer und Druckausgleichsraum der Deckdekompressionskammer gänzlich mit Sauerstoff-Helium-Gemischen gefüllt werden, sind wegen des atemphysiologisch bedingten hohen Heliumanteiles große Heliummengen erforderlich. Überschlägig kann man rechnen, daß der Heliumanteil eines Tieftauchgasgemisches 90 % beträgt. Bei einem Gesamtvolumen der mit Mischgas zu füllenden Räume von etwa 10 Nm³ und maximalen Betriebsdrücken von 20–30 kp/cm² sind hierfür also große Speicherkapazitäten notwendig.

Um beim Absenken des Druckes der mit Sauerstoff-Helium-Gemisch gefüllten Räume kein Gas zu verlieren, wird dieses „verunreinigte“ Gas mit Hilfe eines ölfreien Kompressors in eine besondere Mischgasbatterie zurückgeführt. Es kann dann nach entsprechender Anpassung der Zusammensetzung durchaus wieder für neue Tieftaucheinsätze verwendet werden.

Für das Umfüllen der Gase werden innerhalb eines Tieftauchsystems entsprechende Kompressoren benötigt. Vorzugsweise finden ölfreie Kompressoren Verwendung, die in ihrer Leistung auf die jeweilige Anlagengröße abgestimmt sind. Zusätzlich können auch noch Umfüllpumpen zum Einsatz gebracht werden, die hauptsächlich zur Herstellung und zum Umfüllen der verschiedenen Mischgase für die Tieftauchergeräte dienen.



28 24

Bild 27 Gasversorgungsanlage eines Tieftauchsystems mit geschlossenem und halbggeschlossenem Kreislauf (System Shell)

Da die Gasversorgungsanlagen äußerst vielfältig und, wie die Tieftauchsysteme, kaum auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen sind, kann die Anlage nach Bild 27 nur stellvertretend für viele andere Möglichkeiten stehen. Während bei diesem Beispiel zwischen der Deckdekompressionskammer und der Tauchkammer eine ständige Verbindung durch eine Nabelschnur besteht, wird heute immer mehr die Autonomie der SDC angestrebt. In diesem Falle ergeben sich dann für die Versorgungssituation völlig neue Aspekte. So hat man in der Anlage nach Bild 28 in der Tauchkammer selbst noch kleine Gasgemisch-Reservebehälter, um bei einer Versorgungsunterbrechung von außen den Tauchgang ohne Unterbrechung weiterführen zu können.

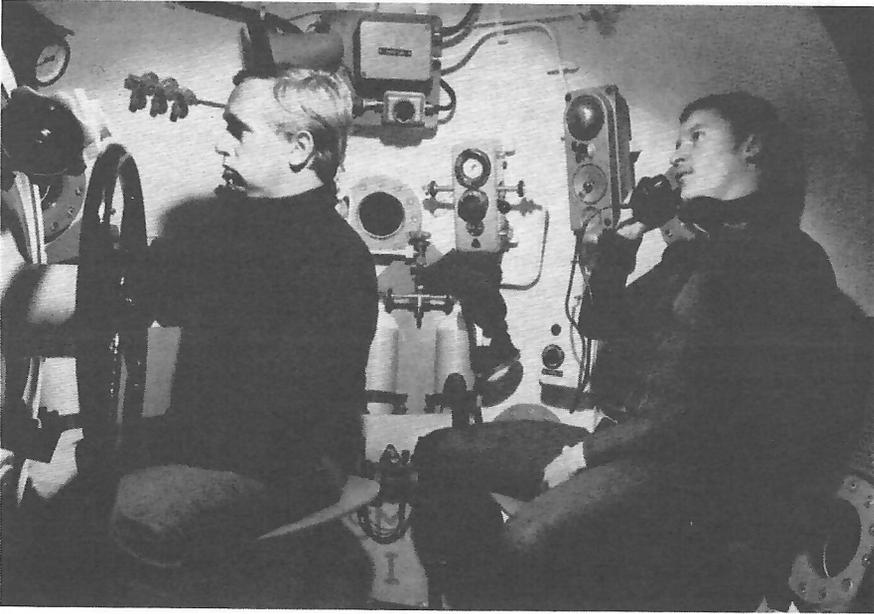


Bild 28 Tauchkammer mit Reservegasvorrat in kleinen Druckbehältern

28 261

4.5. Energieversorgung

Die Energieversorgung kompletter Tieftauchanlagen darf keinesfalls vernachlässigt werden, da der Energiebedarf sich nicht nur auf die Deckdekompressionskammer und die Tauchkammer beschränkt, sondern auch noch eine Reihe anderer wichtiger Verbraucher vorhanden ist. Bei einer Energiebedarfsberechnung sind folgende Gerätegruppen zu berücksichtigen:

Gasversorgung (extern)	Kompressoren Umfüllanlagen Gasreinigungsanlagen Meß- und Überwachungsgeräte
Windenanlage	Motoren der Winden Elektrische Konstantzueinrichtungen
Deckdekompressionskammer	Umwälzkompressoren (Gas) Umwälzpumpen (Wasser) Ventilatoren Heizung Beleuchtung (innen-außen) Meß- und Überwachungsgeräte Warmwasserbereiter Kommunikationseinrichtung Hydraulikanlage

Tauchkammer

- Ventilatoren
- Beleuchtung (innen-außen)
- Heizung
- Meß- und Überwachungsgeräte
- Warmwasserbereitung
- Umwälzpumpen (Wasser)
- Kommunikationseinrichtung
- Hydraulikanlage

Nicht in jedem Tieftauchsystem müssen alle diese Energieverbraucher vorkommen. In jedem Falle ist beim Einsatz jedoch ein hoher Gleichzeitigkeitsfaktor zu berücksichtigen.

Je nach Einsatzort wird die zur Verfügung stehende Energiequelle verschieden sein. Bei Landeinsätzen — z. B. an Staumauern — ist sogar eine Speisung aus dem öffentlichen Versorgungsnetz möglich. Auf Schiffen, Bohrinseln und Tauchpontons wird dagegen normalerweise der Dieselgenerator als Energiequelle in Betracht kommen.

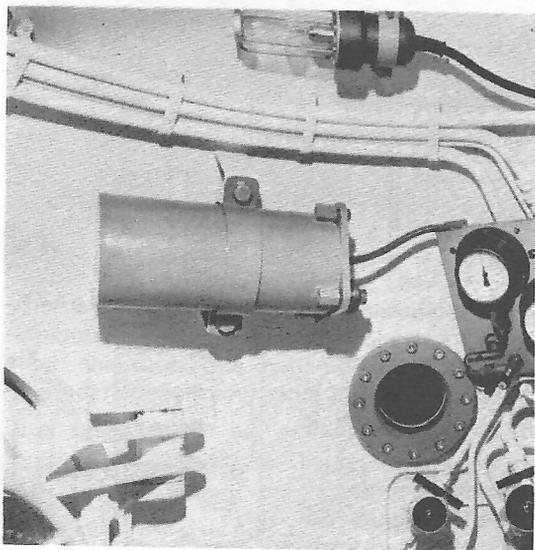


Bild 29
Nickel-Cadmium-Zellen in einem druckfesten Gehäuse zur Versorgung einer Tauchkammer

28 262

Da auch hier das in bezug auf die Gasversorgung in Verbindung mit der Tauchkammer Gesagte gilt, wird bei der Tauchkammerversorgung eine völlige Autonomie angestrebt. Werden die Anforderungen bezüglich des elektrischen Energiebedarfs auf ein Minimum reduziert, so ist die oberflächenunabhängige Versorgung heute schon möglich. Die in druckfesten Behältern untergebrachten Nickel-Cadmium-Zellen zeigen gute Ergebnisse an.

Das Bild 29 zeigt einen derartigen Energieblock für eine autonome Versorgung von ca. 4 Stunden für eine Tauchkammer.

Bei weiterer Vervollkommnung der Brennstoffzellen kann man mit deren Einführung in die elektrische Versorgung von Tauchkammern rechnen.

Stehen später kleine preiswerte Atomstrom-Erzeuger zur Verfügung, ist auch mit deren Einsatz zu rechnen.

4.6. Kommunikationseinrichtungen

In den Kapiteln über Dekompressionskammern, Tauchkammern und Tauchgerätezubehör wurden die einzelnen Kommunikationseinrichtungen ausführlich beschrieben. Der Einsatz bei einem Tieftauchsysteem erfordert das gegenseitige Anpassen dieser Geräte, um einen optimalen Erfolg des Einsatzes zu erreichen.

Dabei ist zwischen den Informationswegen zu unterscheiden:

Kontrollstand — Deckdekompressionskammer

DDC-Hauptkammer — DDC-Vorkammer

Kontrollstand — Tauchkammer

Tauchkammer — Taucher

Aus Sicherheitsgründen sind diese Informationswege durch verschiedene Übertragungssysteme verbunden. So werden beispielsweise für den Verkehr von der Tauchkammer zur DDC und umgekehrt oft Telefon, Lautsprecheranlage, Signalanlage und Telewriter nebeneinander benutzt. Der Telewriter ist ja auch dann noch einsetzbar, wenn die Stimme durch den Druck- und Heliumeinfluß so verstellt ist, daß sie fast unverständlich ist. Lärm in der Umgebung kann jedoch selbst eine druckknopfbetätigte Signalanlage nicht beeinflussen.

4.7. Überwachungseinrichtung für die Atmosphäre

Beim Einsatz von Tieftauchsysteemen kann man davon ausgehen, daß die Atemluft, die die Taucher atmen, sich in ihrer Zusammensetzung von der normalen Luftzusammensetzung unterscheidet. Atemphysiologische Gründe (s. Band I, Kapitel G) zwingen dazu, vor allem den Sauerstoff- und Stickstoffanteil im Atemgas zu reduzieren und als zusätzliches Inertgas beispielsweise das leichte Helium einzuführen. Dabei wird sich die Gaszusammensetzung bei gleicher Tauchtiefe auch dann noch unterscheiden, wenn die Expositionszeiten verschieden lang sind. So kann für kurzzeitige Einsätze (2—3 Stunden) ein Sauerstoffpartialdruck von 1,5 ata noch wünschenswert sein, der aber unter Sättigungskonditionen unbedingt auf 0,3—0,4 ata abgesenkt werden muß. Gerade diese niedrigen Sauerstoffpartialdrücke stellen aber an die Gasüberwachungseinrichtung extrem hohe Anforderungen. An 200 m Tauchtiefe bedeutet ein zulässiger Sauerstoffpartialdruckbereich von 0,3—0,4 ata, daß sich das verwendete Gasgemisch in seinem Sauerstoffgehalt nur um 1,42—1,90 % verändern darf.

Diese Grenzen verengen sich mit zunehmender Tauchtiefe immer mehr.

Unterschiedlich beurteilt werden muß auch, ob das Gesamtgassystem als offener, halbgeschlossener oder geschlossener Kreislauf betrieben wird. Völlig offene Systeme kommen nur dann in Betracht, wenn Tieftauchanlagen auf Lufttauchtiefen mit atmosphärischer Luft betrieben werden. Der halbgeschlossene Kreislauf kann dagegen in allen Tiefenbereichen für die Versorgung der Tauchgeräte verwendet werden.

Sind Tieftauchanlagen im Sättigungs-Tauchverfahren langfristig zu betreiben, so wird der geschlossene Gaskreislauf aus ökonomischen Gründen unumgänglich. Folgende Parameter sind bei Tieftauchanlagen zeitweise oder dauernd zu überwachen:

a) **Sauerstoffpartialdruck:** Meßbereich 0,15—2,5 ata

Bei der Sauerstoffüberwachung ist zu berücksichtigen, daß atemphysiologisch der Partialdruck und nicht der prozentuale Gehalt maßgebend ist. Wird mit den einschlägigen Meßgeräten die Gaszusammensetzung unter atmosphärischem Druck gemessen, muß rechnerisch der im Atemsystem herrschende Druck berücksichtigt werden. Selbstverständlich kann durch ein geeignetes System auch gleichzeitig der Druck aufgegeben werden, so daß sofort der Sauerstoffpartialdruck gemessen und registriert wird.

Für die Sauerstoffüberwachung ist eine Reihe von Meßgeräten erhältlich, deren Meßverfahren jedoch recht unterschiedlich sind. Werden die Geräte unter Druck eingesetzt, erfolgt die Anzeige direkt in Sauerstoffpartialdruck. Heute gibt es bereits handliche und kompakte Geräte, die ohne weiteres direkt in der Tauchkammer untergebracht werden können. Die Steuerung des Sauerstoffzusatzes kann manuell oder automatisch über ein Servo-Ventil erfolgen. Sauerstoff-Prüfröhrchen für die individuelle Gasüberwachung stehen nur für einen begrenzten Einsatzradius zur Verfügung.

b) **CO₂-Partialdruck:** Meßbereich 0—0,02 ata

Wie beim Sauerstoff ist auch beim CO₂ nicht der prozentuale Gehalt, sondern der Partialdruck für die atemphysiologische Beurteilung wichtig. Es ist davon auszugehen, daß der CO₂-Partialdruck so niedrig wie möglich zu halten ist. Ob dazu eine zentral an der Wasseroberfläche angeordnete Gasreinigungsanlage oder in den einzelnen Kammern angeordnete Absorptionseinheiten verwendet werden, ist dabei von untergeordneter Bedeutung. Die Messung des CO₂-Partialdruckes kann z. B. entweder kontinuierlich mit Ultrarot-Schreibern vorgenommen werden, oder es können diskontinuierliche Messungen mit Prüfröhrchen durchgeführt werden. Dabei ist zu bemerken, daß bei der kontinuierlichen CO₂-Messung als zusätzliche Sicherheit ständig die einfach zu bedienenden und vergleichsweise billigen Hand-Gasspürgeräte Verwendung finden sollten. Bei vielen Gelegenheiten hat es sich nämlich immer wieder gezeigt, daß bei einem Ausfall der elektrischen Meßeinheiten die Gasspürgeräte einen vollwertigen Ersatz darstellen.

Allerdings muß bei Messungen in der Kammer der jeweilige Umgebungsdruck berücksichtigt werden, um den prozentualen CO₂-Anteil in der Kammerluft festzustellen. Hat man eine Röhrchenanzeige von 0,3 % bei einem Kammerdruck von 3 ata, so bedeutet dies in entspannter Luft einen CO₂-Anteil von $0,3 : 3 = 0,1 \%$. In Partialdruck ausgedrückt braucht man den angegebenen Wert nur durch 100 zu dividieren und erhält direkt die Partialdruckangabe beim jeweiligen Umgebungsdruck; in diesem Beispiel also $0,3 : 100 = 0,003$ ata. Die Steuerung der CO₂-Absorptionseinheiten kann durch das Einschalten der Gebläse ebenfalls manuell oder automatisch erfolgen.

c) **CO; Kohlenwasserstoffe:** Meßbereich 0—50 ppm

Bei Tieftauchanlagen, die für Kurzzeit-Einsätze verwendet werden, kann meistens auf eine Überwachung der CO- und Kohlenwasserstoffanteile verzichtet werden. Bei Anlagen, die für das Sättigungstauchen verwendet werden, ist zumindest eine diskontinuierliche Überwachung angezeigt. Diese Messungen können wirtschaftlich mit Prüfröhrchen durchgeführt werden. Wie Untersuchungen ergeben haben, ist bei CO nicht der Partialdruck für die Giftigkeit, sondern der prozentuale Anteil im Atemgas von Bedeutung.

d) Temperatur: Meßbereich 20—40 °C

Bei Tieftaucheinsätzen wird der Taucher mit sehr kaltem Wasser konfrontiert, gegen dessen Einwirkung immer noch kein ausreichender Schutz gefunden wurde.

Erschwerend ist, daß bei der Verwendung von heliumreichen Gasgemischen die direkte Wärmeabfuhr aus dem Körper gegenüber der Verwendung von Luft vergrößert ist. Bekannt ist auch, daß die Behaglichkeitstemperatur deutlich höher liegt als in Luft atmosphärischer Zusammensetzung (32—34 °C). Deshalb muß die Temperatur in den verschiedenen Kammerräumen ständig überwacht werden.

Die Messung kann mit Quecksilberthermometern, besser aber mit elektrischen Temperaturmeßeinrichtungen erfolgen.

Über diese Geräte kann die Heizungseinrichtung gesteuert werden.

e) Feuchtigkeit: Meßbereich 50—100 % rel.

Für die Behaglichkeit einer Atmosphäre ist nicht zuletzt deren Wasserdampfgehalt mitbestimmend. Da in geschlossenen Räumen und insbesondere bei Tauchanlagen nie über zu trockene Atemluft geklagt wird, gilt das besondere Interesse der Entfernung von Wasserdampf aus dem Atemgas. Bekannt sind dabei Verfahren der chemischen Wasserbindung oder des Ausfällens von Wasser an Kühlflächen durch Kondensation.

Beide Verfahren lassen sich weitestgehend automatisieren. Gemessen wird die Feuchtigkeit mit Haarhygrometern, mit Lithiumchlorid-Fühlern oder mit Wasserdampf-Prüfröhrchen. Eine rel. Feuchte von 60—70 % wird erfahrungsgemäß bei den Tauchern gut aufgenommen.

4.8. Pneumatische Steueranlagen

Ausführliche Beschreibungen liegen hierüber in den Kapiteln „Tauchkammern“ und „Dekompressionskammern“ vor. Einen Gasschaltplan eines Tieftauchsystems zeigt das Bild 27. Bei vergleichsweise gleichen Bauelementen werden zusätzliche Armaturen benötigt, beispielsweise für den Aufbau des geschlossenen Großen Kreislaufes. Ventilsysteme für den Angleich der Drücke in den verschiedenen Kammerräumen sind ebenso erforderlich wie die Armaturen für den Druckausgleich im Anflanshsystem DDC—SDC.

4.9. Kompressoren und Umfüllpumpen

Die Herstellung der erforderlichen Druckluft, der verschiedenen Gasgemische und die Rückgewinnung der Atemgase erfordert den Einsatz von Kompressoren und Umfüllpumpen. Da es sich hier um reine Versorgungsgeräte handelt, werden diese ausführlich im einschlägigen Kapitel O behandelt.

4.10. Nabelschnur

Bei der Verwendung oberflächenabhängiger Tauchsysteme ist die Zuführung von Gas und Energie meist obligatorisch. Gleichfalls finden drahtgebundene Kommunikationssysteme Verwendung. Denkbar ist es, die erforderlichen Verbindungen als Einzelschläuche und Einzelleitungen darzustellen.

Eine einfache Überlegung zeigt aber recht schnell, daß diese Methode praktisch nicht durchführbar ist. Um ein entsprechendes Kabel- und Schlauchgewirr zu

vermeiden, hat man daher schon sehr bald Zuführungen zur Tauchkammer mit Schellen und Bindern zu einem kompakten Versorgungsstrang zusammengefaßt. Allerdings kann auch dieser Strang noch recht mangelhaft mit einer Winde aufgespult werden. Erheblich besser sind jedoch die Verhältnisse, wenn von vornherein alle erforderlichen Schläuche und Leitungen zu einem Gesamtverband zusammengefaßt und umspritzt werden. Wird bei der Herstellung darauf geachtet, daß dieser Verband eine entsprechende Zugentlastung (Stahlseilseele) bekommt und die elektrischen Leitungen wendelförmig eingelegt werden, so ergibt sich eine Nabelschnur, die auf entsprechende Winden gut aufgespult werden kann (siehe Bild 25).

4.11. Tauchgeräte

Tauchgeräte, die im Zusammenhang mit Tieftauchanlagen eingesetzt werden, sind im Band I (Kapitel D „Tieftauchgeräte“) beschrieben.

4.12. Atemgeräte für Tauchkammern

Da es nicht immer möglich ist, bei Tieftauchgängen die gesamte Tauchkammer mit dem atemphysiologisch richtigen Gasgemisch zu füllen, sind Atemeinrichtungen vorzusehen, die dem Einsatzleiter bzw. Hilfstaucher trotzdem einwandfreies Atmen gestatten. Für die Taucher selbst ist nur dann ein Gerätewechsel



Bild 30 Hilfstaucher mit Atemgerät FGA I

25 403 a

erforderlich, wenn längere Dekompressionszeiten in der Tauchkammer mit Sauerstoff-Helium-Gemischen durchgeführt werden. Die Tauchkammer-Atemeinrichtungen sind sehr leichte Atemgeräte, deren Gasversorgung grundsätzlich genau so sein kann, wie sie zur Versorgung der Tieftauchgeräte (siehe Kapitel D, Abschnitt 4, „Fertiggasgemisch-Zusatzversorgungen“) verwendet wird. Das Atemgerät Modell FGA I wird auf der Brust getragen und enthält in einem Gehäuse aus glasfaserverstärktem Kunststoff einen Atembeutel und eine

CO₂-Absorptionspatrone. Der Geräteträger ist an den Kreislauf über zwei Faltschläuche — entweder mit Mundstück oder mit einer leichten Vollsichtmaske — angeschlossen. Zum Anschluß an die Fremdgasversorgung ist am Gerätegehäuse ein kurzer Anschlußschlauch vorhanden.

Die Einsatzzeit ist durch die Kalkpatronenleistung auf ca. 4 Stunden begrenzt. Das sehr leichte Gerät wird auch gern von den Tauchern in der Tauchkammer bis zum Umstieg in die Deckdekompressionskammer benutzt.

5. Sonderanlagen

5.1. Capshell

Moderne Tieftauchanlagen bestehen fast immer aus einer Deckdekompressionskammer und einer Tauchkammer.

Daß dies jedoch nicht immer so sein muß, beweist eine Reihe völlig anders konzipierter Tieftauchanlagen. Eine Entwicklung der Fa. Shell, die sog. „Capshell“, verdient dabei besonderes Interesse.

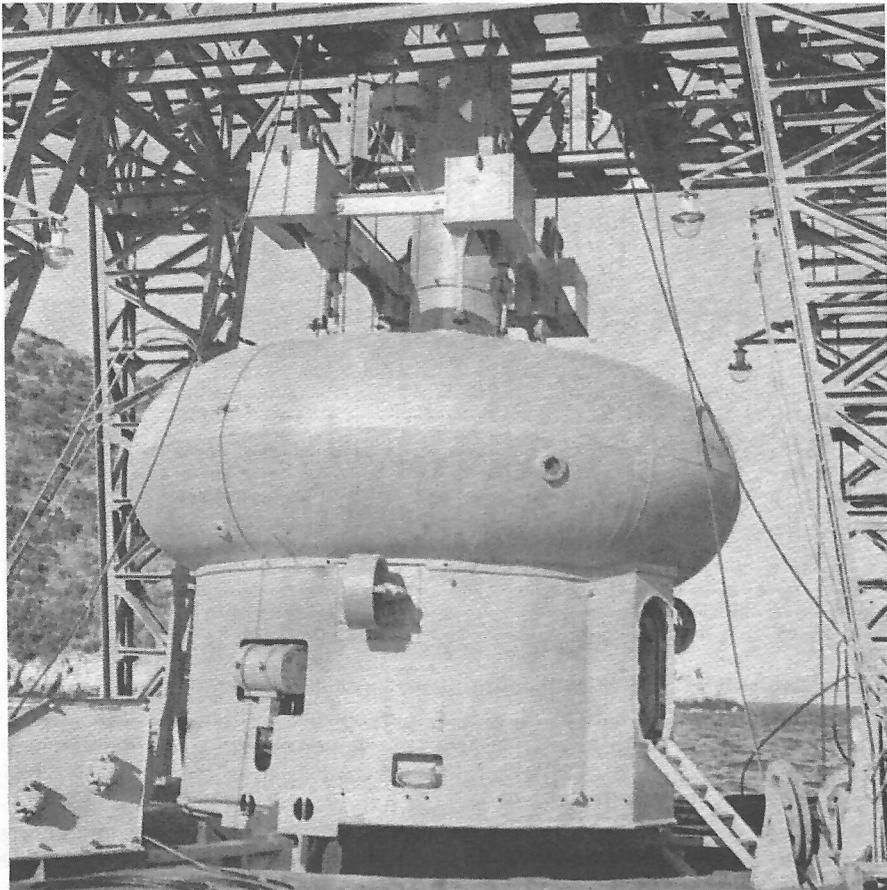


Bild 31 Tieftauchanlage „Capshell“ (Shell-Foto)

26515

Die Einordnung dieser Anlage ist nicht einfach, da eine Zuordnung zu Unterwasserfahrzeugen oder Unterwasserlabors ebenfalls möglich wäre. Da mit

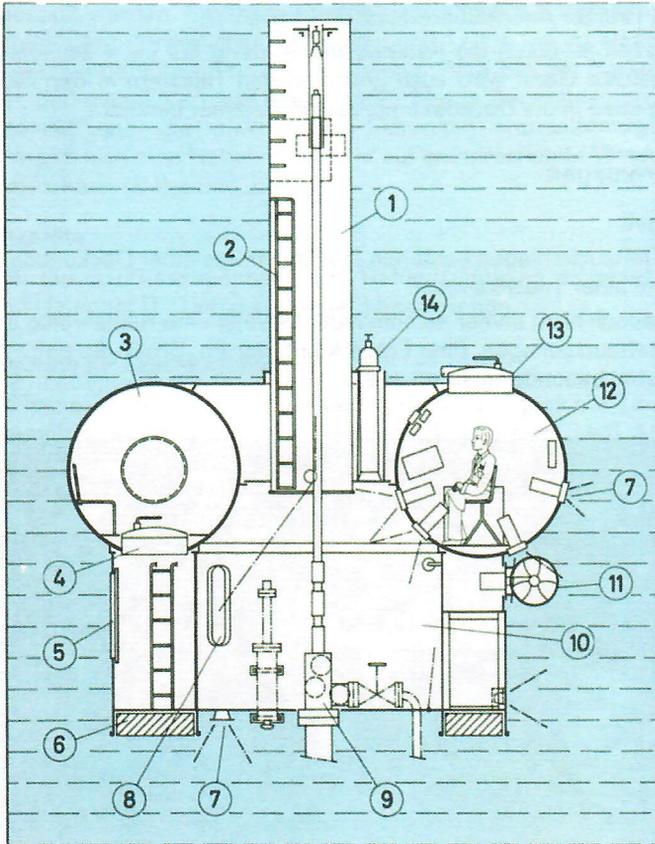


Bild 32 Vertikale Schnittzeichnung von der Tieftauchanlage „Capshell“

26.516a

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1 Schacht für Rohrgestänge | 8 Tür zum Caisson |
| 2 Leiter | 9 Bohranlage |
| 3 Druckkörper | 10 Caissonraum |
| 4 Ausstiegstür, unten | 11 Antrieb |
| 5 Ausstiegstür, Wasser | 12 Beobachtungsraum |
| 6 Fester Ballast | 13 Ausstiegstür, oben |
| 7 Außenlampen | 14 Gasvorrat |

dieser Anlage auch noch die charakteristischen Merkmale eines Caissons erfüllt werden können, wird die Zuordnung weiter erschwert. Geht man jedoch von den arbeitstechnischen Möglichkeiten aus, die mit dieser Anlage zu bewältigen sind, ist die Zuordnung zu dem Überbegriff „Tieftauchanlagen“ sicher nicht völlig falsch. Aus den Bildern 31, 32 und 33 geht hervor, daß es sich bei dieser Tieftauchanlage um einen kreisringförmigen Druckbehälter handelt, der in mehrere druckfeste Segmente aufgeteilt ist. Dieser Behälter setzt sich nach unten durch ein doppelwandiges, zylindrisches Gehäuse fort, dessen Innenraum den eigentlichen Arbeitsplatz für die Taucher darstellt. Dieser Innenraum mit einem

Durchmesser von ca. 3000 mm ist nach unten nur durch eine Grätting abgedeckt und somit flutbar. Er kann jedoch wie ein Caisson völlig gelenzt werden.

Nach oben setzt sich die Anlage mit einem turmartigen Aufbau fort, der beispielsweise Bohrgestänge aufnehmen kann.

Mit diesem Gerät, das mit Energie und Gas wie eine Tauchkammer von der Wasseroberfläche aus versorgt wird, können die gleichen Aufgaben gelöst werden, die sonst den üblichen Tieftauchanlagen zuzusprechen sind. Die Möglichkeit des „Eigenmanövrierens“ in alle Richtungen und das praktisch unbegrenzbare „Stehvermögen vor Ort“ erweitern darüber hinaus die Einsatzmöglichkeiten.

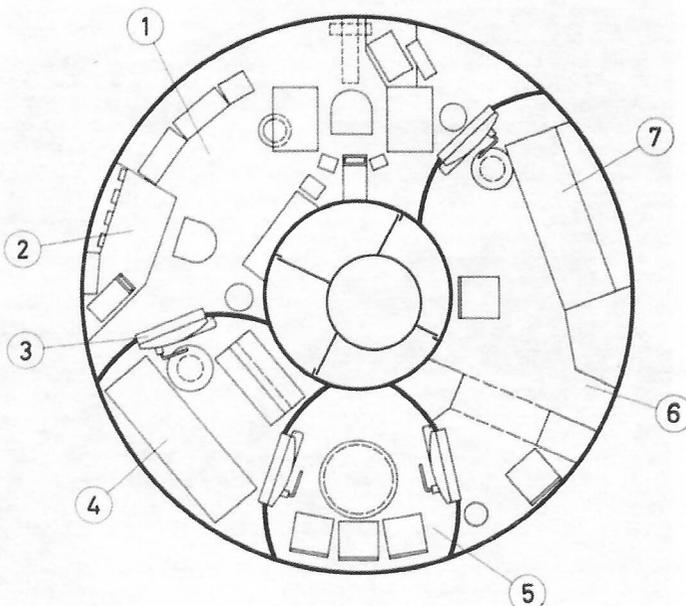
Hinzu kommt noch, daß mit dieser Anlage ohne weiteres Probebohrungen in großen Tiefen niedergebracht werden können und auch „trockene“ Unterwasserpipeline-Reparaturen durchführbar sind.

Der Druckkörper selbst ist so ausgelegt, daß gefahrlos Wassertiefen von über 200 m erreicht werden können.

Der Zentralraum mit allen erforderlichen Instrumenten für die Unterwassernavigation und Steuerung wird während des Tauchganges drucklos gefahren. Von hier aus werden auch die Tauchereinsätze geleitet und überwacht sowie das Regulieren der Gasversorgung, die Raumdrucküberwachung usw. vorgenommen. Durch ein Fernsehingsystem hat der Einsatzleiter einen Überblick über alle Räume. Für die Tauchermannschaft ist ein besonderer Aufenthaltsraum vorhanden, der unter jeden beliebigen Druck gesetzt werden kann und beispielsweise beim Sättigungstauchen auf dem „Normalniveau“ gehalten wird.

Bild 33
Horizontale
Schnittzeichnung
von der
Tieftauch-
anlage
„Capshell“

- 1 Überwachungs-
zentrale
- 2 Steuerpult
- 3 Durch-
stiegstür
- 4 Dekom-
pressions-
raum
- 5 Schleuse
zum
Caisson
- 6 Betten
- 7 Aufent-
haltsraum



26517 a

Ohne den Druckzustand im Aufenthaltsraum zu stören, können die Taucher über eine Schleuse entweder ins umgebende Wasser oder in den zentralen Caissonraum aussteigen. Eine besondere Dekompressionskammer, die zwischen der Schleuse und der Steuerzentrale angeordnet ist, ermöglicht jederzeit, De- oder Rekompansionen von Mannschaftsmitgliedern vorzunehmen.

Diese Anlage mit ihrer nahezu universellen Einsatzmöglichkeit kommt schon heute vielen Zukunftsvisionen sehr nahe. Sie ist bestimmt ein Vorläufer und ein gutes Beispiel für viele geplante große Unterwasserbohrplattformen, denen Stürme und raue See in Zukunft nichts mehr anhaben können.

5.2. Kombinierte Dekompressions- und Tauchkammer

Tieftauchtanlagen in der beschriebenen Form erfordern einen finanziellen Aufwand, der von kleineren Taucherfirmen oft nicht aufgebracht werden kann. Um auch diesen Firmen jedoch die Möglichkeit zu geben, ihre Einsatzmöglichkeiten auszubauen, wurden kombinierte Dekompressions- und Tauchkammern entwickelt, die bei etwas geringeren Ansprüchen an die Bequemlichkeit doch recht gute Dienste für kurzzeitige Tieftaucheinsätze leisten können. Für das Sättigungstauchen sind diese Anlagen jedoch nicht verwendbar, da ein längerer Aufenthalt für die Taucher in diesen Anlagen unzumutbar ist.

Grundprinzip dieses Systems ist, daß der Druckkörper so eingerichtet ist, daß er sowohl vollwertig als Tauchkammer und nach dem Tauchen auch als Dekompressionskammer Verwendung finden kann.

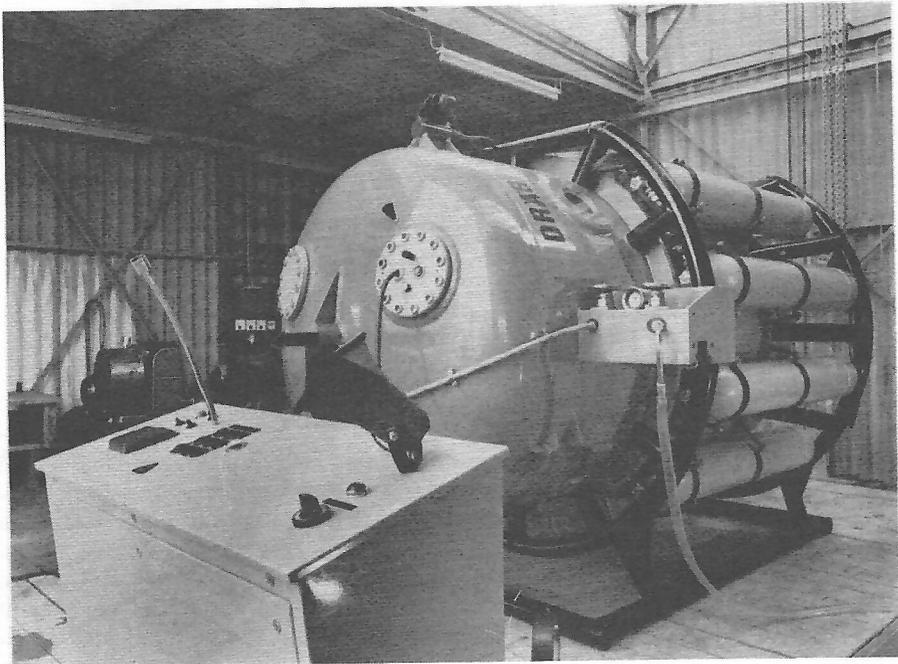


Bild 34 Kombinierte Dekompressions- und Tauchkammer Modell „Subcom“



Bild 35 Kombinierte Dekompressions- und Tauchkammer Modell „Subcom“ während der Dekompression von zwei Tauchern 26 980

Vorteilhaft findet als Druckbehälter ein zylindrischer Körper mit einem Durchmesser von 1,30 m und einer Länge von mindestens 2200 mm Verwendung. Für den Taucheinsatz ist dieser Behälter in einer senkrechten Position und kann nach dem Druckausgleich von den Tauchern durch den unteren Ausstieg verlassen werden. Wie das Bild 34 zeigt, ist der für das Tauchen erforderliche Gasvorrat am Umfang der Kammer in zylindrischen Flaschen gespeichert. Für die Überwachung an der Oberfläche ist ein kleines separates Schaltpult eingerichtet. An die Oberfläche zurückgekehrt, wird für längere Dekompressionszeiten die Kammer in eine vertikale Lage gebracht.

Der die Kammer umgebende Rohrrahmen ist so ausgelegt, daß er gleichzeitig als Standfuß zu benutzen ist.

Im Kammerinnern können jetzt zwei Liegebänke aufgeklappt werden, damit es sich die Taucher bequem machen können. Eine Versorgungsschleuse ermöglicht das Durchreichen kleinerer Gegenstände, und eine elektrische Heizung sorgt für eine angenehme Raumtemperatur.

Das kleine Kontrollschaltpult ermöglicht natürlich ebenfalls die Durchführung der Dekompression.

Um die Kammer ohne wesentliche Veränderung später zu einem vollwertigen Tieftauchsystem ausbauen zu können, ist von vornherein ein seitlicher Transferflansch am Druckkörper vorgesehen.