

fra Den Marine
E. W. Johannsen.

LIVSBETINGELSER

I DYKKERDRAGT
OG UNDERVANDSBAAD

af

E. W. Johannsen.



KØBENHAVN

SPUHRS BOGTRYKKERI, REGNEGADE 19

1932

Livsbetingelser i Dykkerdragt og Undervandsbaad.*)

Af

E. W. Johannsen.

Trods alle tekniske Fremskridt er Havets Dyb for en stor Del endnu uudforsket af Mennesket. Vor Livsform afviger saa meget fra Havdyrenes, at Fysiologien og Teknikken i Forening kun kan skænke os faa sammenhængende Arbejdstimer under Havets Overflade, og da tilmed udelukkende paa ringe Dybde. Uden Hjælp af Apparater kan et Menneske, der er trænet fra Barneaarene, naa til at dykke ned paa indtil 30 Meters Dybde, saaledes som det stadig praktiseres af indfødte Perlefiskere. Lungerne skal fyldes godt med Luft inden Neddykningen. Det er en farlig Virksomhed, og mange af den Slags Dykkere bukker da ogsaa tidligt under.

Allerede fra Oldtiden hører man om Forsøg paa at præstere et virkeligt Arbejde under Havets Overflade. Der benyttedes i Begyndelsen blot et Kar, der holdtes med Bund i Vejret fyldt med Luft over Dykkerens Hoved. Der kan ikke have været vundet meget herved. Indretningen nævnes allerede ca. 350 før Christi Fødsel af *Aristoteles*, der ogsaa omtaler Elefanten, hvis Snabel gør den egnet til saakaldt Rørdykker.

*) Efter Foredrag 1. Decbr. 1931 i »Det medicinske Selskab i København«.

Senere hører man fra Byzans om Dykning; det er dog først fra det 15. Aarhundrede, at der atter synes at være virkelig Interesse herfor. Det bliver da i Begyndelsen en Gentagelse af Oldtidens famlende Forsøg, men lidt efter lidt med mere System. Rørdykning, hvorved forstaas Dykning med et Rør fra Dykkerens Næse og Mund op til Luften giver selve *Leonardo da Vinci* Tegning til. Da imidlertid Vandtrykket allerede paa ca. $\frac{1}{2}$ Meter under Overfladen virker generende paa Indaandingen, og da Luftpumpen ikke kendtes, blev Methoden hurtigt opgivet. Bestræbelserne rettedes nu imod at gøre Karret over Hovedet større, og allerede i 1535 kunde *di Lorena* sende en Dykker 22 Meter ned til Bunden af Nemisøen efter *Caligula's* berømte Galajer. Der kom dog ingen Resultater ud deraf.

I 1691 sænkede *Halley* en stor Luftbeholder, en Slags Dykkerklokke, ned i Vandet og lod Dykkere gaa ud herfra med Luftledninger. Paa dette Tidspunkt forfærdigedes Dykkerdragterne af Læder. Trods alle Mangler var man omkring 1716 naaet til at kunne holde en Dykker under Vandet i ca. 1 Time.

I 1788 indførte *Smeaton* Luftpumpen, og hermed skete der et stort Fremskridt. Den i vor Tid mest brugte Dykkerdragt er angivet af Englænderen *Augustus Siebe*. Dragten blev allerede konstrueret i 1819, men trods nye Finesser og Forbedringer er der ikke rokket ved selve Princippet.

I sidste Fjerdedel af forrige Aarhundrede begyndte man at konstruere Dykkerdragter uden Luftforbindelse med Omverdenen. Dykkeren kan i saadanne Dragter gaa frit om paa Havbunden, idet han er forsynet med en Iltflaske og en saakaldt Kalipatron til Absorption af den udskilte Kulsyre og Vanddamp; vi skal senere komme ind paa en nærmere Omtale af disse Dragter.

Medens Forsøgene paa at lade Mennesker enkeltvis arbejde under Havets Overflade — med Afbrydelser — spænder over Aartusinder, er Forsøgene paa at fremstille Undervandsbaade af forholdsvis ny Dato. I det 17. Aarhundrede konstruerede Hollænderen *van Debbel* en Robaad, der kunde

sænkes. I 1771—1775 fremstillede Amerikaneren *David Buschnell* en veritabel haanddreven Undervandsbaad; den fik dog ikke nogen Betydning. I 1863 paabegyndtes store Forsøgsrækker i Frankrig; de faldt dog heller ikke heldige ud, væsentlig paa Grund af Vanskeligheder med de frem-

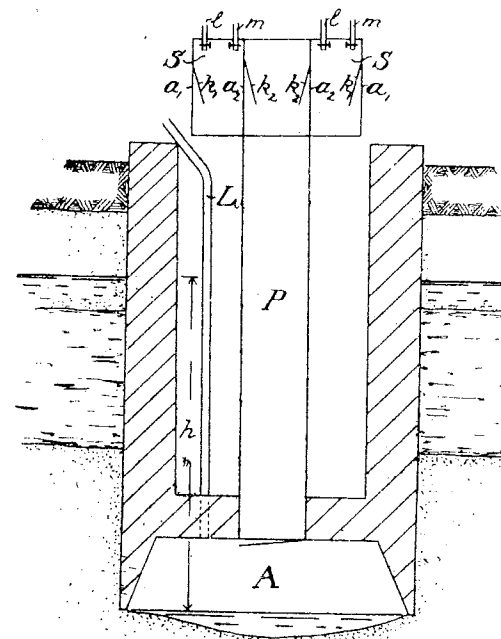


Fig. 1. Sænkebrønd med Trykluft.

A Arbejds-kamret, L Tryklufsledning, P Passagerøret, S Luftsluser, a_1 Aabninger til fri Luft, a_2 Aabninger til Passagerøret, k_1 og k_2 Lemme til at aabne indad, l Tryklufsledningen til Luftsluserne, m Udblæsningsrør fra samme.

drivende Kræfter under Vand. Da man imidlertid ca. 1880 fik fremstillet en anvendelig Akkumulator, tog Fremskridtene Fart, og lidt efter lidt er man naaet til de nuværende Typer. De største af disse har en Vægt paa henved 3000 Tons.

I den sidste Tid har undersøisk Arbejde faaet forøget Interesse og Betydning; der hentes i større Stil Værdier op fra sunkne Skibe, og der anlægges flere dybe Havnebassiner,

undersøiske Tunneller eller Bropiller, hvortil det saakaldte Caissonarbejde, eller Arbejde i Forsænkingskasser, Sænkebrønde, med en Trykforøgelse af den derværende Luft svarende til det udvendige Vandtryk, er nødvendigt. Opholdet i disse Kasser er meget nær som Ophold i en stor Dykkerdragt. Indretningen forstaas bedst ved Betragtningen af Fig. 1, der stammer fra *J. Munch-Petersen* og *G. Schönwelter*; Fundering; paa Billedet er Brønden sænket et Stykke ned i Grunden. Hvad endelig Undervandsbaade angaar, da spiller disse i de ankelte Mariner — jævnsides med Flyverne — en stadig stigende Rolle.

For at kunne anskueliggøre de Livsbetingelser, der bydes et Menneske under Havets Overflade, bliver det nødvendigt at give en kort Fremstilling af Indretningen af Dykkerdragter og Undervandsbaade.

Dykkerdragten bestaar af Hjelm og den egentlige Dragt; denne er fremstillet af en ubrudt, meget stærk Gummi og Lærredsklædning, der kun er aaben ved Halsen og ved Haandleddene, hvor den af Hensyn til Paa- og Aftagen bestaar af ren Gummi. Der, hvor Hjelmen skal paasættes, er der en Krave af Gummi, som i Forbindelse med en Messingpakring danner Tætning mellem selve Dragten og Hjelmen. Det er af Grunde, som senere skal omtales, vigtigt, at Hjelms haarde Kant er godt afpolstret mod Kroppen. Ved kortvarige Dykninger paa lavt, tempereret Vand kan Dykkeren nøjes med en fastsiddende Hjelm alene.

Hjelmen, der almindeligvis er af Kobber, har i Væggen 3 gitterbeskyttede Glas, af hvilke det midterste, som er lige foran Ansigtet, kan aabnes. Luften føres ind foroven i Midtlinjen bagtil gennem en Ventil, der aabner sig, naar det ydre Tryk bliver lidt større end det indre. Ved Ulykkestilfælde, hvorved Luftslangen afrives eller beskadiges, vil Ventilen da hindre, at Hjelms Indre fyldes helt med Vand. Fra Ventilen gaar Luften gennem Hjelmen i 3 Kanaler, der udmunder skraat fortil ved Dykkerens Pande. Denne Aftæring er indført for at undgaa, at en Luftstrøm skal ramme Dykkerens Nakke, hvilket, særlig naar Luften er kold, kan være

meget generende. Luften gaar ud igen gennem 1 eller 2 højt-siddende Ventiler. Disse Afgangsventiler holdes lukkede af Vandtrykket og af en lille Spiralfjeder, hvis Spænding paa det nærmeste svarer til Forskellen mellem Vandtrykket paa Hjelmen og paa Dykkerens Bryst, naar han er i oprejst Stilling.

Inden dette Arrangement var truffet, klagede Dykkerne meget ofte over Aandedrætsbesvær under Arbejde i oprejst Stilling. Det er jo — som allerede nævnt under Omtalen af Rørdykning — en kendt Sag, at selv et ringe Overtryk paa Brystkassen gør Inspirationen besværlig; man mærker det saaledes tydeligt, hvis man under Badning staar oprejst med Vand over Brystkassen til Munden. Nu er dette Besvær blevet mindre for Dykkerne; der er nu Luft længere nede i Dragten, og da Trykket i Luften om Dykkeren er lig med Vandtrykket ved Luftens nederste Grænse i Dragten, bliver den indaandede Lufts Tryk meget nær det samme som det udvendige Tryk paa Brystkassen. Ved at skrue paa en Bøsning kan Dykkeren selv ændre Udstrømningsarealet og saaledes regulere Afgangen af Luft og efter Behag derigennem gøre sig lettere eller tungere under Vandet. Holdes Afgangsventilerne nedad, kan der trænge Vand ind gennem dem. Tidligere kunde Ventilerne aabnes indefra ved Tryk med Hovedet; Bevidstløshed med paafølgende Fald med Hovedet nedad kunde da foranledige Dykkerens Drukning.

Normalt skal der være Luft baade i Hjelmen og i det overste af selve Dragten. Hjelmen er ueftergivelig, medens Dragten følger Trykforandringerne; iagttager man en Dykker under Vand, vil man se, at Luftudposningen i Dragten følger Aandedrættet; den formindskes under Inspirationen og forøges under Expirationen.

I Frankrig bruges en Del en af *Denayrouze* konstrueret Hjelm, hvori Udaandingsluften fra Dykkeren føres direkte bort uden at blive blandet med den tilstrømmende Luft.

Dykkerens Støvler indeholder Bly; desuden anbringes der Blyplader paa hans Bryst og Ryg eller under Skridtet. Er Dykkeren klar til at gaa ned, vejer hans Dragt m. m. ca. 74 Kg.

Til Arbejde i koldt Vand anvendes Handsker; forøvrigt er Dykkerens Dragt saa rummelig, at han kan have flere Sæt Undertøj paa. Dykkere fryser let paa Benene; dette er forårsaget ved, at det højere Tryk paa de nederste Legemsdele besværliggør Blodcirculationen. Da Dykkere, der arbejder paa store Dybder, af Hensyn til Dekompressionen ofte maa være under Vand i flere Timer, har man under saadanne Forhold anbragt en lille Gummipose saaledes i Dragten, at der kan kvitteres Urin heri.

Luftforsyningen sker ved en Luftpumpe med Trykmaaler eller ved Trykluftflasker. Luftslangerne bestaar af Gummi og Lærred samt en Staalspiral, der hindrer Sammentrykning.

I de senere Aar har man konstrueret Dragter, der er saa stærke, at det indvendige Tryk kan holdes nede paa 1 Atmosfære selv ved Dykning paa store Dybder. Man har saaledes haft en Dykker nede paa over 200 Meters Dybde og har herfra kunnet bringe ham op igen paa ca. 4 Minutter. Dragterne bruges dog kun lidt, da deres svære Konstruktion — man kalder saaledes Dykkeren i dem Panserdykker — i høj Grad indskrænker Muligheden for kvalificeret Arbejdsydelse. Dykkeren kan saaledes ikke bruge Hænderne direkte i Vandet, men maa udføre sit Arbejde ved Træk i Tænger.

Under et Besøg, Kommandørkaptajn *Wolfhagen* og jeg aflagde paa Drägerwerk i Lübeck i September 1931, fik vi Lejlighed til at se de nævnte Dragter uden Luftforbindelse med Omverdenen.

Der er i disse paa Ryggen to store Iltflasker med en Fællesventil, der sidder godt beskyttet foran en Skærm bag en Kalipatron. Fællesventilen er en Reduktionsventil, der reguleres af Vandtrykket, saaledes at den altid afgiver Luft, der har samme Tryk som det omgivende Vands. Dragtens Luftvolumen holdes herved konstant saavel under skiftende Tryk paa Vej ned og op som under Arbejde paa den givne Dybde.

Cirkulationen gennem Kalipatronen kommer i Gang, ved at den indstrømmende Ilt passerer Patronens Afgangsrør, hvorfra Luften da suges; Tilledningsrøret til Kalipatronen naar op til Dykkerens Næse og Mund.

Skal Dykkeren længere ned end ca. 15 Meter, erstattes den ene Iltflaske med en Trykluftflaske.

Foran paa Dragten findes en mindre Iltflaske, hvis Ventil Dykkeren selv kan stille paa. Ved Hjælp af denne og Afgangsventiler i Hjelmen kan han gøre sig tungere eller lettere.

Den medbragte Iltmængde maales inden Nedgangen, og Tidsrummet for Dykningen begrænses oppefra. Ved eventuelle Utætheder kan Dykkeren høre Udstrømningen af Luft. Skal Dykkeren gaa ned, gør han straks et Ophold paa ca. 1 Meters Dybde, saa Hjælperne kan se, om Dragten fra første Færd er intakt.

I disse Dragter kan Dykkeren bevæge sig meget frit; han kan staa paa Hovedet og rulle sig rundt. Dragterne er udførligt beskrevne i *H. Stelzners* meget lærerige Bog »Taucher-technik«. Forfatteren, der er teknisk Direktør for Drägerwerk, har været mig behjælpelig med mange Spørgsmaal vedrørende Dykning.

Til enhver Dykkers Hjelm eller Ryg er der altid fæstet en solid Line, den saakaldte Livline. I den frie Ende holdes denne af en Mand paa Dykkerskibet. Denne Mand, Lineholderen, har intet andet at gøre end at følge Dykkerens Bevægelser og gennem Signaler staa i Forbindelse med ham. Er Dykkeren ude af Stand til at hjælpe sig selv, kan han om ønskeligt altid hales op ved Livlinen.

De første Meter gaar Dykkeren gerne ned ad en Lejder, eller han sænkes ned i en saakaldt »Stol«; fra disse fører da et Tov ned til det Sted, hvor han skal arbejde.

Naar nu en Dykker gaar ned, stiger Trykket om ham meget nær 1 Atmosfære for hver 10 Meter, han kommer ned i Vandet. Da Luft er let sammentrykkelig i Modsætning til Vand, der kun kan sammenpresses ganske ubetydeligt, vilde al Luften om Dykkeren efterhaanden blive presset ind i Hjelmen, med mindre Lufttrykket ad anden Vej bringes til at stige; dette sidste opnaas ved forøget Lufttilførsel gennem Slangerne.

Der kræves en stor og stadig stigende Arbejdsydelse fra

Luftpumpen, medens Dykkeren gaar ned, idet Luften skal pumpes mod et stadig stigende Tryk og tilmed skal Mængden af den Luft, der pumpes ned, stige proportionalt med Trykket. Ved 2 Atmosfæres Tryk f. Eks. er jo en vis Mængde atmosfærisk Luft presset sammen til Halvdelen af sit oprindelige Rumfang, jævnfør Boyles Lov.

Virksomheden ved Pumperne er ikke indviklet; der skal stadig afgaa en Luftstrøm fra Dykkeren. *Haldane* har angivet, at en Dykker skal have 42,5 Liter Luft i Minuttet for hver Atmosfæres Tryk; paa 20 Meters Dybde skal han altsaa have 127,5 Liter pr. Minut. Herhjemme giver vi 50 Liter pr. Minut for hver Atmosfæres Tryk eller 5 Liter for hver Meter, Dykkeren gaar ned i Vandet; dette bliver altsaa noget mere. For Caissonarbejdere beregner man noget mindre end for Dykkere; thi disse Arbejdere har til Stadighed et større Luftreservoir, nemlig paa ca. 3—4 m³ pr. Mand. Trykluft fra Trykluftflasker synes at faa mere og mere Anvendelse som Luftkilde. I koldt Vand kan Luften om Dykkeren blive taaget, og i Frost kan der dannes Is i Slangerne.

Naar en Dykker skal til at stige ned, lurer der straks en Fare, nemlig den, der ligger i fra en ganske ringe Dybde at styrte ned paa Bunden. Falder f. Eks. en Dykker fra Havets Overflade ned til ca. 10 Meters Dybde, vil Trykket om ham pludselig blive dobbelt saa stort, og Luften i Dragten blive presset sammen til det halve Rumfang. Dykkeren vil herved blive trykket ind imod den ueftergivelige Hjelme, hvori der opstaar et relativt Undertryk, og han kan blive frygtelig læderet af Kanten. Selv ved mindre Trykdifferenser kan der opstaa et Sygdomsbillede, der skyldes Stase i det lille Kredsløb samt i Halsens og Hovedets Vener. *Bornstein* og *Stigler* har ved Forsøg, tildels paa dem selv, fastslaaet, at et Menneske kun taaler indtil 50 mm Kvægsølv Undertryk i Trachea og tilmed kun denne Grænse i 20 Sekunder.

Symptomerne paa denne »Trykdifferenssyge« er Aandesnød med forhøjet Respirationsfrekvens og stærkt besværet Inspiration; der kommer Øresusen og Exophthalmus med Fornemmelse af, at Øjnene sprænges ud af Hovedet. Huden

paa Hoved og Hals er cyanotisk og hævet. Bevidstløshed kan hurtigt indtræde; der kommer let Blødninger under Conjunctivae eller længere inde i Øjet; Leverdæmpningen forstørres. Mange Dykkere har været ude for lettere Sygdomstilfælde af denne Art med paafølgende og af og til vedvarende Hovedpine og Svimmelhed.

Ved store Trykdifferenser dræbes Dykkeren øjeblikkelig; man har ved et enkelt Tilfælde fundet Tarme oppe i Hjelmen.

Sker det omtalte Fald paa større Dybder, f. Eks. fra 30 Meter til 40, vil Sammenpresningen af Luften blive langt mindre end ved Fald fra Overfladen til 10 Meter, og Virkningen som Regel derfor ganske ubetydelig.

Naar Dykkeren er kommet ned til det Sted, hvor det ønskede Arbejde skal udføres, er der meget, han skal have Opmærksomheden henvendt paa; er han uøvet, kan han under Arbejdet komme i mange farefulde Situationer; det er saaledes forholdsvis ofte sket, at han med sin Kniv er kommet til at skære Hul i Dykkerdragten, der derefter fyldes med Vand. I tropiske Farvande er Angreb fra Hajer og navnlig fra Blæksprutter ikke noget ufarligt Kapitel.

Dykkeren arbejder ofte i foroverbøjet Stilling, hvilket hans ringe Vægt paa Havbunden ikke gør saa ubekvem, som man skulde formode; rent bortset fra, at Strøm i Vandet ofte tvinger ham til at indtage en Skraastilling for ikke at blive væltet om eller ført med Strømmen. Det kræver en Del Øvelse og Erfaring at arbejde saadan, thi overdrives Stillingen, trænger Luften længere ned i Dragten; Benene vippes da let fra Bunden, Afgangsventilerne kommer da nedad, Dragten pustes yderligere op, og Dykkeren skydes hjælpeløst i Vejret med Sædet efter Benene øverst; en Begivenhed, der ikke er nogen sjælden Afslutning paa en Begynders første Forsøg paa at arbejde paa Havbunden. Sker dette Uheld paa ringe Dybde, er den uden synderlig Risiko for Dykkeren; men indtræder Begivenheden paa stor Dybde, der der overhængende Fare paa Færde; Dragten kan da sprænges og Dykkeren trækkes ned til Bunden igen.

For at afværge Ulykkens Indtræden har man gjort Gummimanchetterne paa Dragten saa eftergivelige, at Luften kan undvige mellem dem og Haandleddene, inden Dragten sprænges. *Haldane* lod Benenes Beklædning snøre ind, saaledes at ingen Luft kan trænge ud om Benene. I de nyeste Dragter har man indført en Sikkerhedsventil. I Dykkerdragter uden Luftslange er der faktisk ingen Fare for denne Ulykke.

Inden vi gaar over til nærmere at omtale Dykkerens Livsbetingelser under Neddækning, vil det være hensigtsmæssigt ganske kort at nævne de fysiologiske Forhold, der kan faa Betydning.

Som bekendt bestaar den atmosfæriske Luft af ca. 20,9% Ilt, ca. 79% Kvælstof og ca. 0,03% Kulsyre samt ubetydelige Mængder af Argon, Brint, Krypton, Neon og Xenon; desuden er der Vanddamp i varierende Mængde. I dette Milieu trækker et raskt, voksent Menneske i Ro Vejret ca. 16 Gange i Minuttet med et Aandedrætsvolumen paa knebent 500 cm³. Respirationsfrekvensen stiger ved Arbejde samt ved forhøjet ydre Temperatur og forhøjet Legemstemperatur, men er uafhængig af Luftens Tryk.

Da det skadelige Rum under rolig Respiration andrager ca. 140 cm³, vil dette sige, at der ved et almindeligt Aandedrætsvolumen kun kan være Tale om Udnyttelse af ca. 300 cm³ atmosfærisk Luft. Imidlertid kan Lungerne arbejde med ganske anderledes Luftmængder. Fra Middelstillingen for et almindeligt Aandedrætsvolumen, den vitale Middelstilling, kan der indaandes ca. 2000 cm³, den saakaldte Komplementluft, og udaandes en tilsvarende Mængde, den saakaldte Reserverluft. Komplementluften og Reserverluften sammenlagt kaldes Vitalkapaciteten, der angiver det største Aandedrætsvolumen, et Menneske kan præstere, og som andrager ca. 4 Liter; det er ofte større endnu. Den Luftmængde, der svarer til den vitale Middelstilling, kalder Middelkapaciteten. Efter en stærk Udaanding vil der altid være nogen Luft igen i Lungerne, den saakaldte Residualluft, der andrager ca. 1 Liter. Selv paa udtagne Lunger kan man ikke fjerne al

Luft, der bliver altid en ringe Mængde igen, den saakaldte Minimalluft. Forholdene forstaas nemmest ved Betragtning af Fig. 2, der stammer fra *Holger Møllgaard*: Fysiologisk Lungekirurgi.

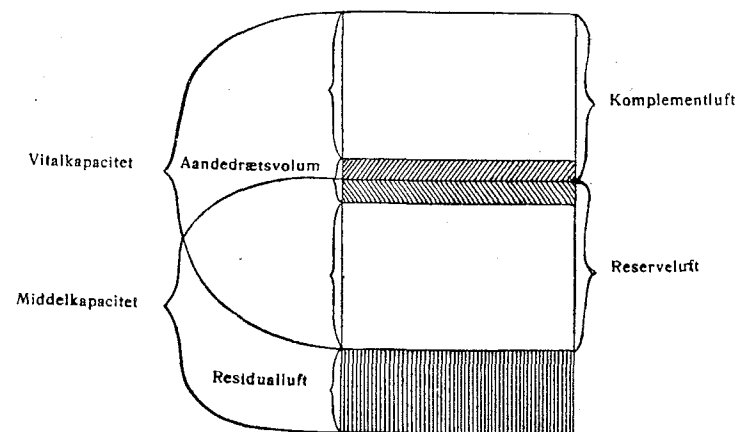


Fig. 2. Lungernes respiratoriske Volumenændringer.

Under legemligt Arbejde forøges Middelkapaciteten; bliver Arbejdet meget stærkt, formindskes Vitalkapaciteten. Under Anstrengelser aander man altsaa med mere fyldte Lunger end ellers; der opnaas herved, at Lungernes Overflade bliver større og Modstanden i det lille Kredsløb mindre. Ved yderste legemlige Anspændelse bevæges der af Aandedrætsmusklerne mellem 12 og 18 Gange saa meget Luft som i Hvile; disse Tal skal jeg senere komme tilbage til.

Forholdet mellem Varigheden af Inspiration og Expiration er meget nær $\frac{2}{3}$; ved Anstrengelse nærmer Brøken sig 1.

Inspiration foregaar med et Tryk paa 50 mm Kvægsølv, det kan stige til 140—150. De tilsvarende Tal for Expirationen er 76 og 108—256.

Et Menneske i Hvile bruger 0,3—0,5 Liter Ilt i Minuttet, ved middel Arbejdsydelse 1,3 Liter og ved yderste Anstrengelse ca. 3 Liter.

De tilsvarende Tal for Udskillelse af Kulsyre er noget mindre. Forholdet mellem Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen, den respiratoriske Kvotient, er ca. 0,8—0,9. Den varierer, idet den ikke er ens ved de forskellige Næringsmidlers Forbrænding, for Kulhydrater er den 1.

Expirationsluften, der iøvrigt er mættet med Vanddamp, indeholder mellem 4 og 5 Procent Kulsyre, hvilket er noget mindre end Luften i Alveolerne, der indeholder 5—6%.

For en Dykker er der 2 afgørende Forhold, der kræver Interesse, nemlig Luftens Sammensætning og Luftens Tryk; det skal dog straks præciseres, at Iltforbrug og Kulsyreudskillelse er uafhængige af Tryk. Der kan selvfølgelig ved den Omstændighed, at Respiration i Trykluft kræver større Arbejde af Respirationsmusklerne komme en forøget Omsætning, men dette har intet med direkte Trykvirkning at gøre.

Naar Luften underkastes Trykforøgelse, vil dens enkelte Bestanddeles Partialtryk forøges relativt ligemeget. Sammenpresses saaledes atmosfærisk Luft til 2 Atmosfæres Tryk, vil dens enkelte Luftarters Partialtryk fordobles. Naar nu Forholdet er dette, at ca. 10% Ilt ved 1 Atmosfæres Tryk er tilstrækkelig til, at en Mand heri vil kunne bevare sin Arbejdsevne, vil ca. 5% være tilstrækkelig ved 2 Atmosfæres Tryk; det er derfor indlysende, at Faren for Iltmangel for en Dykker er yderst minimal, tilmed naar erindres, at 6 à 7% i 1 Atmosfæres Tryk kan slaa til i nogen Tid som den yderste Grænse. Jo længere ned en Dykker gaar, desto mere Ilt faar han til sin Raadighed. Hele Spørgsmaalet om Iltmangel vil forøvrigt blive omtalt ved Gennemgangen af Livsbetingelserne i Undervandsbaade, hvor det i høj Grad er aktuelt.

Da en Dykker imidlertid kan faa for meget Ilt, skal vi se lidt nærmere paa dette Spørgsmaal. Man kan i ubegrænset Tid opholde sig i Luft paa 1 Atmosfæres Tryk med indtil ca. 60% Ilt. I ren Ilt med 1 Atmosfæres Tryk kan man uden Skade trække Vejret i flere Timer, uden at der efter *Brüning* kan paavises Ændringer i Blodtryk, Puls eller Respirationens frekvens; *Haldane* angiver dog, at Hjertets Minut-

volumen bliver mindre. Stiger Ilttrykket over 1 Atmosfære, bør Opholdstiden efterhaanden formindskes; i 2 Atmosfæres Tryk maa et Menneske kun respirere i ca. $\frac{1}{4}$ Time; stiger Trykket yderligere, maa Tiden begrænses mere; i 3 Atmosfæres Tryk kan man i Følge *Bornstein* opholde sig i ca. $\frac{1}{2}$ Time, i 6 Atmosfærer ca. 10 Minutter og i 10 à 11 Atmosfærer knebent 5 Minutter.

Overskrides disse Grænser, vil der hurtigt indtræde forskellige sygelige Tilstande, der karakteriseres ved subjektiv Støj med Hamren i Ørene, krampagtig Sitren af Øjenlaag, lette Kramper i Kæber og Halsmuskler, Spytfloed, Aandenød og universelle Kramper. Inden og endda under Udviklingen af disse Symptomer er det ikke sjældent, at Patienten bliver oprømt, og at der udvikler sig en Tilstand, der minder om almindelig Beruselse. Tilstanden giver ofte støjende Udslag eller anden mærkelig Opførsel, der hurtigt opdages af opmærksomme Hjælpere. Overstaas den sygelige Tilstand, kan der senere udvikles Lungebetændelse, der skyldes en Beskadigelse, en Slags Ætsning af Lungevævet.

Bornstein har udført Forsøg med at lade Dyr respirere i ren Ilt under Tryk. I Begyndelsen var Mængden af den udskilte Kulsyre konstant, men dalede i Løbet af 2 à 3 Timer til ca. 50%. Hertefter fik Dyrene Kramper og Aandenød, hvorefter de afgik ved Døden. *Bornstein* opfattede en Overgang Iltforgiftning som en Kvælning, hvilken Formodning ogsaa støttedes ved den Omstændighed, at han, ligesom andre Undersøgere, ved Sektion af Dyrene fandt rigeligt Exsudat i Lungealveolerne og stærk Hyperæmi af disse. Forklaringen kan dog ikke løse Spørgsmaalet; thi ved meget høje Ilttryk kommer de sygelige Tilstande hos Dyrene inden de patologiske Forandringer i Lungevævet. Professor *Krogh*, hvem jeg saavel som Professor *Fridericia* er Takskyldig for forskellige Oplysninger, har henledt min Opmærksomhed paa, at lungeløse Dyr kan blive iltforgiftede. Der er saaledes Grunde til at antage, at Iltforgiftning skyldes en forøget Absorption i Blodet af Ilt. Da der ved et Ilttryk som i Atmosfæren, altsaa ved 159 mm Kvægsølv,

allerede er sket en Iltbinding i Hæmoglobinet paa henvend 99% af den Mængde, der overhovedet kan bindes, maa den forøgede Absorption af Ilt hovedsagelig foregaa udenom Hæmoglobinet. Forholdet mellem Mængden af bunden Ilt og fri Ilt i arterielt Blod opgives af *Haldane* ved 0^o og 1 Atmosfæres Tryk at være:

17,4

0,24

Ved Trykforøgelse er det praktisk talt kun Brøkens Nævner, der stiger.

Det er selvfølgelig ikke blot ren Ilt, der rummer en Fare; overskrider Iltens Partialtryk i en Luftblanding de nævnte Værdier og Tiderne for disse, indtræder de tilsvarende Sygdomsbilleder. Atmosfærisk Luft taales saaledes kun til ca. 9 Atmosfæres Tryk eller 80 Meters Dybde og da tilmed kun ca. 1 Time. Ved større Tryk maa Iltprocenten formindskes. I f. Eks. 16 Atmosfæres Tryk eller 150 Meters Dybde taales saaledes kun lidt over 12% Ilt. Ved Dykning paa store Dybder kan Atmosfæren da ikke bruges som Luftkilde. Det almindeligste er da at fortynde Ilten ved Tilledning af Kvælstof. Et arbejdende Menneske bliver lettere ilftorgiftet end et passivt.

For en Dykker rummer Udsigten til at blive kulsyreforgiftet den største Fare; dette er først fremhævet af *Haldane* og synes nu indlysende under Hensyn til de gældende Regler for komprimerede Luftarter, der for Kulsyren kan udtrykkes saaledes: Giftvirkningen er ligefrem proportional med den Mængde, der findes i Rummet, reduceret til 1 Atmosfæres Tryk.

Ved 2 Atmosfæres Tryk skal der være under 2,75% Kulsyre

» 4	»	»	»	»	»	»	1,37%	»
» 8	»	»	»	»	»	»	0,7 %	»

Kulsyreprocenten i Alveolerne skal ved 1 Atmosfæres Tryk ligge mellem 4 og 6; kommer den herover, hvilket en

Overskridelse af de lige nævnte Tal vil medføre, indtræder Forgiftningssymptomer før eller senere. Kort resumeret kan man sige: Kulsyretrykket i Dykkerhelmen skal være mindre end Kulsyretrykket i Lungealveolerne.

Allerede ved 3% eller indenfor Grænserne 2—5% Kulsyre plejer der hos en Del Mennesker at komme Hædbefindende med Vejrhivninger, Brækninger, Sløvhed, Mathed og Hovedpine samt større Kulsyreudskillelse end ellers. Respirationen bliver dybere, Frekvensen stiger let, fra ca. 16 til 20. Middelkapaciteten stiger betydeligt, men Vitalkapaciteten forbliver uforandret. Generne svinder ofte, naar Dykkeren holder op med at arbejde. I stærkere Grader indtræder Besvimelse; da enhver Arbejdsydelse herved standses og Kulsyreudskillelsen følgelig mindskes, vender Bevidstheden ofte tilbage uden Forholdsregler af nogen Art.

Ildebefindende hos en Dykker er næsten altid Kulsyreforgiftning; Symptomerne vil hurtigt svinde, hvis han standser al Arbejdsydelse og lader sig hale nogle Meter op i Vandet; herved formindskes Kulsyreudskillelse og Tryk paa een Gang.

Ved Ilten og ved Kulsyren har vi specifik Virkning og Trykvirkning i Relation til hinanden, ved det indifferente Kvælstof møder vi kun Følger af Tryk.

Naar et Menneske udsættes for et højere Lufttryk end det sædvanlige, vil hans Væv optage mere Kvælstof og blive ved hermed, til der er Ligevægt mellem Kvælstoffet i ham og om ham. Dette vil selvfølgelig tage nogen Tid. Kvælstoffet skal optages i Blodet i Lungerne og herfra føres rundt til de forskellige Væv og Organer. Den Hurtighed, hvormed disse oplades, er foruden af Trykforskellen ogsaa afhængig af Mængden af det Blod, der strømmer igennem dem, altsaa af Hjertets Minutvolumen og Vascularisationen, samt af deres Absorptionsevne overfor Kvælstof. Hvad Gennemstrømningen af Blod angaar, maa vi skelne mellem den normale og den, der skyldes en forbigaaende Arbejdshyperæmi.

Naar nu Trykket falder, er det af Betydning, at Organismen hurtigt kan afgive en Del af sit Overskud af Kvæls-

stof; i modsat Fald vil der kunne dannes Bobler. At Cirkulationshastigheden er af stor Betydning for Udligningen af Forskelle i Tryk ses blandt andet af det Forhold, at smaa Dyr taaler større Trykfald end store. *Quincke* har paavist, at Mus og Rotter, der er blevet mættede med Kvælstof ved 4 à 5 Atmosfæres Tryk, taaler et Trykfald til 1 Atmosfæres Tryk paa mindre end 1 Minut; Mus noget bedre end Rotter. Det er, som vi skal se, andre Tal end for Mennesket.

Ved en Række omhyggelige Undersøgelser over Stoffers og Organers Absorption af Kvælstof fandt *Quincke*, ligesom andre Undersøgere som *Vernon*, at Fedt og Lipoider kan optage mest Kvælstof, Absorptionen sker langsomt og Afgivelsen atter langsomt. Han bestemte nogle Absorptionskoefficienter ved 15° og fandt for destilleret Vand 0,73—1,2, for Cerebrospinalvædske 0,63—0,97, for Ascitesvædske 0,8—0,98, for Ledvædske ca. 0,2, for Serum ca. 0,7 og for Fedt og Lipoider 2,5—5,4.

Mange Forfattere angiver, at der altid efter ca. 4 Timers Forløb vil være Ligevægt mellem et Menneskes Kvælstofmængde og Omgivelsernes. Denne Tidsangivelse maa dog vist tages med Forbehold. Ved Caissonarbejde i Tyskland har *van Thienen* saaledes set flere Sygdomstilfælde blandt Arbejdere, der har arbejdet i Overtrykket over 4 Timer end under 4 Timer; han sætter Tidsgrænsen til 8 Timer. At 4 Timer ikke er nok, stemmer med, at man har set Dykkere blive syge indtil 6 Timer efter Trykfald.

Haldane sætter som vi senere skal se Grænsen til ca. 5 Timer.

I et stærkt arbejdende Menneske optages Kvælstof hurtigere end i et passivt. Kvælstofoptagelsen begunstiges ogsaa af Stigning af Temperatur og af Størrelsen af absolut Fugtighed. Man har yderligere gjort den Iagttagelse, at Tilstedeværelsen af Kulsyre i den indaandede Luft, selv i saa smaa Mængder, at der ikke mærkes nogen subjektiv Giftvirkning, fremmer Optagelsen af Kvælstof; dette beror muligvis blot paa forøget Aandedrætsvirksomhed.

Man har saa ofte sammenlignet en Dykker, der har væ-

ret nede i nogen Tid med en Flaske Sodavand; der er dog mellem Vand og Væsvædskerne den Forskel, at disse sidste paa Grund af Æggehvideholdigheden optager og afgiver Luftarter langsommere, yderligere hæmmer Proteinstofferne Dannelsen af Bobler.

Ved Nedstigningen mærker mange Dykkere Smerter i Trommehinderne, idet Trykket paa disses indvendige Sider ikke stiger saa hurtigt som paa de udvendige. Gøres der Synkebevægelser, vil Luften nemmere trænge gennem det Eustachiske Rør, udligne den generende Trykforskel og bringe Smerterne til Ophør. Hjælper Synkningen ikke, kan Dykkeren presse Næse og Mund op mod Hjælmen og lige frem trykke Luft op i Svælget. Øresmerter maa ikke ignoreres; de kan være Forløbere for en Bristning af Trommehinden, der altid let vil indtræde, naar det Eustachiske Rør er tilstoppet. Det er almindeligvis kun Begyndere, der generes af Øresmerter, og da de øvede Dykkere yderst sjældent faar Rupturer, maa man enten regne med, at Trommehinden kan trænes, eller at Passagen gennem Tuba Eustachii efterhaanden bliver lettere. Under Opstigning er det kun faa, der klager over Øresmerter.

Faar en Dykker nok Luft, er det kun et Spørgsmaal, om Trommehinderne, hvor hurtigt, han kan gaa ned. Har han intet Arbejde at præstere under Nedgangen, skal denne foregaa hurtigt for at undgaa den unødvendige Opladning med Kvælstof, som en langsom Nedstigning nødvendigvis maa foranledige.

For Arbejdere, der udfører deres Gerning i nedsænkede Kasser, Sluser eller Caissons med Overtryk, vil Forholdene stille sig analogt med Dykkernes; der vil gælde de samme Regler for Overgang til højt Tryk, Arbejde i saadant og Tilbagevenden til naturlige Forhold.

Ved Arbejde paa ringe Dybde vil en Dykker ikke direkte fornemme Trykforøgelsen, men han skal dog ikke langt ned, før han mærker den forøgede Tæthed af Luften; fra 15 Meters Dybde kan der ikke fløjtes. Efterhaanden som han kommer længere og længere ned, bliver Stemmen mere grø-

det, og fra ca. 120 Meters Dybde eller ca. 13 Atmosfærers Tryk er al Taleevne praktisk talt ophævet. Aandedrætsmusklernes Arbejde øges betydeligt, ved at Luften bliver tung; allerede paa 70 Meters Dybde føler Dykkeren Luften som Vædske og aabner uvilkaarligt Munden for at lette Pasagen.

40 Meters Dybde eller 5 Atmosfærers Tryk er den største Dybde, hvor et Menneske kan præstere et betydeligt Arbejde.

90 Meter er den yderste Grænse, hvor en Dykker i tilledt atmosfærisk Luft kan præstere et let Arbejde i 1 à 2 Timer.

Kommer man ned paa større Dybder, kan Arbejdsydelsen kun blive ganske minimal. Som tidligere omtalt kan man paa 120 Meters Dybde kun opholde sig i tilledt atmosfærisk Luft i faa Minutter; skal der overhovedet være Mulighed for nogen Arbejdsydelse, maa Iltmængden formindskes.

17 Atmosfærers Tryk, svarende til 160 Meters Dybde, er, saavidt jeg ved, det højeste Tryk, man har haft Mennesker i. Luften indeholdt da 12% Ilt. Det er umuligt at arbejde under saadant Tryk; alle Tanker og al Energi rettes mod Vejrtrækningen, der foregaar under den yderste Anspændelse med vidt aaben Mund; man er her naaet til et Maximum. Det er i Begyndelsen nævnt, at et Menneske ved den stærkeste legemlige Anspændelse befordrer pr. Minut 14—18 Gange saa meget Luft som i Hvile. Ved Trykket paa 17 Atmosfærer befordres ca. 17 Gange saa meget Luft som i Hvile under normale Forhold, og Aandedrættet kan ikke yderligere belastes.

Naar nu en Dykker har afsluttet sit Arbejde og skal op igen, møder der ham en ny Fare, nemlig den der bestaar i Muligheden for at faa Dykkersyge, der som vi senere skal se kan være en meget alvorlig Sygdom. Alt kan være klarét, og saa lurer den.

Det afgørende er, om Dykkeren kan undgaa Dannelsen af Kvælstofbobler i Vævene. De Væv, der indeholder mest Kvælstof, altsaa de fedtholdigste som f. Eks. det subcutane

Fedtlag og den hvide Substans i Centralnervesystemet vil være mest udsatte. En daarlig Karforsyning maa ogsaa disponere til Dannelsen af Bobler, da Kvælstoffet ved en saadan kun kan skaffes langsomt bort.

I Følge *Haldane* gælder den Regel, at et Menneske, der er mættet med Kvælstof, vil kunne taale, at det hertil svarende Tryk pludselig formindskes til noget under Halvdelen, uden at der opstaar Kvælstofbobler. Et Menneske kan saaledes gaa fra indtil 13 Meters Dybde eller 2,3 Atmosfærers absolut Tryk til 1 Atmosfære uden at løbe nogen Risiko for at blive syg. 13 Meters Dybde vilde saaledes kunne være den theoretiske Grænse mellem almindelig, forholdsvis ufarlig Dykning og Dybvandsdykning. For at være paa den sikre Side nøjes man med at lade et Trykfald paa 50% være tilladeligt.

En Dybvandsdykker skal gaa langsomt op; han skal dog ikke hele Tiden gaa langsomt, men tage saa store Spring, som han kan taale; thi en stor Trykdifferens mellem Vævene og Luftens Kvælstof vil fremme Udligningen. Denne Opgang i Spring, eller »den trinvis Dekompression«, som den kaldes, er indført af *Haldane*; de til Grund liggende Overvejelser og Beregninger var følgende:

For hver Atmosfæres Overtryk optager 100 Gram Blod 0,82 ccm Kvælstof. Legemets øvrige Bestanddele har paa 2 Undtagelser nær lignende Absorptionskoefficienter. Kalkforbindelserne i Knoglerne andrager ca. 3% efter Vægt; disse Forbindelser optager ikke Kvælstof. Efter Vægt er i et normalt Menneske ca. 15% Fedtstoffer; disse optager pr. Vægtenhed ca. 6 Gange saa meget Kvælstof som Blodet. Heraf kan udregnes, at et Menneske paa ca. 70 kg optager ca. 1 Liter Kvælstof for hvert Atmosfæres Overtryk. Blodets Vægt regnes til ca. 6,5% af Legemsvægten. Af disse Størrelser kan udregnes, at der under Mætning vil være ca. 26 Gange saa meget Kvælstof i Vævene som i Blodet. Havde Fedtstofferne ikke forøget Absorptionsevne overfor Kvælstof, vilde Forholdet mellem Kvælstofmængden udenfor og i Blodet være $\frac{100}{6,5}$; nu sætter imidlertid Fedtets store Absorptionsevne — med Fradrag for de 3% Kalkforbindelser

uden Absorption — Vævenes Absorptionsevne ca. 70% op, saa Forholdet bliver $\frac{170}{6,5}$, hvilket meget nær er 26.

Vævene mættes gennem Blodet; ved første Cirkulation af Blodmassen modtager de, efter at Legemet er blevet udsat for højt Tryk $\frac{1}{26}$ af den Kvælstofmængde, der svarer til Mætning ved det givne ydre Overtryk. Ved anden Cirkulation modtager de $\frac{1}{26}$ af det, der nu mangler i Mætning, nemlig $\frac{1}{26} \cdot \frac{25}{26}$, ved tredje $\frac{1}{26} \cdot (\frac{25}{26})^2$ o. s. v. Mætningens Fremadskriden forløber efter en logarithmisk Kurve. Regnes Tallene igennem, faas, at 20 Cirkulationer giver $\frac{1}{2}$ Mætning, 40 giver $\frac{3}{4}$ og 60 giver $\frac{7}{8}$ og saaledes fremdeles.

Da Haldane ansætter Hjertets Minutvolumen til ca. det dobbelte af Blodmassen, kan man paa Kurvens Abscisseakse for hver 2 Cirkulationer af Blodmassen sætte 1 Minut; der kommer saaledes $\frac{1}{2}$ Mætning af Vævene efter 10 Minutter, $\frac{3}{4}$ efter 20 Minutter o. s. v.

Disse Beregninger tager ikke Hensyn til Uensartetheden i Kredsløbet og Forskelligheden imellem Absorptionshastighederne i de enkelte Væv.

Ved Eksperimenter paa Geder fandt Haldane imidlertid, at Overtryk paa 3 Timers Varighed fuldstændig mætter de Væv, der mættes langsomt; efter 45 Minutter er disse Væv halvt mættede. Da Stofskiftet pr. Kilogram var ca. 66% større for Gederne end for Mennesket, maatte de tilsvarende Mætningstider for Mennesket blive henholdsvis ca. 5 Timer og 75 Minutter. Disse Værdier er højere end de, der blev beregnede for den gennemsnitlige Optagelse i Vævene, hvilket man paa Forhaand maatte vente. Med de fundne Tal kan der tegnes en Kurve for Absorptionen i de langsomt absorberende Væv; Kurvens Forløb vil i Princippet være som den først beregnedes. Lader man paa Abscisseaksen 75 Minutter svare til 10 Minutter paa den første Kurves Abscisseakse, bliver de langsomt mættende Vævs Kurve identisk med den oprindelige.

Kurven ses paa Figur 3, saaledes som den er gengivet i Haldane: Respiration. Ligningen for Kurven bliver

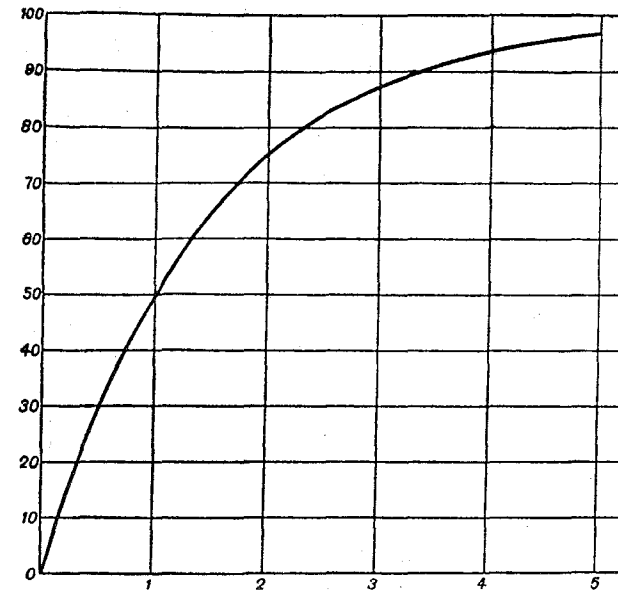


Fig. 3. Mætningens Fremadskriden, Tallene paa Ordinataksen angiver Mætningsprocenter; Tallene paa Abscisseaksen Multipla af Tid til halv Mætning.

$y = k \cdot k_1^x$, hvor Konstanterne altsaa henholdsvis er $\frac{1}{26}$ og $\frac{25}{26}$.

Det er indlysende, at en Kurve for Afgivelse af Kvælstof vil være som en for Optagelse, forudsat at de fysiologiske Betingelser ikke ændres, og der ikke opstaar Kvælstofbobler i Vævene. Efter et Trykfald vil der straks komme stor Kvælstofudskillelse og efterhaanden mindre og mindre.

Princippet i den Haldane'ske trinvis Dekompression er da saa ofte som muligt at udsætte Dykkeren for et Trykfald paa 50%; som Støtte brugte han herunder den beregnede Kurve for de Væv, der afgiver Kvælstof langsomt.

Antager vi saaledes, at en Dykker er mættet med Kvælstof paa 50 Meters Dybde eller ved 6 Atmosfærers absolut Tryk, kan han straks hales op til det halve Tryk eller til

20 Meters Dybde. Paa dette Sted skal han være saa længe til Trykket i ham er gaaet ned til det dobbelte af det Tryk, der findes paa det næste Opholdssted, som vi kan antage er paa 18 Meters Dybde. Her er Trykket 2,8 Atmosfærer, og da det dobbelte er 5,6, skal Dykkeren blive paa de 20 Meters Dybde til Trykket i ham er dalet fra 6 Atmosfærer til 5,6 eller formindsket med ca. 13% af Faldet til 3 Atmosfærers Tryk. Efter Kurven naas en saadan Formindskelse paa ca. 18 Minutter, hvilket altsaa bliver det Tidsrum, Dykkeren skal opholdes i paa 20 Meters Dybde. De næste Trin beregnes paa samme Maade. I Praksis gør man Opholdene længere og indskyder ofte et Trin før det første nødvendige.

Man maa være klar over, at selv en Dykker, der er dekompimeret lege artis har Kvælstofovertryk indtil ca. 5 Timer, efter han er kommet op. Dette kan komme til at faa Betydning, hvis han indenfor dette Tidsrum dykker ned igen. For at undgaa Dykkersyge, skal han, naar han stiger op for anden Gang ved første Halvdel af Opstigningen udelukkende dekomprimeres under Hensyntagen til Tid og Dybde fra sidste Dykning, men ved anden Halvdel af Dekompressionen skal ved Udregningen Tiderne for de 2 Dykninger adderes.

Den *Haldane'ske* Dekompressionsmethode er efterhaanden blevet anerkendt de fleste Steder som den bedste; ved korrekt Anvendelse har man hidtil kun set ganske faa og lette Sygdomstilfælde.

Tidligere dekomprimerede man paa den Maade, at man lod Trykket uafbrudt dale langsomt. *Haldane* har — ogsaa efter Forsøg paa Geder — karakteriseret denne Methode som unødvendig langsom i Begyndelsen og farlig hurtig mod Afslutningen.

Det er et ubetinget Krav, at den langsomste Dekompression skal komme til sidst; talrige Erfaringer har vist, at det kan blive skæbnesvangert at være efterladende her.

Paa Drägerwerk har man til Vejledning fremstillet grafiske Uddykningstabeller, der tydeligt illustrerer Principerne for Dekompression. I Marinen bruger vi Løjtnant

Rostock-Jensens Tabeller, der ogsaa er anvendte paa en af Dykkeren *K. M. A. Pedersen* konstrueret forskydelig Tabel, der er meget nem at anvende paa Søen.

Følgende Tabeller er nogle Prøver fra *Rostock-Jensens*: Vejledning i Dykning.

Dybde i Meter	Tid under Vandet, d v s. fra Overfladen til Opstignings Begynd.	Ophold i Minutter paa forskellige Dybder [m]							Totaltid
		21	18	15	12	9	6	3	
0—10	Ingen Grænse								
10—13	Indtil 3 Timer Over 3 —							5	1—1½ M. 6 —
13—14	Indtil 1 Time 1—3 Timer Over 3 —							5 10	1½ Min 6½ — 11½ —
16—18	Indtil 20 Minutter 20—45 — 45 Min.—1½ Timer 1½—2 — 2—3 — Over 3 —							5 10 10 5 10	2 Min. 7 — 12 — 16 — 22 — 32 —
28	1 t 00 m—1 t 12 m 1 t 12 m—1 t 20 m 1 t 20 m—1 t 30 m 1 t 30 m—1 t 44 m 1 t 44 m—2 t 00 m 2 t 00 m—2 t 14 m 2 t 14 m—2 t 30 m 2 t 30 m—2 t 44 m 2 t 44 m—3 t 14 m Over 3 t 14 m					5	10	20	37 m 42 m 47 m 52 m 57 m 1 t 02 m 1 t 07 m 1 t 12 m 1 t 22 m 1 t 32 m
51	0 t 16 m—0 t 23 m 0 t 23 m—0 t 30 m 0 t 30 m—0 t 40 m 0 t 40 m—0 t 50 m 0 t 50 m—1 t 00 m 1 t 00 m—1 t 15 m 1 t 15 m—1 t 30 m 1 t 30 m—1 t 40 m 1 t 40 m—1 t 55 m Over 1 t 55 m			2	4	8	11	15	43 m 56 m 1 t 11 m 1 t 20 m 1 t 41 m 2 t 03 m 2 t 23 m 2 t 43 m 3 t 03 m 3 t 23 m

Paa Tabellerne er der under Totaltiderne for Opstigning udover Tidsrummene for Opholdene adderet nogle faa Minutter; disse svarer paa det nærmeste til Opstigningstiderne udover Pauserne.

Under de enkelte Ophold skal Dykkeren bevæge sig; han

skal udføre let Arbejde, idet han i særlig Grad skal bevæge de Legemsdele, der har været brugte under Dykkerarbejdet. Bevægelserne skal dog foregaa forsigtigt, da Stød vil kunne fremme Opstaaelsen af Bobler. Det skal bemærkes, at *Halzdane* mener, at Dannelsen af enkelte Bobler ikke spiller nogen Rolle; *Quincke* er dog af den Anskuelse, at een kan forårsage Dannelsen af flere. *Bornstein* har refereret, at i Følge Erfaringer fra Tunnelanlæggene under Elben var Bevægelser umiddelbart efter Trykfald til stor Nytte.

Efter kortvarige Dykninger kan det fraraades at arbejde ved første Hvilested; der kan herved opstaa Mulighed for Optagelse af mere Kvælstof.

Medens det under Neddykningen var meget vigtigt af Hensyn til Faren for Kulsyreforgiftning, at der var rigelig Tilgang af Luft, behøver dette ikke at være Tilfældet under Opstigningen; det dalende Tryk formindsker Muligheden for Kulsyreforgiftning. Da tilmed Kulsyre fremmer Udskillelsen af Kvælstof, lader man ofte den opstigende Dykker nøjes med mindre ny Luft end strengt nødvendigt.

Af andre Stoffer, der fremmer Kvælstofudskillelsen, skal først og fremmest Ilt nævnes. Brint Helium, Argon og Methan skal ogsaa være virksomme.

Det er navnlig *Bornstein*, der har interesseret sig for Iltens Anvendelse. Efter hans Erfaring skal man tildele Ilten, inden Dekompressionen begynder, og bruge den højeste Iltspænding, Dykkeren kan taale. Der skal herved udskilles betydelige Kvælstofmængder, saaledes at Dekompressionstiden skal kunne nedsættes væsentlig.

Damant har omtalt et stort Dykkerarbejde, hvor der efter hans Mening ikke opstod Tilfælde af Dykkersyge, da man brugte Ilt som Led i Dekompressionen af Dykkerne.

Brint skal kunne anvendes helt i Stedet for Kvælstof og endda være bedre, da det ikke absorberes, men Dannelsen af Knaldgas er dog vist nok til helt at udelukke Anvendelsen af dette Stof; der er ofte elektriske Indlæg i Dykkerdragten. Prisen paa Helium er vist alene nok til at begrænse Anvendelsen til Amerika, hvor det er blevet lanceret. Om Argon kan jeg ikke give Oplysninger.

Methan har allerede været indført af v. *Schrötter* i 1909; han brugte Dykkerdragter med 2 Staalbeholdere, en med Methan og en med Ilt; desuden var der atmosfærisk Luft i Hjelmen. Staalbeholderne havde en Fællesventil, der kunde indstilles saaledes, at den ved højt Tryk tillod mindre Ilt og mere Methan at strømme ud — og omvendt ved lavt Tryk.

Der kan altid udvikle sig Situationer, hvor en Dykker, der har været i Funktion i længere Tid, maa hales op uden Hensyn til Dekompressionsreglerne, f. Eks. ved Storm. I saa Fald er Ulykken ikke stor, hvis der til Raadighed for Dykkeren findes et saakaldt Dekompressionskammer. Herved forstaas et lufttæt Kammer eller Rum, der kan holde til et indvendigt Overtryk paa flere Atmosfærer.

Ventilerne i Kamret kan betjenes indefra og udefra. Naar nu Dykkeren er kommet for raskt op, bringes han hurtigst muligt, helst sammen med en Læge, ind i Kamret, hvor Trykket da sættes op til ca. Halvdelen af det maximale Tryk; Dykkeren har været udsat for. Jo senere Dekompressionen iværksættes, jo højere Tryk skal man bruge for at faa stoppet en eventuel begyndende Blæredannelse. Det kan anbefales at give Ilt i Dekompressionskamret, Massage og varmt Bad, hvis der er Plads. Som Rettesnor for Tryknedsættelsen i Kamret kan bruges de samme Tabeller som til Ophaling af Dykkere. Dykkeren afklædes inde i Kamret, hvor der findes tørt Tøj og de nødvendigeste Medicamina som f. Eks. stimulerende Midler. Der skal være Plads nok, til at kunstigt Aandedræt kan iværksættes.

For at blive fri for den besværlige Dekompression i Vandet har den engelske Marine indført Dekompressionskamre, der kan sænkes ned i Vandet. Man gaar da frem paa den Maade, at Kamret sænkes ned til det første Opholdssted; her kravler Dykkeren ind i det, hvor han modtages af en Mand, der hjælper ham af Tøjet. Kamret hales om Bord, og Skibet kan sejle, hvorhen det ønskes, medens Dykkerens videre Dekompression foregaar om Bord under betydelig behageligere Former end i Vandet.

Som primitive Kamre har man anvendt en Slags stærke Sække eller forsynet Dykkerdragten med Net, saaledes at den afstives saa meget, at den kan taale et indvendigt Overtryk. I Undervandsbaade kan Torpedorummene bruges.

Naar en Dykker ikke retter sig efter Reglerne for Opstilling, risikerer han at blive alvorlig syg. De sygelige Tilstande, der kan opstaa paa Grund af for hurtigt dalende Tryk, sammenfattes almindeligvis under Navnet »Dykker-syge«; det korrekte Navn vilde være »Trykfaldssyge«. Det, der fremkalder de brogede Sygdomsbilleder, er Dannelsen af Luftbobler i Væv og Vævsvædske. Man ser derfor af og til Betegnelsen »Aëræmi« brugt, eller da over 80% af Luftblæernes Indhold er Kvælstof »Azothæmi«.

Sygdommen opstaar ikke altid lige efter det causale Trykfald; det er meget almindeligt, at der gaar mellem $\frac{1}{4}$ og 1 Time, inden Dykkeren bliver syg; 2 à 3 Timers Mellemrum er ikke sjældent; Tidsrum paa indtil 6 Timer er, som nævnt, iagttaget.

De mest godartede Tilfælde viser sig som prikkende Smerter over hele Kroppen, ofte med føleligt Hudemfysem; de skyldes Dannelsen af Luftblærer i Fedtvævet.

Den hyppigste Form af Dykkersyge, der efter *Keays* skal være det dominerende Billede ved ca. 90% af Sygdomstilfældene, er de saakaldte »bends« og »screws«. Der er her voldsomme Smerter i Lemmerne, navnlig i eller om Leddene. Patienten bøjer sig sammen, vælter og vrider sig om paa Underlaget. Lidelsen kan være eensidig eller dobbeltsidig. Det er i overvejende Grad Underekstremiteterne, der angribes, og blandt Leddene da fortrinsvis Knæled og Fodled. *Quincke* forklarer dette, ved at disse Led er længere fra Hjertet end Overekstremiteternes.

Objektivt findes Nerverne at være ømme og Senereflexerne forhøjede, de angrebne Partier er hævede og af og til knitrende.

Lette Tilfælde svinder paa faa Timer, selv uden Behandling. De sværere Tilfælde fortager sig som Regel efter 1

eller 2 Uger; der kommer sjældent blivende Følger i Form af kroniske Arthroiter.

Er Hjertet lidende, kommer der heftige Smerter i Brystet med tiltagende Aandenød; der udvikler sig ofte Dilatation. Prognosen er ikke god. Overlever Patienten Sygdomsanfaldet, kan der bagefter udvikles Degenerationer af Muskulaturen.

Ved Lungelidelser er der Trykken i Brystet, Hoste og Tørst. I de alvorlige Tilfælde bliver Aandedrættet meget besværligt og paaskyndet; der opstaar Cyanose, Huden bliver kølig og svedende og Sædet for en Marmorering, der af nogle Forfattere angives at forekomme ved enhver Form for Dykkersyge. Denne Angivelse kan skyldes, at Lungelidelser ofte optræder sammen med andre Lidelser og i nogle Tilfælde først erkendes ved det typiske Sektionsfund, Lungeødem.

Prognosen er ikke god, men Sygdommen kan overstaas. Ved store Trykfald kan Lungevævet ligefrem rives i Stykker.

Ved de karakteristiske Nerverlidelser opstaar der pludselig spastiske Paraplegier og Monopleger. I andre — sjældnere — Tilfælde udvikles der udtalt Svækkelse af enkelte Muskler eller Muskelgrupper eller ligefrem Paralyse af enkelte Lemmer. Ved de spastiske Pareser er Musklerne stive og spændte; der er Paræsthesier med Myrekryben og Kuldefornemmelse; der kan ogsaa opstaa Analgesi og Anæsthesi med paafølgende Saardannelser.

Det er i overvejende Grad Underekstremiteterne, der angribes. I de lettere Tilfælde er der forbigaaende Ataxi; de sværere Tilfælde er ofte komplicerede med Lammelser af Endetarm, Blære og Genitalmuskler.

Rygmarven er langt hyppigere lidende end Hjernen eller den forlængede Rygmarv. *Lindemann* har beskrevet Lammelser af Øjenmusklerne, *Silberstern* forbigaaende Forvirring og Hemiplegi med Taleforstyrrelser og *Catsaras* Blindhed fra Emboli i Arteria centralis retinae.

Nerverlidelser kan fra første Færd synes meget alvorlige, ofte svinder de dog fuldstændig, selv Hemiplegier; i andre

Tilfælde holder der sig blivende Svækkelse af enkelte Ledgæmsdele eller Innervationsomraader. Dødelig Udgang indtræder kun i faa Tilfælde. Selv efter Maaneders Forløb kan der komme Bedring. Traumatisk Neurose er ikke nogen sjældnen Følge af Dykkersyge.

Ménières' Symptomkompleks optræder ikke helt sjældent; det kan ske, at den syge falder om paa Grund af Svimmelhed. Der kan udvikles eensidig eller dobbeltsidig Døvhed.

Lidelser af Høreorganet plejer at have en god Prognose.

Den Antagelse, at Dykkersyge skyldes Opstaaelsen af Luftbobler i Væv og Vævsvædsker, er verificeret ved Undersøgelser paa Dyr og paa Lig. De første Arbejder er udførte af *Pol-Watelle*, *Paul Bert* og *Hoppe Seyler*, senere har *Haldane*, *Quincke*, *Vernon* og *von Schrötter* samt talrige andre fortsat Undersøgelserne.

Ved »bends« og »screws« er der Luft i eller om Leddene og antagelig ogsaa ofte i Knoglemarven og i Nerveskederne.

Ved Hjertelidelser har man paavist Luft i Coronararterierne og i venstre Ventrikel.

Ved Lungelidelser er, som nævnt, Lungeødem det karakteristiske Sektionsfund; men man har ogsaa paavist Luft i Lungekarrene og i Leveren samt Mesenterialkarrene.

I Rygmarven har man indtil 48 Timer efter Sygdommens Begyndelse kunnet paavise Luftblærer. Man har diskuteret, om de fundne Luftblærer er autochtone eller er at betragte som fastkilede Emboli. Den Omstændighed, at der kan gaa flere Timer, inden Sygdommen bryder ud, at den kan have et protraheret Forløb og efterlade blivende Defekter, kan forklares ved, at Symptomerne først udvikles, naar fastkilede Luftblærer gennem nogen Tid har nedsat Ernæringen saa meget, at enkelte Vævspartier ophører at fungere. Dette bekræftes ved, at man har fundet udtalt Infarktdannelse i Marven hos afdøde Dykkere. Det er altid den hvide Substans, der er lidende; dens relative Karfattigdom umuliggør en ligesaa hurtig Fjernelse af Kvælstof som fra den graa Substans og nedsætter Ernæringen i højere Grad ved Emboli. Paa Fig. 4, der er fra *Haldane: Respiration*, ses Tvær-

snit fra en dykkersyg Geds Rygmarv. Luftblærene findes tættest i den hvide Substans, og i særlig Grad i Grænseszonerne mod den graa Substans, i hvilke Zoner Karfattigdommen er mest udtalt.

Grunden til de forholdsvis faa Tegn til Lidelse af Hjernten og den forlængede Rygmarv, er efter *von Schrötter* den, at den hvide Substans i disse er bedre vasaculariseret end Rygmarvens.

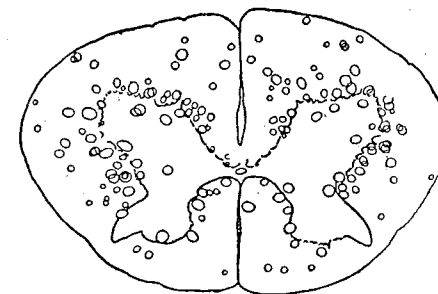


Fig. 4. Rygmarvstværsnit fra dykkersyg Ged.

Opstaaelsen af Ménières' Symptomkompleks mener *Quincke* skyldes Luftudvikling i Endolymfen.

Man har af og til iagttaget 2 Anfald af Dykkersyge hos samme Patient. Anfaldene frembyder da ingen indbyrdes Lighed; det andet er altid langt alvorligere end det første.

Personer, der lige har spist, inden de udsættes for Tryk, og de, der er fede eller lidende af Forkølelse eller andre katarrhalske Tilfælde, bliver lettere dykkersyge end andre.

Hos gravide Dyr opstaar Dykkersyge lettere end hos andre.

F. Langenskjöld har gjort opmærksom paa Lighed mellem Kramperne ved Littles Sygdom og ved Dykkersyge. For at faa Klarhed over, om der ogsaa i Pathogenesen kunde være Lighed, har han prøvet under Fødsel at udsætte Kaninfostre for forhøjet Lufttryk. Det er paa denne Maade paavist, at der kan trænge Luft ind i Fosteret pr. dia-

pedesin; derimod er der intet, der tyder paa, at der som ved Dykkersyge kan opstaa Luftbobler i Vævene efter Fødslen p. G. a. Trykfald. Dertil skal yderligere bemærkes, at Kramperne ved Littles Sygdom overvejende er cerebrale ved Dykkersyge derimod som nævnt hyppigst medullære.

Viser en Dykker Tegn paa Dykkersyge, er der intet andet at gøre end at skaffe ham under forhøjet Tryk for at hindre Dannelsen af nye Kvælstofbobler og muligvis bringe tilstedeværende til at svinde eller i hvert Tilfælde formindskes. Rekompresion skal iværksættes hurtigt. Anden Therapy som Iltinhalation virker lindrende paa Lidelser i Brystorganerne, men har jo ellers navnlig profylaktisk Værdi; det kan dog ikke nægtes, at Bortskaffelsen af Luftbobler muligvis befordres. Man har en enkelt Gang forsøgt at punktere højre Hjertekammer og udsuge derværende Luftblærer.

Som Eksempel paa, hvorledes man skal behandle en dykkersyg i Dekompressionskamret, skal den af *Haldane* foreslaaede Fremgangsmaade angives, tilpasset til et Tilfælde, hvor Patienten har været udsat for et absolut Tryk paa 3,8 Atmosfærer.

Dykkeren udsættes straks for dette Tryk; hvert 3. Minut nedsættes Trykket med 0,07 Atm., indtil det absolutte Tryk er 3,1; herefter nedsættes Trykket hvert 5. Minut med 0,07 Atm. til 2,1 Atm. og derefter hvert 8. Minut med 0,07 til 1 Atm. Denne Dekompression, eller Rekompresion som den kaldes i Udlandet — Dekompressionskamre kaldes ogsaa ofte Rekompresionskamre — tager henimod $3\frac{1}{2}$ Time, hvilket er lidt mere end Tid, som kræves af den raske Dykker, der skal op efter at være blevet mættet med Kvælstof i 3,8 Atmosfærers Tryk.

Til disse theoretiske Betragtninger skal anføres, at det ved de fleste Tilfælde af Dykkersyge vil være nok at sætte Trykket op til 2 Atmosfærer saa hurtigt som muligt. Indtræder der ikke nogen Bedring i Tilstanden i Løbet af 2 Minutter, sættes Trykket op til 3 Atmosfærer. Er der Tegn til Hjertelidelse, bør den syge holdes paa dette Tryk, til Symptomerne er svundne; herpaa nedsættes da Trykket ef-

ter de nævnte Regler. Er der Lammelser, holdes Trykket paa Maximum i 2 Timer. Kommer der ikke Bedring i Løbet af 2 Timer, er det unødvendigt at vente længere. For Smerter i Led er det sjældent nødvendigt at gaa over 2 Atmosfærer.

Bliver en Patient hurtig symptomfri, sætter man straks Trykket ned efter de *Haldaneske* Regler. — Man ser, at saavel ved forebyggende som ved helbredende Dekompression, er det den sidste Del, der skal gaa langsomt. Følger man ikke Reglerne, kan der komme Tilbagefald, og man maa da begynde forfra igen.

En Dykker, der er kommet op uden den foreskrevne Dekompression, skal behandles som Patient, selv om han synes at være rask.

Har man intet Dekompressionskammer, skal Dykkeren sænkes ned i Vandet igen. Er han syg, søger man saa hurtigt som muligt at sende en anden Dykker ned til ham. Den syge maa ikke vente, til den raske er klar. Den syge sænkes ned til den Dybde, hvor han har arbejdet; der holdes han i 5 Minutter og herefter begynder Ophalingen. Man kan tage ham op efter følgende Regel:

2 Meter pr.	3 Minutter	til 20 Meters	Dybde
2 » »	6 » »	15 » »	
2 » »	9 » »	7 » »	
2 » »	15 » »	0 » »	

Man bruger her en hurtigere Dekompression end i Dekompressionskamret; der er jo altid nogen særlig Risiko ved at have en syg Mand nede. Yderligere Afkortning end den skizzerede maa fraraades, hvis man vil undgaa at skulle begynde forfra igen, rent bortset fra et eventuelt Tilbagefalds store Fare for Patienten.

Det er ikke faa Dykkere, der angiver, at de efterhaanden kan taale større Trykfald. Dette bekræftes tilsyneladende ved den Omstændighed, at Dykkersyge er hyppigst hos Begyndere. Forklaringen herpaa kan være den, at de med mindre medfødt Resistens angribes straks og holder op med

at dykke, samt at fysisk Træning muligvis ved forbedret Hjertefunktion fremmer Udluftningen; en virkelig erhvervet forøget Resistens overfor Trykfald i de enkelte Væv har man vanskeligt ved at forstaa.

Ved Behandlingen af uspecifike Lidelser som Drukning, Kvælning og Forgiftning gælder naturligvis de samme Regler som ellers; man maa være klar over, at der kan blive Tale om kunstigt Aandedræt i Dekompressionskamret.

Det er indlysende, at Dykning er en Virksomhed, der stiller store Krav til en Mand. Bedst egnede er magre, senede Folk.

Af Marinens Regulativ for Dykkere skal anføres, at enhver Ørelidelse og Lidelse i Brystorganerne udelukker Antagelse. Blodtrykket skal være normalt, og Underliv og Bugvæg maa ikke frembyde noget abnormt. Det tillades ingen Dykker at begynde Dykning efter at være fyldt 35 Aar; ingen over 50 Aar maa dykke paa Dybder over 15 Meter, og al Dykning forbydes Personer, som er fyldt 60 Aar.

Vender vi os nu til Omtale af Undervandsbaade, da er der, som vi skal se visse Ligheder mellem Livet i disse og i Dykkerdragter. Som allerede nævnt er Kraftkilden i neddykkede Undervandsbaade Akkumulatorer, der almindeligvis er byggede over Princippet Bly i Svovlsyre. I Overfladen af Vandet drives Baadene af Dieselmotorer. Baadenes Vægt reguleres ved Tanke, der kan fyldes med Vand eller atmosfærisk Luft fra medbragte Trykluftflasker. Undervandsbaadens fornemste Vaaben er Torpedoen, der udskydes ved Trykluft, hvorefter et Maskineri i dens Indre besørger Fremdriften. Der plejer at være et Torpedoudskydningsrum for og et agter.

I Luften i en Undervandsbaad vil der, naar den er neddykket, ofte raade et svagt Overtryk, sjældent over $\frac{1}{2}$ Atmosfære. En Undervandsbaad er delt i flere Rum, der om fornødent kan adskilles vandtæt. I de nyere danske Undervandsbaade er der ialt ca. 210000 Liter frit Luftrum, og Besætningens Størrelse er 17 Mand. Der er nok af Arbejde til disse, men sjældent saa intensivt, at Forbruget af Ilt over-

skrider 0,5 Liter pr. Mand pr. Minut. Erfaringerne har vist, at for en Mand, der skiftevis arbejder, hviler og sover, er Iltforbruget 30 Liter pr. Time.

For en Undervandsbaadsbesætning kan der, hvert Øjeblik det skal være, udvikle sig Situationer, der hos Besætningen kræver Handlekraft, Koldblodighed og Sikkerhed i Omdømme. I Følge Erfaringer fra Tyskland kan disse Egenskaber forringes noget allerede ved Indaanding af Luft med lidt over 2% Kulsyre. Skal Besætningen kunne præstere noget, bør man sikre den saa naturlige Livsbetingelser som muligt.

For Dykkere var Muligheden for Kulsyreforgiftning et saare vigtigt Kapitel; for Besætninger i Undervandsbaade er Spørgsmaalet om Iltmangel af nok saa stor Betydning.

Det skal straks fastslaaes, at den sygelige Tilstand, der udvikler sig af Iltmangel, er langt alvorligere end Kulsyreforgiftning, hvor der i god Tid advares ved Ildebefindende og Aandenød. Dette er langt fra altid Tilfældet ved Iltmangel, til Trods for at de første Tegn kan være en ganske vist kortvarig Urotilstand og betydelig forhøjet Respirationsfrekvens. Der kommer Forøgelse af Middelkapaciteten, og, hvis Iltmængden gaar ned paa 9%, Formindskelse af Vitalkapaciteten.

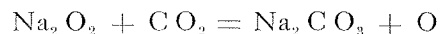
Da imidlertid de Ændringer, som ellers hos en Patient manifesterer sig som Følelse af, at der er noget i Vejen, ofte ledsages af Uklarhed, erkender Patienten dem ikke. Efterhaanden tiltager Uklarheden; der kommer Dobbeltsyn, Energiløshed eller ganske ubesindig Optræden, Gangen bliver usikker. Under dette befinder Patienten sig vel og tror, at alt er i Orden. Faren ved denne Tilstand er, at den uden subjektiv Erkendelse kan glide over i Bevidstløshed og herfra i Døden. Den eneste Mulighed for Redning ligger i hurtig indledt Iltinhalation. Man regner med, at et Menneske med moderat Arbejde kan trives i indtil 10 à 12% Ilt. Ved 10% kommer der let Cyanose af Ansigtet. Ved fuldstændig Hvile kan et Menneske klare sig med 8 à 9% Ilt; der bør da i den inhalerede Luft være 2 à 3% Kulsyre, hvilken Mængde jo gør Aandedrættet dybere. Den yderste Minimal-

grænse for Ilt er antagelig mellem 6 og 7%; for nogle Mennesker ligger Grænsen sikkert allerede ved 8.

Hvor mange Mennesker er samlede under stærkt begrænsede Rumforhold, er Faren for Ildebefindende hidrørende fra besværlig Varmeregulering paa Grund af rigelig Vanddamp i Luften ret stor. Da imidlertid Vanddampene i Undervandsbaadene absorberes sammen med Kulsyren, spiller de ikke nogen Rolle her; men Varmen kan dog blive generende nok.

Naar der nu i en Undervandsbaad skal installeres Apparater eller Kemikalier, der skal levere Ilt og absorbere Kulsyre og Vanddamp, er der straks 2 store Krav til disse; de skal fylde og veje saa lidt som muligt.

Det vilde selvfølgelig være nemmest, om man kunde udvinde Ilt og binde Kulsyre og Vanddamp ved samme Kilde. Dette lader sig ogsaa gøre ved Anvendelsen af Natriumoverilte, der binder Kulsyre under Udskillelse af Ilt efter Formlen:



Der dannes her mindre Ilt, end der optages Kulsyre, nemlig halvt saa meget. Dette opvejes noget, ved at Natriumoverilten ogsaa optager Vand under Udskillelse af Ilt:



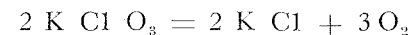
For Fuldstændighedens Skyld skal nævnes, at det dannede Natriumhydroxyd binder Kulsyre:



Det fremgaar af disse kemiske Ligninger, at man sagtens kan faa Kulsyre og Vanddamp bundet ved Anvendelse af Kemikalier, men ikke kan faa nok Ilt; der maa altsaa leveres mere af dette Stof. Et fransk Patentpræparat, Oxylith, har været anvendt en Overgang, men da dets Iltproduktion ikke er bedre end den lige beskrevne, og da dets Kulsyrebindings-evne tilmed er ringere end baade Natrium- og Kaliumhydroxyds, har man, ogsaa af økonomiske Grunde, forladt det

igen og efterhaanden Princippet Kulsyrebinding og Iltudskillelse under eet.

Klorsurt Kali, der under Opvarmning afgiver Ilt:



har været prøvet, men er atter forladt igen, alene af den Grund, at det skal opvarmes stærkt, nemlig op mod 600°.

I danske Undervandsbaade betragtes nu Iltstatningen og Kulsyrebindingen som 2 adskilte Opgaver, og man har hidtil ikke følt sig fristet til Ændringer heri. Iltten leveres fra Iltflasker, som jo desværre har den Fejl, at de vejer en Del; det maximale Tryk i disse Flasker er 150 Atmosfærer; det er som Regel 120.

Bindingen af Kulsyre og Vanddamp opnaas ved de saakaldte Kalipatroner, hvis virksomme Substans er en Blanding af Natrium- og Kaliumhydroxyd.

Man har Iltflasker til 10, 30, 40 eller 50 Liter Ilt. De fordeles i de forskellige Rum. Flaskerne er forsynede med Manometre, der ved deres Trykangivelse stadig angiver Størrelsen af Iltmængden. Paa Doseringsventilerne er der en Skala, der betyder Antallet af Mænd. Skal f. Eks. 5 Mand leve af en Iltflaske, stiller man Ventilen paa 5, og der udstømmer da den hertil nødvendige Iltmængde, der ledes gennem Vand, saa man hele Tiden kan forvisse sig om, at der er Passage.

Kalipatroner haves ogsaa i forskellige Størrelser; de største kan rumme 5 Liter Luft og har en Kemikalievægt paa 2 kg. 1 kg af Kemikalieblandingen kan binde 251,2 Liter Kulsyre. Da man imidlertid i Praksis maa gaa ud fra, at man ikke altid kan faa udnyttet hele Bindingsevnen, regner man med, at en Patron med 400 gram binder 100 Liter Kulsyre, og en paa 2000 binder 400 Liter; smaa Patroner binder forholdsvis mere Kulsyre end store. Man sætter ofte 5 store Patroner sammen i et saakaldt Batteri. En stor Patron kan fungere i indtil 4 Timer; i dette Tidsrum slaar den til til 3 Mand; der er da en Luftgennemgang paa mellem 200 og 750 Liter i Minut

tet. Batterierne kan ordnes saaledes, at de staar i Forbindelse med alle Rum i Undervandsbaaden. Udover Patronerne i Batterierne har man over 100 Patroner i Reserve fordelt rundt i Baaden.

Kemikalieblandingen ligger ordnet saaledes, at Luften skal gaa en ret lang Vej; Patronen maa ikke vendes op og ned, den skal staa lodret for at undgaa indre Forskydninger. En galt indsat Patron bliver let ubrugelig. Da Kulsyre er tungere end Luften, sker Indsugningen, der foregaar ved Motor, altid fra den nederste Ende. Under Virksomhed bliver Patronerne opvarmede til henimod 70°; de afkøles atter, naar Absorptionen aftager. Opvarmningen sker nede fra opad. Bliver en Patron under Virksomhed kold, er Kemikalierne mættede. Kapaciteten er størst, naar Luftstrømhastigheden langsomt sættes op.

Patroner, der har været brugte indtil 1 Time, kan, hvis Luften ikke har været for fugtig, bruges igen; men man maa da omhyggelig overvaage, at de bliver varme under Brugen.

Har Kemikalieblandingen været i Forbindelse med Luft, bliver den hurtigt halvflydende, sammenløbende og danner efter Afkøling en grødagtig Masse, der efterhaanden bliver haard og uigennemtrængelig for Luft. En brugbar Patron skal rasle, naar den bevæges. Den Luft, der forlader en god Kalipatron, indeholder ikke over 0,5‰ Kulsyre.

Hvis en Kalipatron bruges til at aande ind og ud igennem, maa man huske, at den kun er anvendelig i godt Halvdelen af den Tid, den kan bruges i med ensrettet Luftstrøm.

Foruden Kulsyre absorberer en Kalipatron, som allerede nævnt, Vanddamp og ogsaa Klor. Forholdet er dette, at Tilstedeværelsen af Vanddamp øger Absorptionsevnen overfor Kulsyre. Det er den absolutte Fugtighed, ikke den relative, der er afgørende.

For at man stadig kan vide Besked om Luftforholdene findes i enhver Undervandsbaad Maaleapparater, der kan maale Mængden af Kulsyre og Ilt. Fremgangsmaaden er den, at man afmaaler en vis bestemt Mængde Luft og atter maa-

ler Rumfanget, efter at enten Kulsyren eller Iltten er absorberet.

Naar en Undervandsbaad sejler i Overfladen, staar dens Indre, hvis Vejret tillader det, i Forbindelse med Luften over Havet. Dykker Baaden ned, vil Luften i dens Indre indeholde ca. 20,5% Ilt og 0,4% Kulsyre. Som Følge af Ventilationsanlæggenes Virksomhed vil Luftens Sammensætning være ens i Baadens forskellige Rum. Naar Fornyelsesanlæggene sættes i Gang, vil dette Forhold bevares i en intakt Baad.

Naar nu en Undervandsbaad er dykket ned, gaar man frem paa følgende Maade: man lader Kulsyreprocenten naa op til 2 og sætter herefter Kalipatronerne i Gang. For at man kan danne sig et Overblik over Forholdene i en Baad, skal jeg stille følgende Regnestykke op. Vi antager, Baaden i det Øjeblik, den dykker ned, indeholder atmosfærisk Luft, og at dens Luftmængde er 210000 Liter, og at Kalipatronerne skal sættes i Gang, naar der er 2% Kulsyre i Baaden. Besætningens Størrelse er 17 Mand, som hver udskiller 30 Liter Kulsyre i Timen.

Den tilladelige Kulsyremængde er 2% af Baadens Luft- rumfang; denne Mængde kan sættes lig med Besætningens Størrelse Gange den pr. Mand pr. Time udskilte Kulsyremængde Gange Timeantallet, t, hvori de 2% naas. Vi har da Ligningen:

$$\frac{2}{100} \times 210000 = t \times 30 \times 17; \text{ heraf findes } t \text{ at være } 8,2 \text{ Timer.}$$

Ønsker man nu, at Baaden ialt skal være neddykket i 36 Timer uden yderligere Stigning af Kulsyreprocenten, da kræves der hertil af Kalipatroner med en Kapacitet af 100 Liter følgende Antal:

$$\frac{(36 \div 8,2) \times 17 \times 30}{100} = 141,78 \text{ eller } 142.$$

Der er i dette Regnestykke 2 Unøjagtigheder, der dog vil tendere mod at ophæve hinanden. Dels er Kulsyreprocenten

i en Baad, der dykker ned, som nævnt, noget større end den i Atmosfæren, og dels udskiller en Mand mindre en 30 Liter Kulsyre i Timen. Ved Forsøg i Marts i Aar med Undervandsbaadene »Daphne« og »Dryaden« fandtes Tallet ikke at overskride 23 Liter.

Hvad Tilførelsen af Ilt angaar, er Fremgangsmaaden noget varierende. Man plejer enten at forbruge ned til 12% eller aabner for Ilten, allerede samtidig med at Kalipatronerne sættes i Gang.

Under Henvisning til de tyske Erfaringer om uheldig Indvirkning af en Kulsyrepoцент paa lidt over 2, kan der selvfølgelig være Tvivl om det formaalstjenlige i at lade Kulsyrepoцентen gaa op til 2. Det vil kunne forsvares ud fra den Betragtning, at man altid saa sent som muligt skal ty til Luftfornyelsesanlæggene, og at der ved Ulykkestilfælde lettere sker en alvorlig Ødelæggelse ved Iltanlæggene end ved de fordelte Kalipatroner; og ved Iltmangel er de 2% Kulsyre kun til Gavn.

Det er derfor en naturlig Regel, at i en intakt Baad skal Anlæggene skaanes; der kan ved Ulykkestilfælde blive Brug nok for dem. Selvom vi regner med, at Iltprocenten en kort Tid maa naa helt ned paa 7, er det ikke mange Dage en Besætning kan bjerpe Livet i en sunken Baad; hertil kommer, at man altid maa regne med, at Dele af Anlæggene ved Ulykken sættes ud af Funktion. Under Krigsforhold har Baade ofte maattet være neddykkede i over 18 Timer i Træk, og har da selvfølgelig maattet bruge af Luftforsyningsanlæggene. Det er dog først, naar der sker et eller andet galt, at Redningsmidlerne skal bestaa deres Prøve.

Redningsmidlerne kan deles i 2 Dele; de, der søger at holde Liv i Besætningen, til Baaden kan hæves, og de, ved hvis Hjælp man søger at føre Folkene ud af Baaden til Overfladen.

Det førstnævnte Princip bygger paa Anvendelsen af det beskrevne Anlæg, der suppleres ved, at der er løse Patroner til Brug for hver enkelt af Besætningen. Disse Patroner har et Mundstykke; til Næsen er der en Klemme. Folkene faar

Paalæg om at exspirere gennem dem; de bliver da fri for at skulle inspirere gennem dem, hvilket i Længden er mere trættende end Expiration. Naar Ilt og Kalipatroner er opbrugte, haves yderligere til Raadighed nogle Iltredningsveste, efter hvis Anlæggelse det gælder om at komme ud af Baaden i Løbet af 1 Time.

Inden Vestene beskrives, skal det nævnes, at i enkelte Tilfælde ligger en sunken Undervandsbaad saaledes, at man kan sende Dykkere ned til den. Disse kan da skruer Luftslanger paa dertil indrettede Rør, hvorefter der føres Luft oppefra gennem Baadens Rum. Hvor denne Fremgangsmaade kan iværksættes, stiger den indelukkede Besætnings Chancer betydeligt, rent bortset fra den vældige moralske Afstivning Forbindelsen med andre Mennesker betyder. Er Slangerne paa, skal der ledes Luft igennem, til Kulsyrepoцентen i Afgangsslangen naar en passende Størrelse; herefter pumpes, til Procenten holder sig konstant; der bortledes da ligesaa meget Kulsyre, som Besætningen udskiller.

Det andet Redningsprincip træder straks i Kraft, hvor en Undervandsbaad er sunket under saadanne Forhold, at en Hævning af Baaden skønnes udelukket. Redningen søges da iværksat ved de lige nævnte Veste og paafølgende Udslusning.

Der er mange Modeller af Veste, og der kommer stadig nye. Paa Undervandsbaadsdivisionen bruges »Drägers Tauchretter«. Den indeholder en Iltflaske med 0,6 Liter Ilt; da Begyndelsestrykket ligger mellem 120 og 150 Atmosfærer, er der Ilt til over 1 Time. Paa Iltflasken er der en almindelig Aabning og en Reduktionsventil med paafølgende Doseringsventil. Selve Dragten bestaar af en Lufttrygsæk med Ventil og en Slange til Munden, forsynet med Mundbid og Næseklemme. Fra Munden fører en Luftledning til en Kalipatron, hvorfra Luften atter gaar ud i Rygsækken, der skal sidde i Højde med Lungen. Omkring Livet er der en Korkkrans, der skal hindre Manden i at synke, naar han er naaet op til Overfladen. For at han ikke skal gaa for hurtigt op gennem Vandet, er der til Kransen fæstnet et Blylod paa 8,5 kg; dette

Lod kan Manden om fornødent afkaste fra Overfladen. Den nærmere Indretning af Ventilerne er den, at Reduktionsventilen sender Ilt med 9 Atmosfærers Tryk ind i et uetfærdigt Metalrum, herfra fører en tynd Kanal, der er saaledes kalibreret, at der ved det givne Tryk, gennem den strømmer den Mængde, et Menneske har Brug for under noget over moderat Arbejdsydelse. Kanalen fører over i den lufttætte Rygsæk, der i Forvejen er fyldt med Ilt fra Iltflasken, oprindelig udenom Reduktionsventilen.

Skal Iltredningsvesten bruges, tages den paa. Der aabnes for Ilten, og Rygsækken fyldes først; derpaa sættes Reduktions- og Doseringsventil i Funktion, det udfladede Mundstykke indføres, og Næseklemmen paasættes. Denne Klemme er blevet kritiseret en Del. Da Irritation af Næseabning og Slimbinde har Indvirkning paa Respirationen, kan den muligvis faa en uheldig Indflydelse. For uøvede er den generende og kan sikkert yderligere gøre Manden nervøs. Ved Nysen kan den slynges af; men kan dog paasættes igen eller erstattes af 2 Fingre. Ved det nævnte Besøg paa Drägerwerk saa vi andre Mundstykker og Masker; vi blev dog hurtigt klar over, at den her beskrevne er den sikreste til Anvendelse i Vand. Det er iøvrigt ikke nogen let Opgave under de givne Betingelser at fæstne en Maske om Næse og Mund.

Naar nu Iltredningsvesten er paa og i Orden, skal Manden ud af Baaden; dette gøres ved den saakaldte Udslusning. Hertil benyttes Kommandotaarnet almindeligvis, men Torpedorummene eller andre Rum med Luger ud til Havet kan ogsaa anvendes. Den Mand, der skal udsluses, gaar ind i Taarnet og aflukker det vandtæt; derpaa fylder han det helt med Vand og aabner herefter Lugen ud til Havet, fæstner et Tov til Udsiden af Baaden og lukker Lugen efter sig igen; af Hensyn til de efterfølgende maa dette gøres meget omhyggeligt. Først derpaa lader han sig langs Tovet glide langsomt op til Overfladen. Her kan han fjerne Næseklemme og Mundstykke, der skal lukkes saaledes, at Søvand ikke kan trænge ned i Kalipatronen og ødelægge denne. Den udslu-

sedes holdes oppe af Korkkransen og muligvis af noget Luft i Rygsækken. Udslusning vil ofte være den eneste Redningsmulighed for en sunken Besætning. Metoden kræver meget af sin Mand; men det er dog mellem Aar og Dag ikke helt faa Mænd, der har bjærget Livet ved den, trods de iøjnefaldende Farer. Er der ikke Bjergningsfartøjer lige i Nærheden, vil Chancerne i den kolde Aarstid være meget smaa i vore Farvande.

Af mulige Uheld paa Vejen skal nævnes, at Manden kan komme til at hænge fast, faa Dragten beskadiget eller Mundstykket revet af. Kommer han for hurtigt op fra en stor Dybde, kan der komme Ødelæggelser af Lungevævet. Er Dragten fejl anlagt, kan han synke igen efter at have naaet Overfladen. Efter at første Mand er udsluset, tømmes Taarnet for Vand, 2' Mand gaar ind i det, lukker det, fylder det o. s. v.

Da en enkelt Mands Fejlgreb ved denne Udslusningsmethode kan blive skæbnesvangert for de følgende, har man i den engelske Marine indrettet store Slusekamre, hvorfra mange Mennesker kan udsluses umiddelbart efter hinanden i Kæde, hvilket ogsaa moralsk skal have en god Virkning. Det paagældende Slusekammer er delvis adskilt i 2 ved en Skillevæg, der oppefra naar over Halvvejen ned til Dørken. I det ene Rum, der skal være helt fyldt med Vand, findes Lugen ud til Havet. I det andet er der Luft foroven og kun Vand saa højt op over Skillevæggenes nederste Kant, at Luften foroven har et Tryk svarende til Vandets.

Efterhaanden som den udslusede kommer højere op i Vandet, vil den oprindeligt stærkt sammenpressede Luft i Sækken udvide sig. For at undgaa Sprængning af Sækken forsynes den med en Sikkerhedsventil.

Vi har nu gennemgaaet de Farer, der i Virkeligheden alle kan føres tilbage til Problemerne Iltforsyning og Fjernelse af Kulsyre; men der er andre foruden, og disse stammer fra Akkumulatorbatterierne. Først skal nævnes, at man har haft Eksplosioner, der skyldes Dannelsen af Kuldgas. Dernæst, at det ikke altid vil kunne hindres, at der ved Baadens Sling-

ren i Søen og ved den stærke Ventilation slynges noget Svovlsyre ud i Luften. Syreforgiftning er der næppe Fare for, men der er af og til hos enkelte af Besætningerne opstaaet sygelige Tilstande, der vil kunne forklares som lette Blyforgiftninger fra Blyet i Akkumulatorcellerne.

Størst Fare bereder Akkumulatorbatterierne, naar der til Pølerne kommer Søvand, idet der da af dette dannes fri Klor. Indtil man blev helt klar over denne Fare og dens i Virkeligheden lette Afværgen, er ikke faa sunkne Undervandsbaades Besætninger døde af Klorforgiftning. Klorudviklingen standser, naar Vandet trænger helt over Batterierne; men da der kan være stor Varmeudvikling, kan Vandet komme i Kog, hvorved der rives fri Klor med ud i Luften. Det sikreste er at afbryde Forbindelsen mellem de enkelte Celler, der ikke hver for sig kan danne Klor, da deres Spænding er for lille.

Er der trods alle Forsigtighedsregler, eller ved at disse har været uigennemførlige under de givne Forhold, opstaaet fri Klor, kan Virkningen heraf stoppes ved Anvendelsen af Kalipatroner; man maa da huske baade at inspirere og eksplodere gennem disse. Nøjes man med at inspirere, vil man ved hver Indaanding faa noget Klor med ind fra den Luft, der er mellem Kalipatronens virksomme Bestanddele og Luftvejene; denne ringe Mængde vil i Længden kunne fremkalde skadelig Virkning. — Det er omtalt, at Dykkere skal være helt igennem raske Folk; det vil fremgaa af det nævnte, at man ogsaa kun vil kunne bruge 1. Klasses Folk i Undervandsbaade.

I »Ugeskrift for Læger« 1931, Nr. 37, er blevet refereret en Dykkerulykke med et typisk Tilfælde af Dykkersyge. Ved denne Lejlighed skal jeg derfor nøjes med til Afslutning at omtale et Tilfælde af Trykdifferenssyge og et Eksempel fra Krigen paa Livredning fra en sunken Undervandsbaad.

I Marts 1920 gik i Skærgaarden ved Gøteborg en 23aarig, rask Dykker ned til en sunken Dampers paa 26(?) Meters Dybde. Kort Tid efter han var kommet ned, fik Lineholderen, da Signaler ikke

besvarede, Formodning om, at han var bevidstløs. Dykkeren blev da straks halet op. Da han kom op, var han ved Bevidsthed; der var Blødning fra Næse og Mund, og Øjnene var svulne. 2 Timer senere kom en Læge fra Land til Stede.

Foruden de omtalte Blødninger fandtes Exophthalmus, subconjunctival og retrobulbær Blødning. Huden paa Hoved og Hals var hævet og ligeledes Svælgets Slimhinde. Der var Døvhed paa højre Øre. Hjertevirksomheden var yderst svag. Patienten indlagdes paa Styrso Sygehus, hvor han laa i 10 Dage.

Ca. ½ Aar senere fandtes endnu ved Undersøgelse i København Blodudtrædninger under begge Conjunctivæ og Hyperæmi af Retinalkarrene, samt Indskrænkning af Synsfeltet paa højre Øje. Denne Defekt fandtes endnu godt 2 Maaneder senere.

Mellem Helgoland og Wilhelmshaven sank en tysk Undervandsbaad paa 10 Sekunder den 14. Juli 1916 Kl. 5 Eftm. efter at være blevet ramt af en Torpedo. Aktiv Hjælp udefra kunde der ikke være Tale om; men der blev holdt Vagt paa det Sted, Baaden var sunket. Kl. 10 om Aftenen kom pludselig 2 Mand op til Overfladen; den ene var stærkt medtaget, den anden død. 4 Timer senere kom der atter 2 Mand op, forholdsvis lidt medtagne. Ved de 3 overlevendes Beretninger kunde man danne sig et Overblik over Katastrofen.

Torpedoen havde ramt mellem Kommandotaarnet og Dieselmotorrummet, dræbt de Personer, der opholdt sig i disse Rum og afskaaret enhver Mulighed for Udslusning gennem Taarnet. Da Katastrofen indtraf, spistes der om Bord; der var derfor samlet forholdsvis mange i et Opholdsrum i forreste Halvdel af Baaden. Da Vandet lidt efter lidt trængte ind i dette Rum, søgte Folkene herfra ud i det forreste Rum, hvor der efterhaanden ogsaa trængte Vand ind til lidt over Knæene. 22 af Besætningen havde overlevet Eksplosionen, og af disse var nogle ret medtagne. Til Raadighed for 18, der var flygtet ud i forreste Rum, fandtes 12 Iltredningsveste; der besluttedes da at blive i Baaden. En Mand var spærret inde under Kommandotaarnet og 3 i bagerste Rum med Iltredningsveste til deres Raadighed; hos disse 3 stod der knæhøjt varmt Vand. Ingen Steder mærkedes Klorlugt.

De 18 i forreste Rum var ledsagede af en lille Skibshund, der laa lige over det indtrængte Vands Overflade. Efter 1 Timestid begyndte Hunden at aande besværligt med pibende Eksspirationer, hvorefter den hurtigt døde uden Trækninger eller Kramper. 4 Timer herefter begyndte en enkelt Mand pludselig at kaste op, han blev bleg, fik anstrengt Aandedræt og afgik hurtigt ved Døden. Kort Tid herefter blev alle de andre syge paa en Gang; de blev

blege, fik indfaldne Kinder med blaalige Partier om Munden og stirrede som vanvittige frem for sig. Der kom Hovedpine, Svimmelhedsfølelse og Øresusen. De, der havde Iltredningsapparater, fik nu Ordre til at anlægge dem, men nogle var for matte dertil. Flere fantaserede og talte om Luftforbedring; Stemningen blev efterhaanden løftet, som om de fleste var berusede. Den indespærrede under Taarnet udbrod pludselig: »Weint denn keine«. Alle var dog efterhaanden klare over, at Situationen var haabeløs, og over at der ikke kom Hjælp udefra; de tog derfor roligt Afsked med hinanden. Den eneste overlevende herfra havde ikke nogen Iltredningsvest, men kun et Svømmebælte. Under Opholdet i Rummet havde han benyttet sig af en Kalipatron. Da det var paa det sidste, trængte han sammen med en anden Mand ud gennem Torpedorummet, fik Lugen aabnet og tabte Bevidstheden.

De 3 i Agterrummet befandt sig forholdsvis vel; der var jo langt mere Luft til Raadighed pr. Mand. Da de var klar over, at der ikke kom Hjælp, udslusede de sig fra bagerste Torpedorum. De 2 kom op ved fuld Bevidsthed, den 3' sank igen.

Dødsårsagen for de 16, der omkom i forreste Rum, maa antages at have været Kulsyreforgiftning, idet dog sikkert nogle af dem er druknede under Utsluningsforsøget til sidst.

Bagefter kan man sige, at mange af disse omkomne kunde være reddede ved Utslusing. Fra en anden sunken tysk Undervandsbaad har man Eksempel paa, hvorledes mange er kommet op til Overfladen fra 38 Meters Dybde med Svømmeveste alene; en Del af disse omkom dog paa Grund af Kulde og for hurtig Opstigen gennem Vandet.

Det er mit Haab, at jeg har anskueliggjort for Dem de Vanskeligheder, der hæmmer Mennesket, som vil færdes under Havet med fredelige eller krigeriske Formaal; Vand er nu en Gang ikke vort Element. Trods alle Vidundere i Teknikken er det stadig den Dag i Dag Mennesket bag den, der er det afgørende — og til syvende og sidst det interessanteste.

Litteratur.

- J. Alvarez-Nouvilas (Cartagena): Einige Betrachtungen über Taucherkrankheit. Tysk Oversættelse (Dräger) 1930.
- William Beebe: Das Arcturus-Abenteuer. Leipzig 1928.
- J. J. Bennett: Escape Apparatus. The Dental Magazine and Oral topics. Vol. XLVIII Nr. 9. Sept. 1931.
- A. Bornstein: Physiologie und Pathologie des Lebens in verdichteter Luft. Berliner klin. Woch. 1914 Nr. 20.
- A. Bornstein: Die Absturzerkrankung der Taucher. Berliner klin. Woch. 1918 Nr. 50.
- A. E. Boycott, G. C. C. Damant and J. S. Haldane: The prevention of compressed-air illness. The journal of hygiene III 2' Juli 1908.
- Aug. Brüning: Studien zur Narkosenfrage, insbesondere über die Anwendung von Sauerstoff und komprimierter Luft. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie. Bd. CXIII, Februar 1912, 5—6 Hefte.
- G. C. C. Damant: Notes on the »Laurentic« salvage operations and the prevention of compressed-air illness. Journal of Hygiene 1926, XXV p. 26.
- Diving manual (Den Engelske Flaades).
- B. Dräger: Lufterneuerungsanlagen für U-boote. Drägerwerk, Lübeck 1924.
- Graham und A. Müller: Über Taucherei in grösserer Tiefe. »Glück auf«, Berg und Hüttenmännische Zeitschrift 1910 Nr. 1.
- J. S. Haldane: Work under pressure and in great heat. Science progress 1908 Nr. 7.
- J. S. Haldane: Respiration. London 1927.
- E. W. Johannsen: Farerne ved Dykning. Ugeskrift for Læger 1931 Nr. 37.
- F. Langenskiöld: Kann eine während der Geburt bei dem Kind entstandene Gasembolie die Ursache der angeborenen, spastischen Diplegie oder Little'schen Krankheit sein. Acta orthopaedica scandinavica Vol. II, Fasc. 3, København 1931.
- W. Lindemann: Morbidität, Invalidität und Mortalität der Bergleute. Handbuch der Hygiene VII 1' Del 1913, p. 223.
- Wilhelm Mager: »Über die Caissonkrankheit. Berichte über der 2' Internationalen Kongress für Rettungswesen und Unfallverhütung, p. 1128.
- J. Munch-Petersen og G. Schönweller: Fundering. København. 1922.
- Holger Møllgaard: Fysiologisk Lungekirurgi. København 1915.
- H. Quincke: Experimentelles über Luftdruckerkrankungen. Archiv für experiment. Path. und Pharmacologie XXXIII p. 464.
- L. Rostock-Jensen: Vejledning i Dykning. København (Undervandsbaadsdivisionen) 1931.

Hermann von Schrötter: Le travail dans l'air comprimé. Bibliothèque des congrès internationaux 1910.

Philipp Silberstern: Hygiene der Arbeit in komprimierter Luft. Gesundheitsschutz bei Caisson- und Taucherarbeiten. Handbuch der Hygiene VII 1913, p. 223.

Hermann Stelzner: Tauchertechnik. Lübeck 1931.

Stigler: Die Taucherei. Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung IX 1913 p. 134.

Desuden er anvendt Afhandlinger og Beskrivelser i Hefter fra Drägerwerk i Lübeck og fra Siebe, Gormann og Co. i London, 2 Sager fra Arbejderforsikringsraadet samt talrige Skrivelser til og fra Undervandsbaadsdivisionen.
