

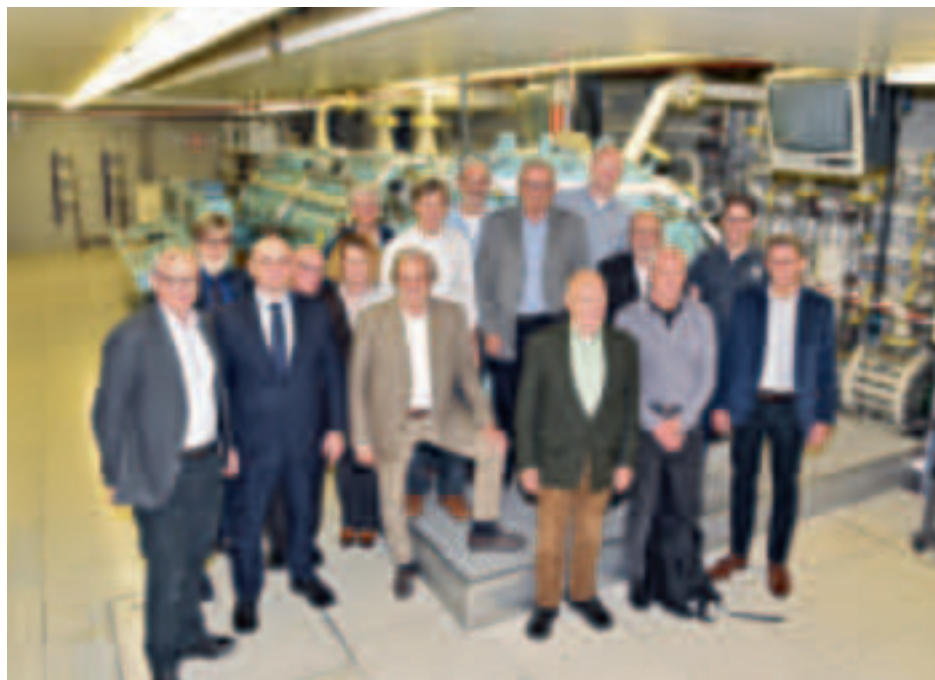
Zurück in die Zukunft

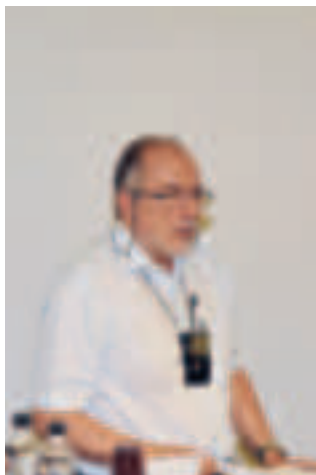
Vor 25 Jahren endete eine Ära. Am 16. März 1994 verstarb Professor Albert Alois Bühlmann. Ein Name, der den meisten Tauchern bekannt sein dürfte. Er gab seinen Dekompressionsmodellen Namen, die mit «ZH» beginnen, was tatsächlich Zürich bedeutet, denn am Universitätsspital Zürich forschte und lehrte er.

Zahlreiche Taucherinnen, Tauchmediziner, ehemalige Weggefährten und aktive Wissenschaftler versammelten sich am 29. und 30. März am USZ, um in einem Gedächtnis-Symposium einen Bogen von den ersten Tauchversuchen von Hannes Keller und Albert A. Bühlmann zu den aktuellsten Erkenntnissen der tauchmedizinischen Forschung zu spannen.

Einige Referenten und Teilnehmer vor den Resten von Bühlmanns Forschungsdruckkammer im Keller des USZ.

■ Text von Christian Wölfel, Bilder von Christoph Schmied





Links: Thomas Bühlmann, der Sohn Albert A. Bühlmanns, arbeitet die Geschichte der tauchmedizinischen Forschung seines Vaters systematisch auf.

Rechts: Beat Müller fesselte die Teilnehmer mit seinen Ausführungen über die Bühlmann Bergsee-Tabellen und die Algorithmen für Fliegen und Höhengaufenthalte nach dem Tauchen.

Die Geschichte ...

Zeitzeugen wie Albert A. Bühlmanns Sohn Dr. jur. Thomas Bühlmann, Beat Müller, dipl. Masch. Ing. ETH, der zusammen mit A. A. Bühlmann die bekannten Bergseetauchtabellen und Algorithmen für Höhengaufenthalte nach dem Tauchen errechnete, und E. Völlm, dipl. Masch. Ing. ETH, der den Aladin-Tauchcomputer entwickelte, zeigten mit Aufsehen erregenden Photos und Dokumenten, welche Pionierarbeit damals immer wieder aufs Neue geleistet wurde und versetzten das Auditorium mit Anekdoten zurück in Zeiten, zu denen vieles, was uns heute selbstverständlich erscheint, noch eine vage Idee war.

In einem Interview berichtete Livio De Toffol, der erst Versuchsperson in einem 500-m-Tieftauchversuch im Sommer 1977 und dann Druckkammertechniker im Druckkammerlabor am USZ war, darüber, wie man sich als Versuchskaninchen auf 500 m Tiefe fühlt.

Dr. Jürg Wendling, Gründer von DAN Europe Suisse, sprach über die Meilensteine der Dekompressionsforschung in Zürich und den Einsatz des Bühlmann-Algorithmus in der Berufstaucherei und bei Druckluftarbeiten.

Dass A. A. Bühlmann nicht nur Tauchmediziner, sondern vor allem Lungen- und Kreislaufphysiologe war und mit seinen Forschungen auf diesen Gebieten bis heute gültige Erkenntnisse erarbeitete, wurde von seinem Nachfolger am USZ Professor Erich Russi sehr anschaulich und umfassend dargestellt.



*Der Dekompressions-
experte Albrecht Salm
macht Dekompressi-
onsmodelle für jeder-
mann nachvollziehbar.*

... geht weiter

Denn auch heute wird in der Schweiz zu tauchmedizinischen Themen geforscht, wie Dr. Marc-Alain Panchard, Kinderarzt, Spezialist für Kindertauchen und Druckkammerarzt am hyperbarmmedizinischen Zentrum des Universitätsspitals Genf, anhand einer umfangreichen Übersicht über die in jüngerer Zeit veröffentlichten Arbeiten und die laufenden Projekte auf diesem Gebiet illustrierte.

Dass es keine wirklich neuen Dekompressionsmodelle gibt, wie die bestehenden funktionieren, was sie leisten können und was eben nicht, machte der ambitioniert technisch tauchende Diplom-Physiker und Berater für Tauchoperationen in aller Welt, Albrecht Salm, jedermann nachvollziehbar und erklärte auch, warum es für die sogenannten Deep stops derzeit keinen belastbaren wissenschaftlichen Hintergrund gibt. Albi Salm trug darüber hinaus die Präsentationen aller Referenten zusammen und machte sie auf seiner Homepage verfügbar. (Link siehe Kasten auf Seite 68)

Neuigkeiten

Vor allem vier Referate lieferten neue und besonders interessante Erkenntnisse für jede Taucherin, egal, ob sie ihre Freizeit mit Warmwasser-Ferientauchgängen oder mit tiefen Höhlenerkundungen verbringt. Sie werden hier ausführlicher zusammengefasst.

Hirndruck

Neue Perspektiven zum Tiefenrausch eröffnete der weithin bekannte österreichische Tauchmediziner, Tek- und Apnoetaucher Frank Hartig. Wie es zu einem Tiefenrausch kommt, ist nicht wirklich abschliessend geklärt. Es gibt vielmehr verschiedene Theorien.

Eine geht davon aus, dass bei der Inertgasnarkose – so der präzisere Name für den Tiefenrausch – Gase, die nicht vom Körper für den Stoffwechsel benötigt werden, in Zellmembranen gedrückt werden und diese aufquellen lassen. Das kann dazu führen, dass die Zellmembran, die nicht wie eine starre Grenze, sondern eher wie ein aktiver Filter (vergleichbar einer Sicherheitskontrolle am Flughafen) nur das in die Zelle lässt, was auch hinein gehört und dazu noch wichtig für die Kommunikation mit anderen Zellen ist, ihre Aufgaben nicht mehr tadellos erfüllen kann, und es deswegen zu den Zeichen des Tiefenrausches kommt.

Der bekannte Tauchmediziner Frank Hartig erklärt Neuigkeiten zum Tiefenrausch.



Eine weitere geht davon aus, dass etwas Ähnliches in Funktionseiwissen geschieht. Das sind grosse Moleküle, die z.B. eine Pore in einer Zellmembran öffnen oder schliessen können – hierfür verändern sie ihre Form. Wenn Gasmoleküle gleichsam in den Scharnieren klemmen, funktionieren sie nicht mehr, was zur Inertgasnarkose führen kann.

An Schaltstellen zwischen Nervenzellen werden Informationen durch chemische Boten weitergegeben. Wenn diese nicht oder nicht rechtzeitig abgeschickt werden oder nicht ankommen, dann gehen Informationen verloren, was die bekannten Probleme ebenfalls erklären könnte. Wahrscheinlich kommt alles zusammen.

Zusätzlich haben neuere Untersuchungen ergeben, dass die Blutgefässe, die das Gehirn versorgen, unter Druck gelegentlich Stoffe in das Hirngewebe durchlassen, die dort eigentlich nicht landen sollten. Auch das kann den Tiefenrausch (mit)erklären.

Da es sehr schwer ist, sein Ausmass zu messen, werden wir wohl noch lange auf eine definitive Antwort auf unsere Fragen zur Inertgasnarkose warten müssen.

Hochwasser

Dr. Francis Héritier, Lungenfacharzt aus Vevey und Leiter der Dekompressionskammer am CHUV in Lausanne bis zum gemeinsamen Neubau eines Druckkammerzentrums in Genf, erläuterte die Frage, ob Tauchen die Haargefässe der Lunge schädigen kann.

Immer wieder kommt es bei zuvor kerngesunden Schwimmern und Tauchern kurz nach dem Eintauchen ins Wasser zu schwerer Atemnot. Diese kommt zustande, weil Wasser aus den Blutgefässen in die Lungenbläschen austritt (Lungenödem). Warum diese gefährliche Situation entsteht, ist nicht klar. Sie betrifft zwar auch Hochleistungssportler an Land, kommt aber besonders oft bei Wassersportlern vor. Bei Rennpferden sind nach dem Training praktisch immer zumindest kleine Lungenblutungen zu finden. Ein Grund für den Lungenschaden scheint also eine hohe körperliche Belastung zu sein. Bei Triathlons gibt es viel häufiger während des Schwimmwettbewerbes Lungenödeme als während der anderen Teildisziplinen.

Muss eine aussergewöhnlich hohe Belastung eingetaucht im Wasser erbracht werden, kommen weitere erschwerende Faktoren dazu: die nutzbare Lungenkapazität geht zurück und die Atemarbeit steigt augenblicklich. Kommen dann



Francis Héritier fand Parallelen zwischen Rennpferden und Tauchern.

noch psychischer Stress (der für sich allein genommen schon ein Lungenödem verursachen kann), Kälte, hoher Sauerstoffpartialdruck und ein schwergängiger Lungenautomat dazu, dann wird den Lungenhaargefäßen möglicherweise zu viel abverlangt und sie werden undicht. Jeder Taucher sollte von diesem schicksalhaften Zwischenfall, der wie Dr. Héritier zusammenfasste, am ehesten wegen einer gestörten Funktion von Blutgefäßen, vorübergehendem Bluthochdruck und einer Herzmuskelschwäche zustande kommt, wissen. Denn wenn es gelingt, die Betroffene rasch aus dem Wasser zu retten und richtig zu versorgen, dann hat dieses dramatische Ereignis keine bleibenden Folgen.

Thriller

Professor Jacek Kot vom nationalen Zentrum für Überdruckmedizin der polnischen Marine in Gdansk, ist ehemaliger Präsident der europäischen Tauchmedizinergesellschaft und stellvertretender Direktor von DAN Polen. Professor Kot referierte über «Freizeittauchen – extrem» («Extreme Recreational Diving»). Er unterschied zwischen risikoarmem Tauchen bis 30 Meter Tiefe unter guten Umweltbedingungen mit einem Tauchpartner und der Verwendung eines offenen (SCUBA-)Tauchgerätes mit Pressluft und Tauchen mit erhöhtem Risiko bei Verwendung von Nitrox und Sauerstoffdekompensation in Tiefen über 30 aber unter 50 Metern und bei schwierigen Bedingungen wie unter Eis und im Dunkeln.

Der Gründer von DAN Europe, Alessandro Marroni (links), und der stellvertretende DAN National Director Polens, Jacek Kot, diskutieren vor der ehemaligen Zürcher Forschungsdruckkammer.



Hochrisikotauchgänge sind tiefe technische Tauchgänge mit Wechseln zwischen mehreren verschiedenen Atemgasen (egal ob SCUBA- oder CCR-Kreislaufgerät) in Tiefen über 50 bis 300 Metern und unter teils extremen Bedingungen wie in langen Höhlen.

Die Unterteilung spiegelt sich in den Unfallzahlen wider: Während es bei risikoarmen Tauchgängen statistisch gesehen einen Todesfall auf 200 000 Tauchgänge gibt, haben die technischen Taucher bei gleich viel Tauchgängen mehr als 10 Tote zu beklagen.

Die Gefahren und Todesursachen hängen von der Tiefe ab. Geringe Tiefen reichen aus, um Ertrinken oder ein Lungenbarotrauma zu verursachen, während mit zunehmender Tiefe zunächst die Dekompressionskrankheit und Sauerstofftoxizität und in Tiefen über 150 Metern eine als «Heliumzittern» oder «High Pressure Nervous Syndrom» (HPNS) bezeichnete Gesundheitsstörung auftritt, die Sporttauchern gänzlich unbekannt ist. Schliesslich wird ab solchen Tiefen dann auch das Atemgas sprichwörtlich dick, d.h. wegen der unter Druck zunehmenden Dichte zäh zu atmen, was eine massiv erhöhte Atemarbeit bedeutet, die letztlich zum Erstickten durch Atemerschöpfung führen kann.

Während solche Extremtauchgänge bei Berufstauchern nur dann vorkommen, wenn sie nicht vermeidbar sind und dann mit einem grossen Aufwand an Sicherheitsmassnahmen durchgeführt werden, gibt es im Bereich des technischen Tauchens als Freizeitbeschäftigung oder zu Ausbildungszwecken meist keinen Plan, Betroffene im Notfall aus der Tiefe zu retten.

Die Langzeitfolgen solcher Belastungen sind bei Verfahren, wie sie von Tek-Tauchern angewandt werden, unbekannt.

Nabelschau

Divers Alert Network (DAN) möchte wissen, wie wir alle wirklich tauchen. Dazu sammelt DAN Daten im Feld, oder besser im Wasser, indem entweder «Black Box»-Tauchcomputer an freiwillige Taucherinnen verteilt werden, oder deren Computer nach Tauchgängen ausgelesen werden. Zusätzlich werden vorher festgelegte Messungen bei diesen Tauchern durchgeführt, wie Dr. Alessandro Marroni, Gründer und Präsident von DAN Europe, ausführte. Zu diesen Messungen gehören Ultraschall-Doppler-Untersuchungen, mit denen sich Inertgasblasen nach dem Tauchen in grossen Venen des Körpers nachweisen lassen. Die Verknüpfung der Tauchgangsdaten mit den Messergebnissen zeigt interessante Fakten auf.

So sind z.B. fast 60% aller Fälle von Dekompressionskrankheit (DCS) unter den ausgewerteten Tauchgängen «unverdient». D.h. es kam dabei weder zu einem zu schnellen Aufstieg noch zu einer Missachtung von Dekostopps. Wenn Blasen in den Venen gefunden werden, muss das nicht bedeuten, dass der Taucher an einer DCS erkrankt ist. Es kann sich gut um sogenannte «Silent Bubbles» handeln, die zwar vorhanden sind, aber keine Krankheitszeichen auslösen. Gleichwohl kann eine grosse Zahl solcher Silent Bubbles eine hohe Inertgasbelastung anzeigen und auf ein erhöhtes DCS-Risiko hinweisen. In 40 000 ausgewerteten Tauchgängen fanden sich die meisten Blasen zwischen 30 und 45 Minuten nach Erreichen der Oberfläche. Danach nahm ihre Zahl wieder ab. Ältere Taucher und solche mit einem höheren Körperfettanteil hatten dabei mehr Blasen im Blut als jüngere schlanke. Auch führten tiefere Tauchgänge zu mehr Blasen.

Interessant war nun die Betrachtung der Geschlechter: Zwar traten bei Taucherinnen, die DAN ihre Daten zur Verfügung stellten, nicht mehr Gasblasen als bei ihren männlichen Buddies auf, aber Frauen waren öfter von DCS betroffen – und das bei gleicher Blasenzahl wie bei männlichen Tauchern, die keine Symptome hatten. Hier wird man in Zukunft sicher weiter forschen müssen.

Weitere Risikofaktoren, die zu einer höheren Bläschenzahl führten, waren Süswassertauchgänge, solche bei starker Strömung, bei schlechter Sicht und starke körperliche Anstrengung während des Tauchens.

Ernsthafte Probleme wie eine Fehlfunktion des Tauchgerätes, verpasste Dekostufen oder ein zu schneller Aufstieg fanden sich derweil nur in 0,6% der ausgewerteten Tauchgänge – das lässt sich ja schon fast als gute Nachricht interpretieren. ■

Weitere Infos:



Unter diesem QR-Code verbirgt sich der Link zu den Präsentationen des Bühlmann Gedächtnissymposiums auf der Homepage von Albrecht Salm:

www.divetable.info/BS_ZH/index_e.htm

Weitere Infos über das Symposium und über die ehemalige Forschungsdruckkammer am USZ findest du auch unter:

www.druckkammer.ch

