



Mischgastauchen — Höhepunkte und Tragödien

Erfinderische Ingenieure, tauchbegeisterte Wissenschaftler und der Lockruf der Tiefe im Zeichen der Geschichte.

In den frühen 40er Jahren begann der Ingenieur Arne Zetterstrom seine Versuche mit Hydrox-Mischungen (Wasserstoff und Sauerstoff). Das Problemgas Stickstoff war schon länger als Ursache des Tiefenrausches identifiziert. Theoretische Alternativen wie Helium waren durch das nahezu vollständige Monopol der Amerikaner im Europa der Nachkriegsjahre nicht verfügbar. Durch Aufspaltung von Ammoniak in 75% Wasserstoff und 25% Stickstoff, sowie der Beimischung von Luft, erzeugte der Schwede ein Trimix aus 4% Sauerstoff, 24% Stickstoff und 72% Wasserstoff.

In mehreren Vorstößen arbeitete sich Zetterström in den Jahren 44/45 bis auf eine Tiefe von 110 m vor. Eine ausgeklügelte Holzkonstruktion mit Windvorrichtung diente als absenkbare Taucherplattform, direkt installiert auf der Belos, dem Schiff des innovativen Schweden. Am 7. August 1945 sollte der ultimative Rekord fallen. Zetterstrom plante einen Rekordtauchgang auf die unglaubliche Tiefe von 152 m. Die Plattform wurde abgesenkt, der notwendige Gaswechsel von Nitrox auf die Wasserstoffmischung in 30 m problemlos absolviert und nach wenigen Minuten erreichte Zetterstrom die Zieltiefe. Ein kurzes Signal an die Oberflächenmannschaft und der Aufstieg des Rekordtauchers wurde eingeleitet. Nach mehreren Dekompressionsstufen, begann das Drama in ungefähr 50 m Tiefe. Durch eine unglaubliche Schlamperie der Oberflächenmannschaft zog eine Truppe die Plattform auf die letzte Dekostufe von 9 m, während die zweite Mannschaft „ihre“ Seite der Plattform auf 50 m beließ. Der extreme Neigungswinkel der Plattform und die schnell einsetzenden Lähmungen durch den zu schnellen Aufstieg verhinderten die nötigen Gaswechsel. Zetterström verstarb kurz darauf wegen Sauerstoffmangels und schweren Embolien.

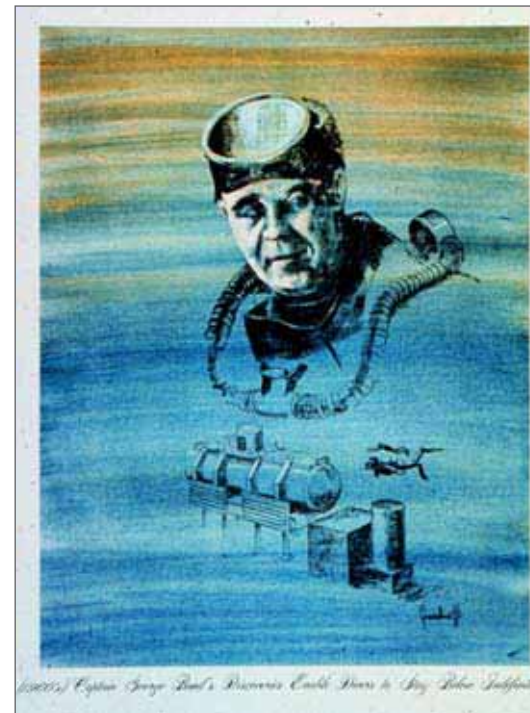
Die Geschichte des Mischgastauchens ist ein bunt gemischter Korb aus Tragödien und Höhepunkten des menschlichen Forschungsgeistes. Unglaubliche Rekorde, Faszination der Tiefe, Leidenschaft und Unglücksfälle gehen Hand in Hand. Zetterström ist nur ein Beispiel aus der langen Liste der Unfälle, die uns bei der Suche nach den Vätern des technischen Tauchens begegnen.

Mischgas, Technical Diving - alles modischer Schnickschnack behaupten einige Stickstoffjünger. Von wegen, die Tradition des Mischgastauchens ist eng verzahnt mit dem Beginn der Taucherei. Bereits im Jahre 1876 entwickelte Henry Fleuss ein Tauchsystem für Reinsauerstoff. Der Fleuss Apparat, ein Vorgänger moderner Rebreather, wurde mit Sauerstoff gespeist. Ein mit Chemikalien getränktes Hanfgewebe sollte das Kohlendioxyd aus der Ausatemluft filtern. Zugegeben Sauerstoff ist kein Mischgas, aber eben auch keine Luft.

Unglaublich, die erste dokumentierte Verwendung von Wasserstoff in Atemgasmischungen, erfolgte im Jahre 1789. Lavoisier, der Vater der modernen Chemie, setzte Meerschweinchen einer Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff aus. Arne Zetterström nutzte Lavoisiers Grundlagen und gilt als erster Hydrox-Taucher der Geschichte.

Elihu Thompson, Erfinder und Ingenieur, beschreibt 1919 die Probleme des Tiefenrausches. In umfangreichen Experimenten erarbeitet Thompson die Theorie der Stickstoffnarkose, sowie die Vorteile von Helium als Ersatzgas. Zu diesem Zeitpunkt eine gute Theorie, aber praktisch nicht umsetzbar: die Kosten von mehr als 2.500 Dollar pro Kubikmeter Helium verhinderten jeden taucherischen Ansatz im Keim.

Nur Monate nach Thompsons Theorie wurden große, unterirdische Heliumvorräte in Texas entdeckt. Der rasch sinkende Heliumpreis war der Auslöser für weitergehende Experimente Thompsons. Im Jahre 1925 konnte er die US-Navy von den Vorteilen „seiner“ Heliox-Mischung überzeugen. In Tierversuchen wies der Erfinder bis zu 6-fach schnelle-



1876/77 Captain George B. Sigsbee's Recreations, Cruise to Long Beach, California
Werbeposter Sealab I
 © OAR/National Undersea Research Program (NURP)

re Dekompressionszeiten im Vergleich zu Luft nach. Der wesentliche Grund für die amerikanische Marine war letztendlich die Erkenntnis dass die Testtaucher auch auf Tiefe klar denken konnten. Der Tiefenrausch galt als besiegt.

Trotz aller Vorteile zeigten die Versuchsreihen der Navy schnell die Nachteile der neuen Gasmischung auf. Taucher, die unter Einsatz von Helium, längere Zeit in der Tiefsee verweilten, klagten über ein wesentlich größeres Kälteempfinden. Die innere Auskühlung wurde durch das Helium drastisch beschleunigt. „Donald Duck“ Stimmen, bedingt durch die geringere Dichte des Edelgases, erschwerten jede Kommunikation mit



der Oberflächencrew. Der Anfang des Mischgastauchens war gemacht – doch viel Forschungsarbeit war noch notwendig, um die junge Technik ausreifen zu lassen.

Edgar End, ein amerikanischer Mediziner, forschte Ende der 30er Jahre an den Dekompressionsgrundlagen für Heliumtaucher. In Zusammenarbeit mit seinem Freund Max Nohl und dem Filmproduzenten John Craig entwickelte die Gruppe einen neuartigen Taucherhelm. Das besondere an der Entwicklung war die Lösung von der Oberflächenversor-

i Helium

Der eindeutige Favorit in der Berufstaucherei und dem Technical Diving. Helium ist relativ preiswert und weist ein geringes narkotisches Potential auf. Zusätzlich ist es von geringer Dichte. Der Atemwiderstand bis in Tiefen von über 300 m entspricht der von Druckluft in 50 m Tiefe. Problematisch sind die hohe Wärmeleitfähigkeit und der Effekt von HPNS (Heliumzittern) bei schnellen und hohen Druckanstiegen.

HPNS: High Pressure Nervous Syndrome – ein hochgradig Erregungssteigernder Effekt auf die Nervenfunktionen mit dem Resultat unkontrollierbarer Muskelzuckungen. Die Erforschung der Symptome zeigte dass durch einen langsamen Druckanstieg sowie der Beimischung von narkotischem Stickstoff im Atemgas (Nutzung des Effekts der Stickstoffnarkose als „Gegenmittel“) HPNS wirksam begegnet werden kann.

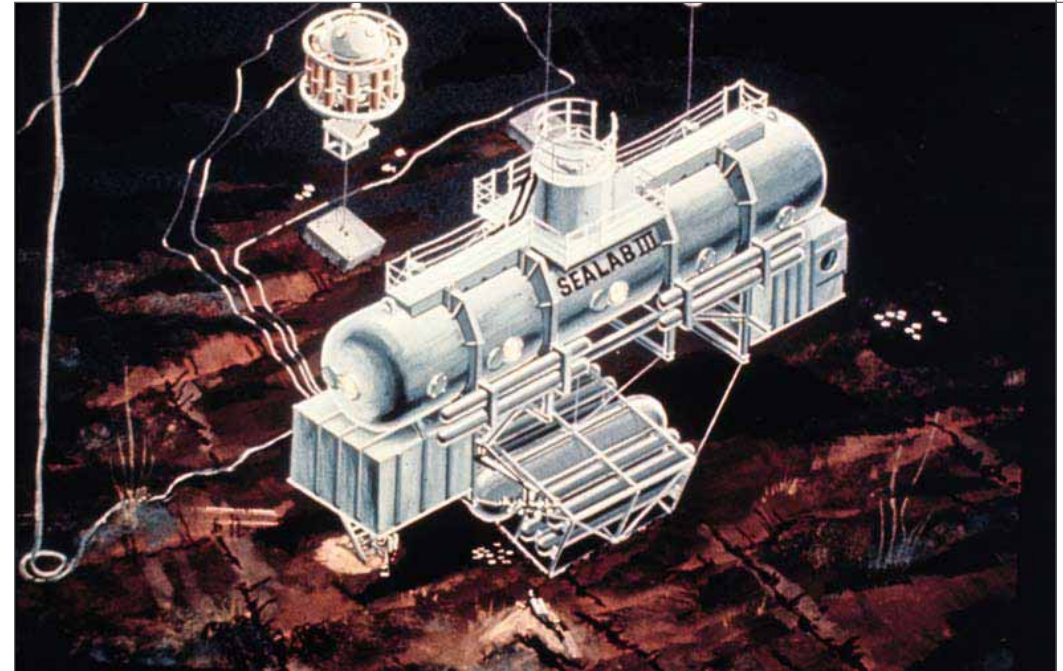
gung. Der Helm wurde durch Flaschen, die der Taucher mit sich führte, gespeist. Die Erstbetauchung und intensive Erforschung des Wracks der „Lusitania“, ein im ersten Weltkrieg versenkter Luxusliner, bewies die Wirksamkeit des Systems.

Die vorangegangenen Forschungen zur beschleunigten Dekompression zahlten sich aus. Die Gruppe konnte mit einer Austauschzeit von nur 30 min. zurück zur Oberfläche und das nach einem zwei Stunden dauernden Tauchgang an der „Lusitania“ in 95 m Tiefe.

Nohl war durch diese Erfolge so motiviert, dass er einen neuen Tiefenrekord aufstellen wollte. Im Dezember 1937 war es soweit: 128 Meter Tauchtiefe mit dem neuen autonomen Gerät, im eiskalten Lake Michigan, bedeuteten Weltrekord für den passionierten Taucher. Parallel dazu forschte die US Navy unter Leitung der Wissenschaftler Behnke und Yarbrough an der Verschiebung der Tiefengrenzen. Im Kammerversuchen wurden erstmals 169 Meter erreicht.

Nach dem zweiten Weltkrieg purzelten die Rekorde im Zeitraffertempo. Allerdings waren erstmals die Europäer federführend, die Amerikaner spielten bis in die 60er Jahre keine große Rolle mehr bei der Rekordjagd.

Zetterström setzte trotz des tödlichen Ausgangs die neue Tiefenmarke auf 152 Meter. Die Royal Navy, mit nun frei zugänglichem Helium, startete 1947 mit dem eigenen Tieftauchprogramm. In wenigen Monaten schoben sie die Rekordmarke ein paar Meter tiefer; Wilfred Bollard erreichte unglaubliche 166 Meter nach einem nur 7 minütigen Abstieg. Der



Sealab III - Grafik – © OAR/National Undersea Research Program (NURP); U.S. Navy

Aufstieg wurde durch Dekoprobleme verzögert; Bollard holte sich die „Bends“ und musste eine mehrstündige Pause beim Aufstieg einlegen. Nach langen acht Stunden erreichte der neue Weltrekordhalter die Oberfläche.

In den frühen 60er Jahren war es ein Schweizer der eine neue Marke setzte. Der Mathematiker Hannes Keller arbeitete seit 1959 an neuen Dekompressionsmodellen für Helium-Sauerstoffmischungen. Zusammen mit dem Physiologen Albert Bühlmann modifizierte er Tauchtabellen für eine schnellstmögliche Dekompression nach Tieftauchgängen. Simulierte Kammertauchgänge bis 250 Meter und Testtauchgänge im Lago Maggiore in einer Tiefe von 183 Meter brachten den wissenschaftlichen Durchbruch

und damit die lang ersehnte finanzielle Unterstützung – ua. durch Gesellschaften wie Shell, General Motors und der US Navy. Höhepunkt und Apokalypse erlebte Keller am 3. Dezember 1962 bei



Transfer- und Dekompressionskapsel - ähnlicher Aufbau wie Kellers „Atlantis“
© OAR/National Undersea Research Program (NURP); U.S. Navy

dem ultimativen Rekordversuch vor der kalifornischen Küste: Die Planung sah vor, dass Keller und ein befreundeter Journalist und Taucher, Peter Small (BSAC Gründungsmitglied), mit der neu entwickelten Tauchkapsel und Dekompressionskammer „Atlantis“ auf 305 Meter Wassertiefe abgesenkt werden. Dort sollte ein 5 minütiger Außenaufenthalt durchgeführt werden, bevor es wieder Richtung Oberfläche ging. An diesem Tag lief so gut wie alles schief. Die Gasvorräte waren durch leichte Reserveeinheiten nicht ausreichend befüllt; kurz nach Erreichen der Zieltiefe und einem kurzen Ausstieg Kellers aus der Kapsel waren die Heliox Vorräte nahezu aufgebraucht. Die Oberflächenmannschaft reagierte schnell und die Kapsel wurde angehoben. Eindringendes Wasser erforderte eine Notspülung mit Luft. Keller wurde sofort ohnmächtig. Small konnte aufgrund eines Schwächeanfalls sein Gerät nicht ablegen und verlor durch den zu geringen Sauerstoffanteil der Tiefenmischung ebenfalls das Bewusstsein.

Es war geplant in der neuen Zieltiefe von 60 Metern eine alternative Nabelschnur (Versorgungsleitung) an die Kapsel anzuschließen, um eine saubere Dekompression mit frischer Gasversorgung durchzuführen. Das Unglück nahm seinen Lauf: einer der Sicherungstaucher der Supportcrew verlor sein Leben beim Versuch, das Leck der Kapsel zu reparieren. Er wurde nicht mehr gefunden. In Folge verstarb auch Small – anscheinend durch die Dekompressionsprobleme in Kombination mit akuter Sauerstoffunterversorgung. Kellers Rekordtauchgang, so atemberaubend er war, endete im Desaster.

Keller, tief geschockt, arbeitete weiter an der Erforschung der Dekompression. Seine Versuche und Grundlagenarbeit waren der Wegbereiter für die kommerzielle Entwicklung der Tiefsee- und Mischgastaucher.

Conshelf, Sealab – Visionen vom Leben im Meer

Der erste „Langzeitversuch“ fand 1962 statt. Der Tiefseeforscher Ed Link verbrachte acht Stunden, in einer kleinen Stahlröhre eingezwängt, auf einer Tiefe von 18 Metern (Projekt „man in the sea“). Der Franzose Robert Stenuit toppte kurz darauf diese Pioniertat mit einem 24 Stunden Aufenthalt auf 60 Metern – mit Heliox. Ed Link konterte im Jahr 1964 mit einem 48 Stunden Tauchgang auf 132 Meter Tiefe. Die Theorien des Sättigungstauchens waren damit eindrucksvoll bestätigt.

i Sättigungstauchen

In einer bestimmten Tauchtiefe nimmt das Körpergewebe eine gewisse Menge an Gasvolumen auf. Ist diese Menge erreicht, spricht man von Sättigung. Eine weitere Aufnahme von Gas findet nicht statt. Ab dem Zeitpunkt der Sättigung erhöht sich die Zeit für die notwendige Dekompression beim Auftauchen nicht mehr. Der Vorteil in der kommerziellen Taucherei liegt auf der Hand – zeitraubende Ausschleusungen werden vermieden; die komplette Arbeitsschicht, üblicherweise ein bis zwei Wochen, wird unter Druck durchgeführt. Erst am „Ende der Schicht“ wird der Taucher dekompriert.

Der Wettlauf war entfacht. Jacques Cousteau startete sein erstes Habitatprojekt „Conshelf“ kurz nach Stenuits Tauchgang. Der berühmte Meeresforscher verbrachte mit seinem Team eine ganze Woche in einer Tiefe von 10 Metern. Bereits 1963 folgte Cousteaus zweites Habitatprojekt. Die „Aquanauten“, das Tauchteam Cousteaus, lebten einen ganzen Monat im Unterwasserhaus Precontinent II im Roten Meer vor Port Sudan (die Überreste des Habitats sind heute noch betauchbar). Den Höhepunkt seiner Sättigungsprojekte plante Cousteau im Jahre 1965 mit Précontinen III. Vor der Küste Marseilles verbrachten die leidenschaftlichen Meeresforscher ganze 130 Tage auf 110 Meter Tiefe. Fast jede Nation der westlichen Hemisphäre befindet sich jetzt im „Meeresfieber“. Die neuen Möglichkeiten die Schätze der Tiefsee kommerziell zu nutzen, treiben die Entwicklung in Riesenschritten voran. Doch nicht nur der Reichtum lockt. In Militärkreisen träumt man von Unterwasserkriegern und anderen unerfreulichen Visionen. Die US-Navy initiiert das bedeutendste Projekt dieser Jahre: Sealab.

Die Sealab Projekte I bis III wurden in den Jahren 1964 bis 1969 durchgeführt. Die herausragendsten Ergebnisse von Sealab II waren die elektronische Entzerrung der „Donald Duck“ Stimmen, sowie neuartiger elektrischer Anzugheizungen. Der Einsatz zahmer Delphine als Botenjungen zwischen Meereshaus und Oberfläche ist dagegen als unseliger Anfang der „Beziehung“ Navy und Delphin zu werten. Höhepunkt der Forschung sollte ein Langzeitaufenthalt auf 180 Metern darstellen – der durchschnittlichen Tiefe



© Foto: US Navy

des Schelfgebietes. Sealab III, gebaut für 40 Aquanauten, die für zwei Monate wechselweise jeweils 12 Tage auf Tiefe leben, startete 1969. Bereits am zweiten Tag kam es zu einem tödlichen Unfall, der zum Abbruch des Projektes führte. Ironie des Schicksals – nicht die Tiefe war das Problem, sondern Schlamperei. Ein Rebreather für Außenexkursionen war nicht mit Atemkalk gefüllt.

Eine französische Firma setzte in den Jahren 1988 bis 1992 bisher unerreichte Rekordmarken. Die von Zetterström erarbeiteten Ergebnisse wurden von Comex in der HYDRA-Projektserie wieder aufgegriffen. Dabei gelang es, mit reinen Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen Tauchtiefen bis 300 m zu erreichen, während 1988 mit Wasserstoff-Helium-Sauerstoff (Hydreliox) eine Maximaltiefe von 534 m erreicht wurde. Ein neuer Tiefenweltrekord für das Tauchen im freien Wasser. Die Rekordtaucher führten während des Projektes Reparaturarbeiten an einer Tiefseepipeline im Mittelmeer durch. Bei den Wasserstofftauchgängen der Comex wurde zunächst mit Heliox komprimiert, bis der Sauerstoffpartialdruck deutlich unterhalb der Explosi-



© Nautilus Weyregg

ongsgrenzen gefallen war. Anschließend wird entweder mit Wasserstoff weiter komprimiert (Hydreliox) oder im Fall der Hydrox-Experimente (Wasserstoff-Sauerstoff) ein Gaswechsel durchgeführt. Bei der Dekompression wurde der Wasserstoff im tieferen Bereich durch eine von Comex entwickelte Katalyse aus dem Gasgemisch entfernt, so dass im flacheren Bereich der Sauerstoff wieder gefahrlos über die Explosionsgrenzen angehoben werden konnte. Den absoluten Tiefenrekord stellte die Comex im Jahre 1992 auf. Das Projekt Hydra 10 führte die Taucher in einem Kammerversuch bis auf 701 Meter Tiefe. Der Druckanstieg wurde auf über 300 Stunden gestreckt um dem Organismus der Taucher eine Anpassung an die immensen Drücke zu ermöglichen. Die Dekompressionsphase erstreckte sich über eine Dauer von mehr als 550 Stunden.

Der immense Kostenfaktor und der notwendige technische Aufwand um Tiefsttauchgänge mit Wasserstoff-/Heliummischungen durchzuführen, führten schließlich zum Ende der Rekordjagd. Der Einsatz von ROVs (Remote Operated Vehicles – Tauchroboter) ersetzt den menschlichen Taucher, minimiert die hohen Risiken und kann deutlich günstiger „auf Tiefe“ gebracht werden.

„The Abyss“, ein Unterwasserthriller von James Cameron, regt 1989 durch Einsatz von Flüssigkeitsatmung die Fantasie der Tiefseejäger an. Das Thema wird in Folge zum Renner aller Taucherstammtische. Eine spezielle Fluor-Kohlenwasserstoffverbindung (PFC Lösung) ersetzt das Atemgas und verhindert zuverlässig Dekompressionsprobleme. Die Technik wurde bereits in der Medizin bei



Protagonisten, Rekorde und Opfer des Technical Diving

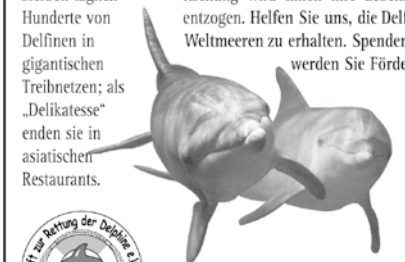
1983	Der deutsche Höhlentaucher Jochen Hasenmayer erreicht bei einem Tauchgang in der Fontaine de Vaucluse die Tiefe von 205 Metern.
1991	Sheck Exley führt den bislang längsten Höhlentauchgang in Wakulla Springs durch. Eindringtiefe: 3.180 Meter.
1994	Sheck Exley und Jim Bowden planen einen Tauchgang auf 300 Meter. Exley stirbt bei dem Rekordversuch.
1998	Olivier Isler führt den bislang längsten Höhlentauchgang an der Doux de Coly durch. Eindringtiefe: 4.300 Meter.
1998	Kurz nach Islers Tauchgang, pushen George Irvine, Jarrod Jablonski und Brent Scarabin in Wakulla Springs die neue Rekordmarke auf 5.500 Meter Eindringtiefe.
2000	John Bennet erreicht mit offenem System im Meer eine Tiefe von 254 Meter.
2001	John Bennet erreicht mit offenem System im Meer eine Tiefe von 308 Meter. Ein Barotrauma im Innenohr verursacht schwere Probleme und führt fast zur Katastrophe. Nach neun Stunden Dekompression im Freiwasser unter Beobachtung von Sicherheitstauchern, erreicht Bennet die Oberfläche.
2002	Reinhard Buchaly und Michael Waldbrenner setzen in der Doux de Coly eine neue Rekordmarke im Höhlentauchen: Eindringtiefe 5.675 Meter (max. Tiefe 65 Meter, Tauchgangsdauer ca. 20 Std.)
2003	Chris Ullmann und Volker Clausen tauchen mit einem Rebreather (Inspiration) auf eine Tiefe von 224,5 Meter im offenen Meer.
2003	Mark Ellyat stellt einen neuen Rekord für Tauchgänge im Meer auf. Er erreicht eine Tiefe von 313 Meter.
2004	John Bennet kehrt von einem geplanten Wracktauchgang nicht mehr zurück. Er wird bis heute vermisst.
2005	Nuno Gomes taucht vor Dahab im Roten Meer auf eine Tiefe von 318 Meter.

Lungenversagen und zur Notbeatmung bei Frühgeburten eingesetzt. Die Probleme bei der Befüllung aller Hohlräume mit PFC (Narkotisierung des Tauchers wäre für die PFC Füllung notwendig) sowie die extrem Kraft raubende Atmung von Flüssigkeiten verhinderten ua. die praktische Umsetzung in der Taucherei. Militärs wie auch Ölindustrie erkannten bald: die technischen Schwierigkeiten sind zu hoch – alle Forschungsprojekte wurden eingestellt. Was bleibt ist der ewige Traum des Menschen das Meer zu „seinem“ Element zu machen. HG

Eigentlich haben sie nichts zu lachen!

Als Beifang sterben täglich Hunderte von Delfinen in gigantischen Treibnetzen; als „Delikatesse“ enden sie in asiatischen Restaurants.

Durch Meeresverschmutzung und Überfischung wird ihnen ihre Lebensgrundlage entzogen. Helfen Sie uns, die Delfine in den Weltmeeren zu erhalten. Spenden Sie, oder werden Sie Fördermitglied!



Gesellschaft zur Rettung der Delphine
Kornwegstr. 37 • 81375 München • 089/74 16 04 10
info@delphinschutz.org • www.delphinschutz.org