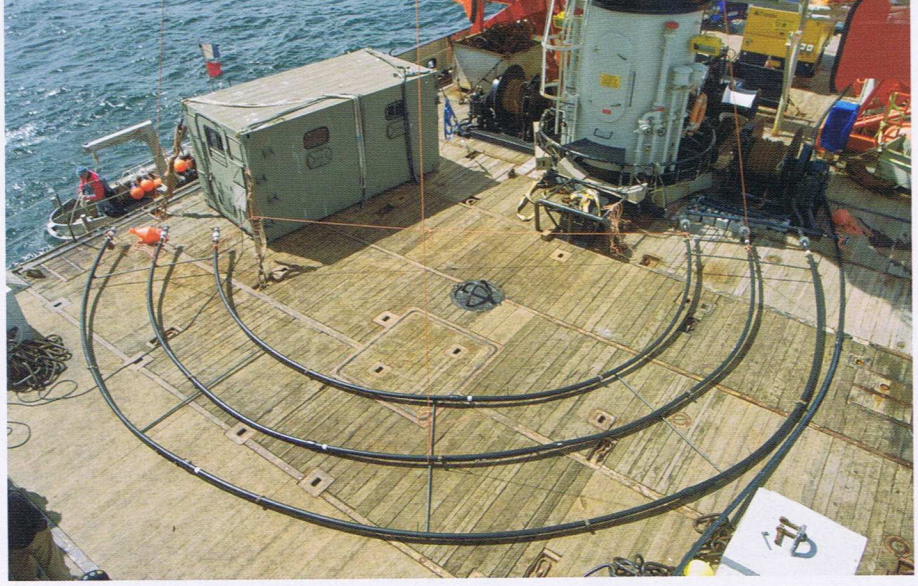

Bild 1: Montage der Röhren zur Erzeugung des Luftblasenvorhangs [2].

Mit Luftblasen gegen Weltkriegs-Minen: Sprengversuche in der Ostsee stellen hohe Anforderungen

Joachim Hachmeister *)

Nach 1945 wurden viele tausend Tonnen Munition auch in küstennahen Gebieten der Ostsee versenkt und stellen noch heute eine Bedrohung insbesondere für die Seeschifffahrt dar. Eine Bergung dieser gewaltigen Mengen an Explosivstoffen ist oft zu riskant, so dass nur eine kontrollierte Sprengung möglich ist. Die Detonation von mehreren 100 Kilogramm Sprengstoff unter Wasser erzeugt jedoch Schockwellen, die für Mensch und Tier lebensbedrohlich sein können. Insbesondere Meeressäuger sind hier extrem gefährdet. Vor diesem Hintergrund haben Kieler Forscher [1] nun untersucht, ob und inwieweit die von den Explosionen ausgelösten Unterwasser-Druckwellen durch künstlich erzeugte Luftblasenvorhänge gedämpft werden können.

Die „Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung" (kurz: WTD 71) in Eckernförde an der Ostsee ist eine von zehn Wehrtechnischen bzw. Wehrwissenschaftlichen Dienststellen der Bundeswehr. Sie deckt heute die gesamte Bandbreite maritimer Wehrtechnik in allen Phasen der Entwicklung und Erprobung ab. Im Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik, der in Kiel angesiedelt ist, gehören dazu auch Untersuchungen über die dämpfende Wirkung eines Blasenschleiers auf Explosionsschockwellen, mit dem Ziel einer möglichst umweltschonenden Beseitigung von Munitionsaltlasten aus dem Zweiten Weltkrieg. Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit dem Amt für Katastrophenschutz des Landes Schleswig-Holstein durchgeführt, das für die Kampfmittelbeseitigung verantwortlich ist.

Zu diesem Zweck haben Experten der WTD 71 mit praktischer Unterstützung der Firma Hydrotechnik (Lübeck) Sprengversuche unternommen, bei denen mit Hilfe kreisrunder, perforierter Röhren am Meeresboden ein Blasenvorhang um den Explosionsort erzeugt wird. Während bei ersten Versuchen (Bilder 1 und 2) noch mit drei konzentrischen Röhren experimentiert wurde, beschränkt man

*) Joachim Hachmeister für
LTT Labortechnik Tasler GmbH
Science Park
Friedrich-Bergius-Ring 15
97076 Würzburg
Tel. 0931 / 359 61 - 0
Fax 0931 / 359 61 - 50
info@tasler.de
www.tasler.de

sich mittlerweile auf eine einzige Röhre, aus der ein Luftstrom von insgesamt 40 Kubikmeter Luft pro Minute austritt. Als Messplattform dient dabei ein in sicherer Entfernung verankertes Schiff. Von dort aus positioniert man mittels Bordkran sechs Hydrofone in vier verschiedenen Tiefen zur Messung des Schalldrucks. In der Messanlage an Bord werden die Schallsignale zunächst vorverstärkt und durchlaufen ein 50Hz-Hochpassfilter, bevor sie dann von einem Transientenrekorder aufgezeichnet und anschließend ausgewertet werden.

Für diese speziellen Versuche stehen dem Forscherteam mit den Transientenrekordern der Serien LTT-184 (Bild 3) und LTT-186 moderne Messsysteme zur Verfügung, die den hohen Ansprüchen an Sicherheit und Robustheit genügen. Diese vom Würzburger Spezialisten für ultraschnelle Messtechnik LTT Labortechnik Tasler entwickelten und produzierten Frontends erweitern die Bandbreite der konventionellen PC-Messtechnik in bisher unerreichte Dimensionen. Die maximale Abtastrate pro Kanal liegt je nach gewünschter Auflösung zwischen 2,5 MHz bei 16 Bit und bis zu 20 MHz bei 12 Bit. Ein einzelnes Gerät bietet dabei bis zu 16 Differenzeingänge. Da sich die Geräte kaskadieren lassen, ist eine synchronisierte Erfassung auch mit viel mehr parallelen Kanälen möglich.

Separate A/D-Wandler und Verstärker für jeden Eingang bieten eine simultane Abtastung aller Kanäle und eine kanalindividuelle Verstärkung mit Eingangsbereichen zwischen ± 1 Volt und ± 50 Volt (optional: ± 10 bis ± 200V). Jeder Eingang verfügt über ein adaptives Anti-Aliasing-Filter. Um die Messungen in Zukunft weiter zu vereinfachen, bietet LTT jetzt zusätzlich den universalen Messverstärker LTT-500 an. Dieser kann bis zu 8 Sonarsensoren mit 20 Volt (oder 30mA) versorgen. In Kombination mit den Transientenrekordern LTT-184/186 werden die Sensorsignale, bei einer Bandbreite von 1MHz, bis zu 1660-fach verstärkt.

Die Anbindung des Transientenrekorders an den PC erfolgt über SCSI, USB oder Ethernet - bei Bedarf für längere Entfernungen auch über Lichtwellenleiter. Bei angeschlossenem PC lassen sich die Signale so auch aus der Ferne online darstellen und kontrollieren. Mit der Software LTTview wird die Erfassung, Wiedergabe und Analyse der Messdaten erheblich vereinfacht. Die umfangreiche Triggerfunktion definiert den Start der Datenerfassung. Die Online-Mathematik ermöglicht eine erste Bewertung der Messung noch während der Aufnahme. Das direkte Speichern der Messdaten in Dateiformaten wie Famos, Diadem oder

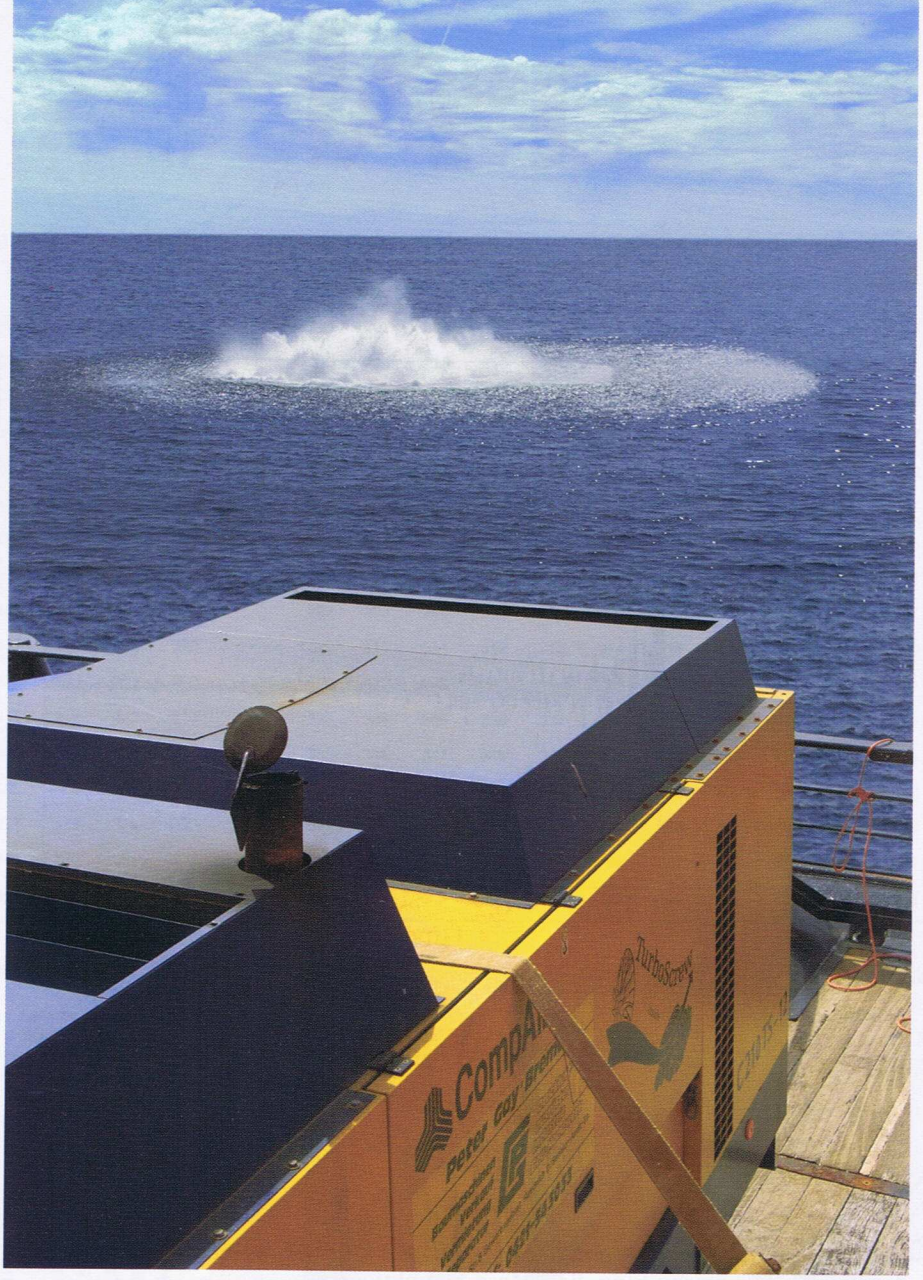

Bild 2: Eine Testsprengung mit geringerer Sprengkraft. Im Vordergrund der CompAir-Kompressor, mit dem die nötige Druckluft für den Blasenvorhang erzeugt wird [2].

Bild 3: Die robusten Transientenrekorder der Serien LTT-184 und LTT-186 haben sich bereits mehrfach unter schwierigsten Einsatzbedingungen wie bei Sprengversuchen an Land und auf See bewährt.

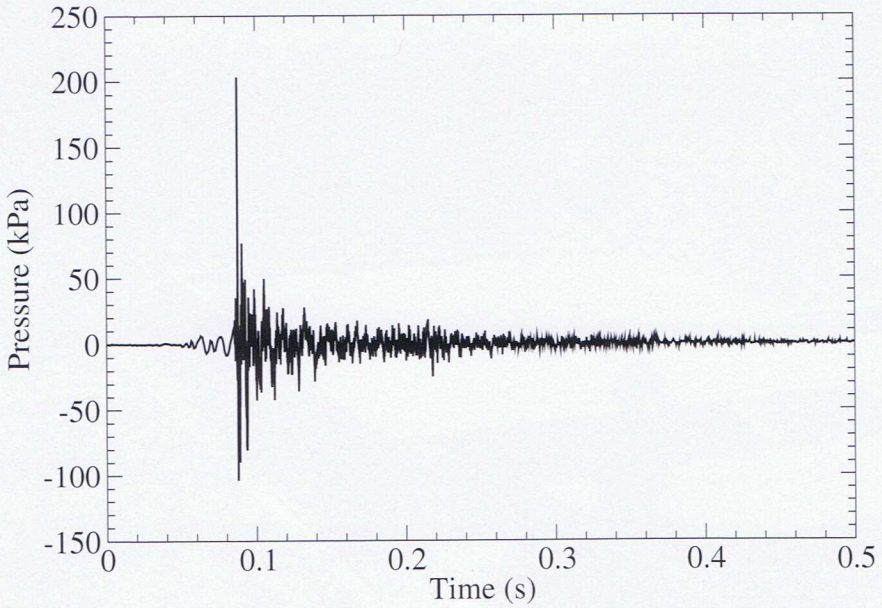

Bild 4: Druckverlauf nach der Detonation einer 300 kg Mine, gemessen in einer Entfernung von 800 Metern [1].

National Instruments TDM erlaubt eine direkte Weiterverarbeitung der Messdaten.

Um absolut sicher zu gehen, werden die erfassten Messdaten zunächst im Gerät zwischengespeichert – entweder in einem High-Speed-RAM von bis zu 512 Megabyte oder auf einer integrierten, schockfesten Harddisk mit bis zu 40 Gigabyte Speichertiefe. So ist gewährleistet, dass die Messdaten selbst unter härtesten Einsatzbedingungen und auch im „worst case" – bei eventuellem Verlust der Verbindung zum PC – sicher aufgezeichnet werden.

Bild 4 zeigt einen typischen Druckverlauf für die Detonation einer 300 kg Mine, gemessen in einer Entfernung von etwa 800 Metern. Dabei sind sehr hohe Abtastraten von bis zu 2,5 MegaSamples pro Sekunde und Kanal gefordert, um eine ausreichende Signalbandbreite sicherzustellen. Dies ist einerseits nötig, um die für Sprengungen typischen, kurzen Druckspitzen auszuwerten, andererseits auch, um den Dämpfungseffekt bis in den Bereich von 100 kHz analysieren zu können. Auf diesen Frequenzbereich reagieren gerade die in der südlichen Ostsee im Bestand bedrohten Schweinswale sehr empfindlich. Diese nutzen nämlich – wie die mit ihnen verwandten Delfine – eine Art „Ultraschall-Ortungssystem", das ähnlich dem von U-Booten bekannten Sonar funktioniert.

In Bild 5 sind die Terzspektren einer ungedämpften Sprengung sowie zweier Sprengungen mit Luftblasenvorhang dargestellt. Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass im unteren Frequenzbereich bis 1 kHz keine signifikante Dämpfung festzustellen ist, während darüber Dämpfungen von durchschnittlich etwa 4 dB erreicht werden können. Die Dämpfungseffekte fallen dabei zunächst geringer aus als auf Grund anderer Experimente erwartet. Dies führt man darauf zurück, dass bei derart großen Sprengladungen erhebliche Mengen an Wasser einfach durch Explosionsgase verdrängt werden, was natürlich die Druckausbreitung beeinflusst. Weitere Versuche sollen folgen, wobei vor allem der Durchmesser des Blasenvorhangs variiert werden soll.

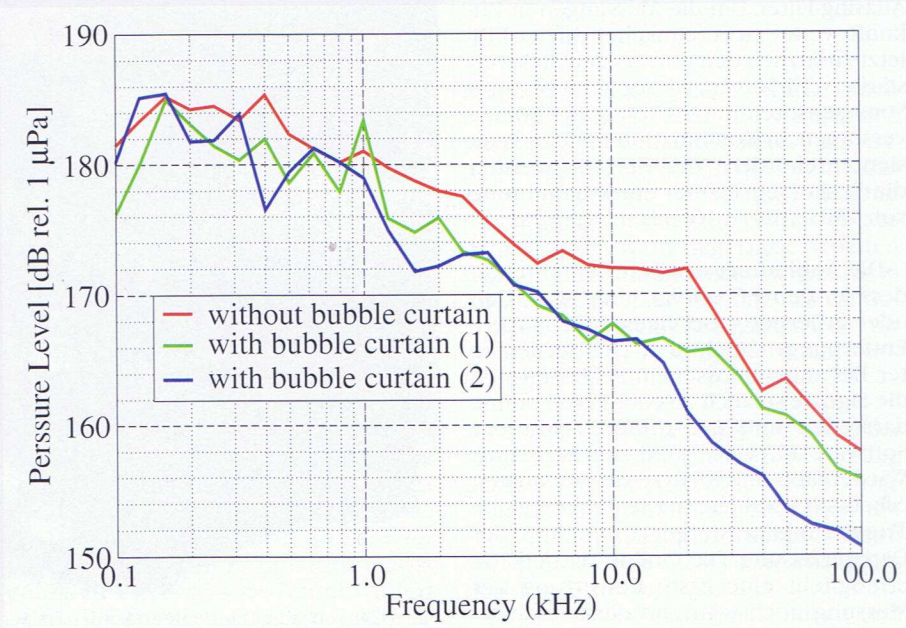

Bild 5: Terzspektren der Messdaten mit und ohne Luftblasenvorhang (Integrationszeit 1 sec) [1].

Quellennachweise:

[1] E. Schmidtke, B. Nützel and S. Ludwig: "Risk mitigation for sea mammals - The use of air bubbles against shock waves", Proceedings of the International Conference on Acoustics "NAG/DAGA 2009", Rotterdam, 2009, pp. 269-270

[2] Bilder 1 und 2 mit freundlicher Genehmigung der CompAir Drucklufttechnik GmbH, Simmern.