
Untergang und Bergung der Kursk

Ingenieurgemeinschaft IgH

Essen

Oktober 2001

Dieser Text¹ ist in der Zeitschrift c't, Ausgabe 24/2001, erschienen. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Heise-Verlages, Hannover. Der Text ist urheberrechtlich geschützt.

Ingenieurgemeinschaft IgH
Heinz-Bäcker-Str. 34
D-45356 Essen
Tel.: +49-201-619931
Fax.: +49-201-619836
E-mail: msk@igh-essen.com

¹kurskbergung, Revision: 1.1 , Stand: Date: 2002/01/15 16:19:07

Untergang und Bergung der Kursk

Vorgeschichte

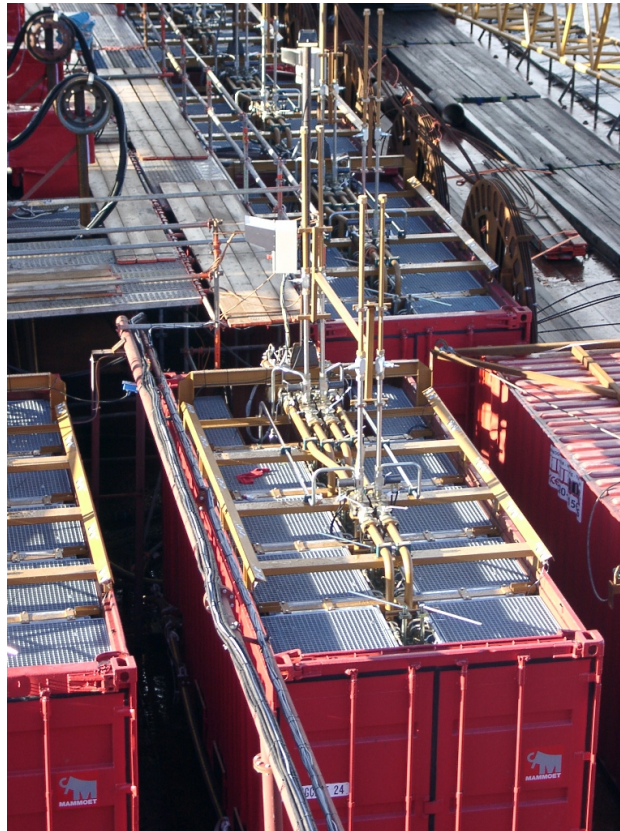
Am 12. August 2000 sank nach mehreren Explosionen an Bord das russische nukleargetriebene U-Boot „Kursk“. Alle 118 Mitglieder der Besatzung verloren bei diesem Unglück ihr Leben. Das U-Boot lag dann über ein Jahr lang in 108 Metern Tiefe auf 37°34'25" östlicher Länge und 69°37'00" nördlicher Länge: in der Barentsee nahe der russischen Hafenstadt Murmansk, dem Heimathafen der Kursk und dem Ort ihrer Entstehung. Bereits im Herbst 2000 begannen die Ingenieure des St. Petersburger Konstruktionsbüros Rubin, wo die Blaupausen der Kursk entstanden waren, mit der Projektierung der Bergung. Dieses Unternehmen wurde international ausgeschrieben und im Frühjahr 2001 vom niederländischen Konsortium Mammoet Smit International übernommen. Eine zentrale Vorgabe war der Abschluß der Bergung noch im Jahre 2001. In der Barentsee beginnen jedoch meist schon Anfang Oktober heftige und schwer vorhersagbare Winterstürme. Die Operation stand also von Beginn an unter gewaltigem Zeitdruck.

Wie hebt man ein U-Boot?

Das Konzept der Bergung ist im Prinzip sehr einfach: Man nimmt einen Ponton, also einen großen schwimmfähigen Kasten, befestigt ein paar Seile am Wrack des U-Bootes und zieht diese zum Ponton hoch. Nun ist das Wrack 158 Meter lang, wiegt etwa 13000 Tonnen und besitzt leider keine Haken, an denen man die Seile ohne weiteres befestigen könnte. Außerdem liegt die Kursk im Schlamm des Meeresgrundes. Dort liegt sie starr und fest, während der Ponton in den Wellen mehrere Meter auf und nieder tanzt. Zieht man die Seile zwischen Ponton und Wrack straff, reißen sie aufgrund der ruckartigen Belastung nach kurzer Zeit. Daher muß die Bewegung des Pontons ausgefedert werden. Zu diesem Zweck sind 26 Wellenkompensatoren vorgesehen, riesige mit Stickstoff gefüllte Vierergruppen von Gasdruckzylindern.



Eine Kleinausgabe derartiger Zylinder findet man zum Beispiel an automobilen Heckklappen. Bei der Bergung der Kursk werden sie mit erheblich beeindruckenderen Abmaßen verwendet: vier Meter hoch und einen halben Meter im Durchmesser. Sie stehen unter Druck von bis zu 160 bar, also etwa dem 160-fachen des Atmosphärendrucks. Um ihre Elastizität zu erhöhen, besitzt jede Zylindergruppe noch einmal 128 Gasdruckflaschen von jeweils 50 Litern Fassungsvermögen. Diese Flaschen sind über 20 Ventile in Batterien geteilt, die gruppenweise zu- oder abgeschaltet werden können. Allein diese Flaschen füllen jeweils fast einen ganzen 20-Fuß Container. Insgesamt ist dies eine der größten Gasdruckanlagen, die weltweit je realisiert wurden.



Die Wellenkompensatoren tragen nun jeweils den eigentlichen Heberzylinder. Dieser greift mit einer einfachen Mechanik nach den 54 einzelnen Stahlseilen und hebt sie in einem Zyklus um maximal 40 Zentimeter. Die Technik dieser sogenannten „Strand Jacks“ hat sich bereits an Land zum Liften schwerer Lasten in unterschiedlichsten Einsätzen bewährt.

Das einfache Prinzip wirft bei genauerer Betrachtung dann aber eine Reihe von Fragen und Problemen auf:

- Wie groß ist die Kraft, die zum Ablösen des Wracks vom Seeboden erforderlich ist? Wer mit seinen Stiefeln schon einmal im Schlick eines Gewässers gesteckt hat, wird ermessen können, daß diese Kraft enorm sein kann.
- Wie hoch schießt das Wrack auf, wenn es sich etwa schlagartig vom Boden löst?
- Ponton und Wrack sind elastisch miteinander verbunden. Können sie durch die Anregung der Wellen in Schwingung geraten? Wie sehen diese Schwingungsbewegungen aus?

- Wie kann in der Phase der Greifermontage, während das Wrack noch am Boden liegt, der Gezeitenhub ausgeglichen werden?
- Wie werden die Kräfte an den einzelnen Heberpunkten kontrolliert? Wie realisiert man eine optimale Lastverteilung? Wie werden die Wellenkompensatoren in sicheren Arbeitspositionen gehalten?
- Wie wirken die Wellenkräfte auf das U-Boot, wenn sich dies dem Bergponton nähert?
- Wie kann das Wrack schließlich sicher unter den Ponton gespannt werden?
- Was geschieht in außerplanmäßigen Situationen?

Gerade die Frage nach der Beherrschung ungeplanter Ereignisse ist bei derartigen technischen Großprojekten von sehr weitreichender Bedeutung. Mit viel Phantasie werden Pannenszenarien erdacht und Lösungsstrategien entwickelt. Was ist zu tun, wenn

- ein Trossenbündel etwa wegen Überlastung bricht? Man bedenke, daß in dieser Situation eine gespannte Feder auslöst, die genügend Energie hätte, einen voll beladenen Sattelzug etwa 50 Meter hoch zu schleudern.
- der Seegang unerwartet stark wird?
- an einzelnen Wellenkompensatoren etwa aufgrund von Leitungsbruch der Gasdruck zusammenbricht?
- das Wrack in unerwartet starke Schwingung gerät?

Die technische Aufgabe der Bergung eines Wracks von solchen Ausmaßen und Gewichten ist hier erstmalig angegangen worden. Im Vorfeld sind vor allen Dingen angesichts der Risiken möglichst detaillierte Berechnungen erforderlich, um Antworten auf die lange Liste der ungeklärten Fragen zu erhalten.

Diese Fragen waren aufgekommen, als Ende Juni 2001 die Firma Mammoet Smit International den Kontakt zur Ingenieurgemeinschaft IgH in Essen suchte. Dort befaßt man sich mit Aufgaben der Hydraulik und unter anderem mit der Berechnung hydropneumatischer Speicher, die in ihrer Konstruktion zahlreiche Ähnlichkeiten zu den Gasdruckzylindern der Bergeaktion aufweisen. Außerdem wird dort vielfältige Software für Simulationen, für Probleme des Messens, Steuerns und Regels sowie für Prüfstände erstellt.

Daher wurde die IgH beauftragt, eine Simulationssoftware für die Bergung zu programmieren. Erfreulicherweise stehen mittlerweile Simulationswerkzeuge und leistungsfähige Rechner zur Verfügung, die in kurzer Zeit detaillierte Lösungen liefern. Von vornherein verfolgte die Simulation einen weiteren Zweck von großer Bedeutung: den des Trainings. Niemand hat bislang Erfahrung im Bergen derartig gewaltiger Wracks. Wie macht man so etwas? Der gesamte Hebeapparat an Bord der Giant 4, dem Bergeponton, birgt über tausend Hydraulik- und Pneumatikventile! Wie steuert man ein solches System? Diese Frage wiederum führt auf die Notwendigkeit einer Bedienerschnittstelle, die den Operatoren im Leitstand jederzeit alle wesentlichen Informationen liefern und die Durchführung sinnvoll koordinierter Maßnahmen gewährleisten muß.

Ein enormes Problem stellte bei dem gesamten Projekt der gewaltige Zeitdruck dar. Zunächst waren logistische Aufgaben zu lösen. Woher nimmt man die technische Ausrüstung für ein Vorhaben, das in dieser Art nie zuvor gestartet wurde? Außerdem ist Man-Power knapp. So sucht beispielsweise die IgH händeringend hochqualifizierte Ingenieure. Zwangsläufig müssen Kompromisse eingegangen werden:

- man verwendet Hebetechnologie auf See, die für den Einsatz an Land entwickelt ist;
- die Größe wichtiger Bauteile, der Gasfedern etwa, orientiert sich an Fertigungsmöglichkeiten;
- statt ideal integrierter Systeme akzeptiert man massiv heterogene Strukturen, etwa in der Steuerungstechnik;
- wo die Entwicklungszeit nicht ausreicht, wird der Automationstechnik Humanintelligenz zur Seite gestellt.

Computer zur Bergung der Kursk

Vor diesem Hintergrund wird einleuchtend, daß die Bergeaktion ohne einen massiven Einsatz von EDV nicht denkbar gewesen wäre.

Die Steuerung der Wellenkompensatoren hat unter anderem die folgenden Aufgaben zu lösen:

- Kontrolle der Gasdrücke in den Gasfedern und den nachgeschalteten Gasflaschen. Über automatisch betätigte Füll- und Abblasventile werden Druck und Füllung geregelt.
- Überwachung der Gasfederbewegung. Die Konstruktion der Gasfedern verbietet das Anschlagen der Federn an ihrem oberen oder unteren Ende. Im ersten Fall würde der Kolben sich im Zylinder festfressen - eine Sicherungsmaßnahme, die erforderlich ist, damit der Kolben nicht zum Geschoß werden kann. Im anderen Falle des unteren Anschlages besteht die Gefahr des Seilbruchs.
- Optimierung der Kraftverteilung. Die verschiedenen Hebepunkte am Wrack sind nicht gleich belastbar. Außerdem sind Schwerpunktslage und Masse des Wracks nicht exakt bekannt. Es ist daher wichtig, rasch eine Lastverteilung zu realisieren, die sich daran orientiert, möglichst große Sicherheitsreserven zu erhalten.
- Protokollierung des Hebevorgangs. Der gesamte Ablauf der Bergung wird in einer Vielzahl von Daten (Drücke, Wege, Winkel usw.) erfaßt und lückenlos protokolliert.

Bei der Steuerung der hydraulischen Heber ist ein Ausfall zwar unerwünscht, birgt aber kein unmittelbares Risiko. Die wesentliche Folge ist die Unterbrechung des Hebevorgangs. Die Meereswellen jedoch laufen ununterbrochen an, deshalb müssen die Wellenkompensatoren mit höchster Zuverlässigkeit arbeiten. Zu diesem Zweck werden deren speicherprogrammierbare Steuerungen hochverfügbar realisiert. Das gesamte System wird massiv redundant aufgebaut. Jede Komponente und jede Verbindung existiert in mindestens doppelter Ausführung. Die Leitrechner sind fünffach vorhanden. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung gewährleistet den Betrieb auch bei Ausfall des dieselgeneratorbetriebenen Bordnetzes.

Die Kommunikation zwischen den Steuerungseinheiten und den Leitrechnern erfolgt über das Modbus-Plus-Protokoll. Jede der 26 Steuerungen nimmt im Takt von 200 Millisekunden Gasdrücke, Kolbenwege und Temperaturen auf. Insgesamt werden 424 analoge Signale aufgenommen und gewandelt. Auch die Sensoren sind redundant ausgeführt, so daß jede Steuerung Signalabweichungen ermitteln und Alarm auslösen kann.

An jeder Steuerung ist ein Display angebracht, über das die Kommunikation mit der Decksbesatzung erfolgt. An jedem Wellenkompensator ist während der gesamten Bergephase ein Techniker im Einsatz, der für die Überwachung

der Komponenten zuständig ist. Die Techniker erhalten ihre Anweisungen aus dem Leitstand über die Displays. Beispielsweise kann hier die Anordnung einer bestimmten Ventilstellung innerhalb der Gasflaschenbatterie erfolgen. Die Ausführung der Anweisung wird jeweils quittiert, worüber der Leitrechner Auskunft gibt.

Zwei weitere baugleiche Steuerungen werden verwendet, um die Lage des U-Bootes zu ermitteln. Damit erhalten die Operatoren Informationen über den vertikalen Abstand zum Wrack, aber auch über etwaige Neigungen. Nach Vorgabe der Rubin-Ingenieure müssen diese Neigungen wegen der Empfindlichkeit des komplizierten Innenlebens der Kursk so gering wie möglich bleiben.

Die Entwicklung und der Aufbau des gesamten Steuerungssystems der Wellenkompensatoren, für das die niederländische Firma Raster verantwortlich zeichnet, erfolgte binnen weniger Wochen eng verzahnt mit der Realisierung des Simulationssystems.

Dichtung und Wirklichkeit

Eine der ersten Fragen, die mit den Mitteln der Simulation zu lösen sein würden, zielte auf das Verhalten des Stickstoffs in den Wellenkompensatoren. Man hatte sich entschieden, diesen chemisch außerordentlich trägen Bestandteil unserer Luft in seiner reinen Form einzusetzen, weil bei den auftretenden hohen Drücken die Verwendung von Druckluft durch den darin enthaltenen Sauerstoff die Gefahr der Selbstentzündung von Lagerschmierstoffen bedeutet hätte. Die Eigenschaften eines Gases werden im wesentlichen durch seinen Druck und seine Temperatur bestimmt. Presst man ein Gasvolumen zusammen, dann erhitzt es sich. Durch die Wand des Behälters kann Wärme abfließen, in der Folge sinkt wiederum der Druck. Steht der Zylinder unter Last, bedeutet dies ein weiteres Eintauchen des Kolbens. Druck, Temperatur und Volumen des eingeschlossenen Gases stehen also im engen Wechselspiel. Die Autoren haben ein Simulationsprogramm entwickelt, mit dem das Verhalten von Stickstoff in Zylinderkammern und Rohrleitungen hochgenau beschrieben werden kann. Es zeigt sich schnell, daß sich Federn mit einer Stickstofffüllung anders verhalten als Federn aus Stahl, die wesentlich einfacher berechenbar sind. Wie groß die Unterschiede sein würden, konnte bereits früh errechnet werden.

Wesentlich komplexer als die Mechanik der Gasfedern ist die Mechanik der Schiffskörper. Die Berechnung der Bewegung eines einzelnen Rumpfes im

Wasser ist bereits nicht trivial. In der Meerestechnik und im Schiffbau werden aufwendige Computerprogramme verwendet, um die Schiffsbewegung in Abhängigkeit von zahlreichen Parametern zu ermitteln. Wichtig sind hier die Wellenhöhe, -länge, -geschwindigkeit und -laufrichtung sowie die Eintauchtiefe des Rumpfes ins Wasser. Befindet sich ein Bootskörper vollständig unter Wasser, dann gelten andere mechanische Gesetzmäßigkeiten als bei schwimmenden Körpern. Je tiefer ein U-Boot getaucht ist, desto geringer ist der Einfluß der Wellen an der Oberfläche. Entsprechend schwächer werden auch die Wellen, die das Boot an der Oberfläche erregt. Das Abstrahlen von Oberflächenwellen trägt wesentlich zur Dämpfung der Schwingungsbewegung eines Schiffskörpers bei. Dies bedeutet, daß ein tief getauchter Körper nur mäßig gegen Schwingungen gedämpft ist. Wichtig bei der Untersuchung der Schwingungen ist auch der Einfluß, den die Strömungsreibung am Bootskörper ausübt. Der Widerstand der Wasserumströmung hängt direkt von der Oberfläche ab. Die Trägheit eines Körpers, also sein Drang, eine einmal aufgenommene Bewegung weiterzuführen, steigt jedoch mit dem Volumen. Das heißt, ein großer Körper wird ungleich schlechter gegen Schwingungsbewegung gedämpft als ein kleiner. Die Kursk aber ist riesig!

Das Ausmaß von Schwingungsbewegungen von Ponton und Kursk war von größtem Interesse. Gekoppelt über starke Federn und relativ dürftig gedämpft kann sich eine Schwingung bei ungünstiger Anregung durchaus aufschaukeln. Ingenieure sprechen von der Resonanzkatastrophe. Es galt also, die Bewegungen in allen Richtungen des Raumes zu berechnen und auf Resonanzen zu untersuchen. Die Berechnung der Bewegung eines U-Bootes, das elastisch unter einem Bergeschiff hängt, ist auch für Schiffstechniker keine ganz alltägliche Aufgabe. Dankenswerterweise engagierte sich Professor Sharma von der Universität Duisburg in diesen Fragen sehr erfolgreich. Er stellte ein mathematisches Modell zur Verfügung, das die Bewegung der Schiffskörper in allen Freiheitsgraden beschreibt. Damit sind also die Bewegungen und Drehungen in beziehungsweise um die Längs-, Quer- und Hochachse zu ermitteln.

Das Simulationssystem sollte nun die gesammelte Mathematik in Programmform enthalten. Ziel war es, ein Programm zu realisieren, das zur Entwicklung der Wellenkompensatorsteuerung sowie zum Operatortraining verwendet werden sollte.

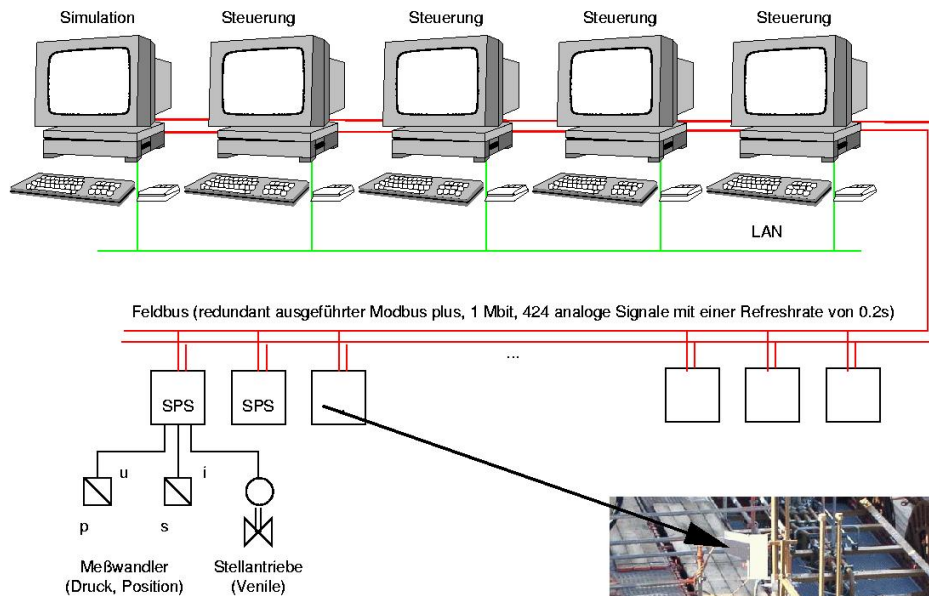
Zum Einsatz kam die Software Matlab/Simulink der Firma Mathworks. Das System verfügt über effiziente Differentialgleichungslöser und umfassende Methoden der Visualisierung. Die besonderen Stärken liegen in der matrizenbasierten Numerik. Besonders bewährt hat sich das System in der Regelungs- und Signalverarbeitungstechnik.

Matlab/Simulink verfolgt ein sehr offenes Programmierkonzept. Mit Matlab steht ein außerordentlich mächtiger Hochspracheninterpreter zur Verfügung, der eine grafische Benutzerschnittstelle anbietet. Simulink wird durch das Verknüpfen grafischer Elemente programmiert, wobei die grafische Gestaltung sich an der schematischen Struktur des simulierten Systems orientiert. Darüber hinaus bietet Matlab/Simulink Schnittstellen zu anderen Hochsprachen wie C, C++ und Fortran. Diese Schnittstellen bieten sich an, wenn die Recheneffizienz im Vordergrund steht. Im Vorfeld der Bergung sollten einzelne Bergephasen möglichst zügig in diversen Varianten gerechnet werden, deshalb wurde die Entscheidung getroffen, die komplizierte Mathematik in Programmmodulen einzubinden, die in C geschrieben sind. Der Umfang der Quellen beträgt etwa 12.000 Zeilen, die in dreimonatiger Arbeitszeit bei der IgH entstanden sind. Mit einem Standard-PC kann der Bergevorgang unter Verwendung der Compile mit mehrfach überhöhter Geschwindigkeit simuliert werden.

Die Firma Raster benötigte zur Entwicklung der Wellenkompensatorsteuerung möglichst rasch realistische Testbedingungen. Zu diesem Zweck wurde eine Anbindung zwischen Simulation und Steuerungssoftware auf TCP/IP-Basis realisiert. Das Modbus-Protokoll ist nicht an RS485 gebunden, sondern kann über beliebige Verbindungen gefahren werden. Unter TCP benutzt es als Open Modbus/TCP den well known port 502. Die einzelnen Stationen der Steuerung verhalten sich wie Server, die der Leitrechner als Client anspricht.



Industrie PC's: dualboot Linux Suse 6.4 / Windows 2000

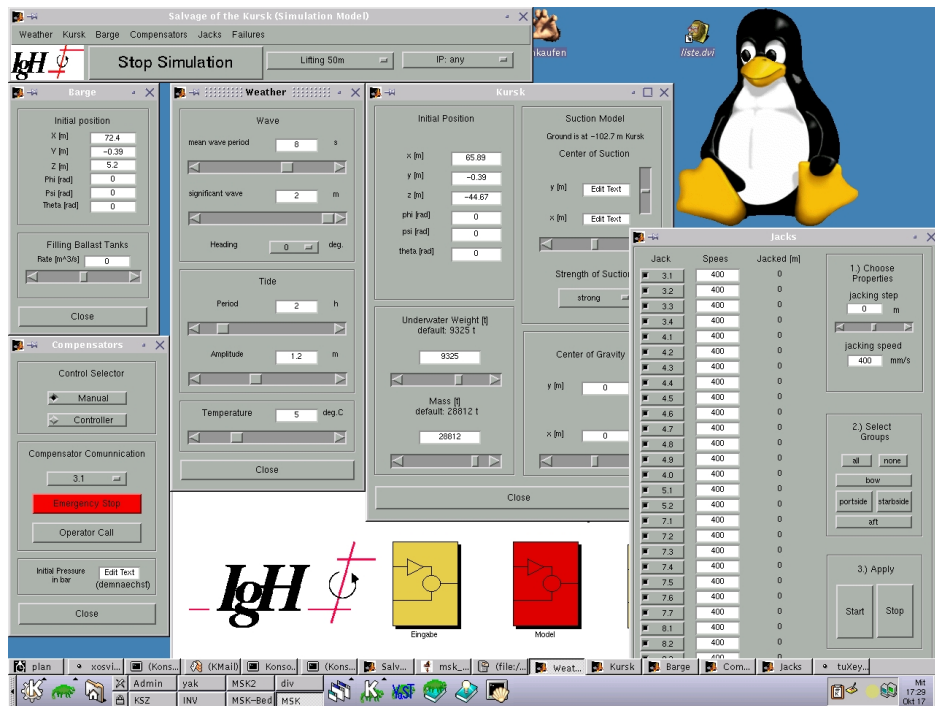


Aus verschiedenen Gründen war Linux als Simulationsplattform gewählt worden. Neben der Robustheit des Systems und der Verfügbarkeit exzellenter Software waren vor allem die Netzwerkeigenschaften ausschlaggebend. Linux ist bei der IgH seit ca. 6 Jahren sowohl im Server als auch im Desktopbereich im Einsatz, so daß hier sehr viel Erfahrung sowohl in der Anwendung als auch der Systemadministration, sowie der Programmierung unter Linux vorhanden ist.

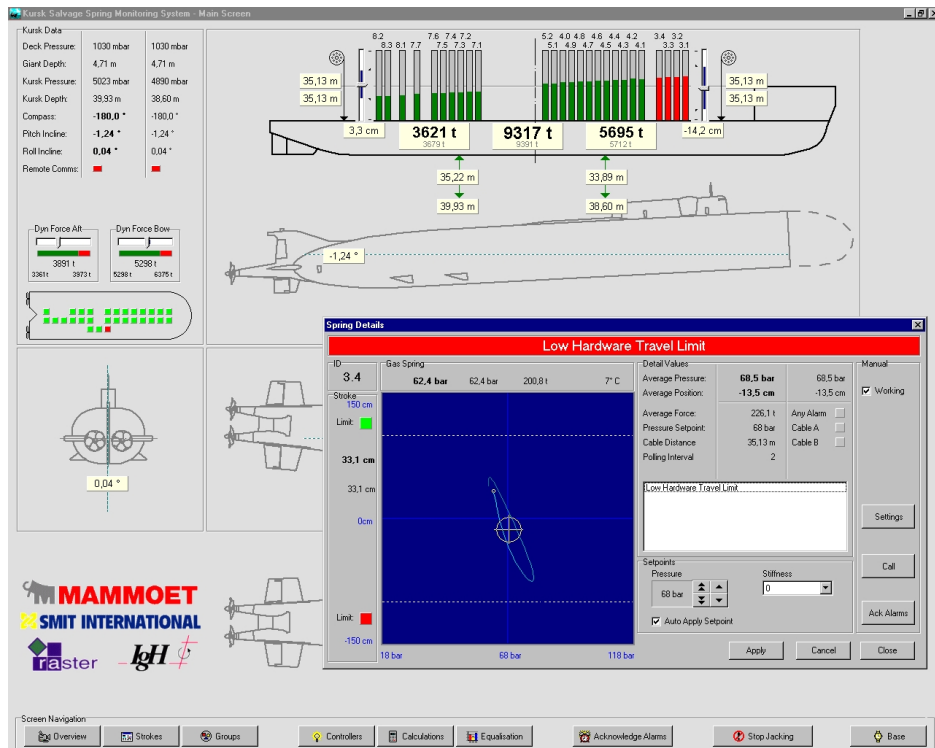
Die Kommunikation zwischen Simulation und Steuerungsleitrechner macht Gebrauch von der sehr eleganten Inter Process Communication (Sys V IPC) via Shared Memory, die Linux von Hause aus liefert. Die Idee ist, daß mehrere

Prozesse definierten Zugriff auf einen gemeinsamen Speicherbereich erhalten. Auf diese Weise können die beteiligten Programme weitgehend unabhängig voneinander entwickelt werden. Außerdem erfolgt die Kommunikation extrem schnell. Die Kommunikation über den Inhalt des gemeinsamen Speicherbereiches wird über einen Serverprozeß abgewickelt, der in nur 200 Zeilen Perl geschrieben ist. Das Modbus-Protokoll ist binär, daher ist es nicht sicher möglich, Ankerpunkte im Datenstrom zu finden. Aus diesem Grund beendet der Server nach jedem Lese- oder Schreibzugriff auf eine simulierte Steuerung die Kommunikation. Der Umfang des Datenaustauschs ist, wie für Steuerungen typisch, gering. Daher arbeitet der Server als sogenannter single-threaded Server, der Serverprozeß selbst also bearbeitet den Request. Dies unterscheidet den Server von anderen, die große Datenportionen zu übertragen haben, wie etwa Web-Server. Die Verwendung eines wohldefinierten offenen Protokolls erwies sich im übrigen als sehr nützlich unter den gegebenen Randbedingungen der internationalen Entwicklungen. Programmierer in den Niederlanden konnten sich während der Entwicklung via Internet mit dem Simulationssystem verbinden und frühzeitig erste Tests absolvieren.

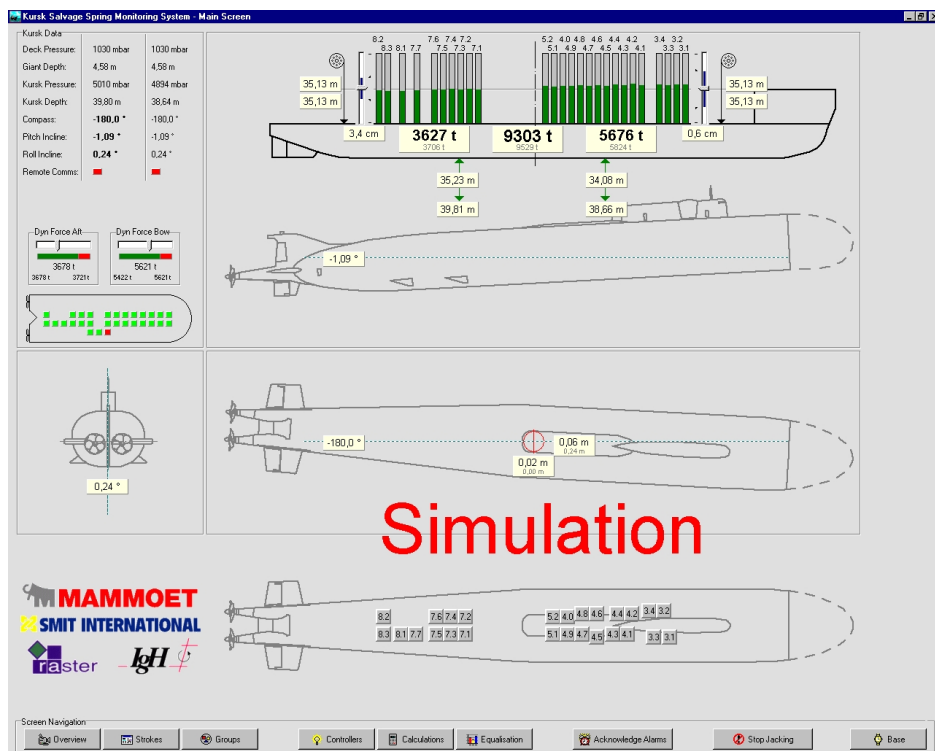
Das Simulationssystem besitzt eine grafische Oberfläche, die es erlaubt, „Schicksal“ zu spielen. Dort läßt sich zum Beispiel das Wetter definieren, ausgedrückt in Wellenhöhe, -länge und -richtung. Die mechanischen Daten von Ponton und Wrack können variiert werden, beispielsweise die Schwerpunktslage oder die Masse. Die Haftkraft des Wracks am Boden läßt sich verändern und schließlich kann die Aktivität der Hebezyylinder, der Strand Jacks, simuliert werden, das von der Simulation aus als externes System betrachtet wird.



Die Simulation startet nach Knopfdruck und kommuniziert nun mit dem oder den Steuerungsrechnern der Wellenkompensation. Diese können im laufenden Betrieb umgeschaltet werden zwischen dem Feldbus Modbus Plus, der den Weg zur Wirklichkeit darstellt und dem TCP-Stream, der die Welt nur simuliert. Die Operatoren an den Steuerungsrechnern können zwischen verschiedenen Darstellungen wählen. Im Hauptbild wird die Lage des U-Bootes wiedergegeben. Dort werden die Zylinderdrücke dargestellt und die daraus resultierenden Kräfte. Außerdem ist direkt erkennbar, ob die Kolbenhübe sich im sicheren Bereich befinden.



Die Operatoren können die einzelnen Wellenkompensatoren in der Höhe ihres Drucks und ihrer Steifigkeit kontrollieren. Sie erhalten Detailinformationen über jedes einzelne System durch Anklicken des jeweiligen Kompensatorsymbols. Nun kann der Druck erhöht oder abgesenkt werden, es können Anweisungen an die Techniker an Deck übermittelt werden, etwa bestimmte Ventilstellungen vorzunehmen. Das genaue Verhalten des Kompensators wird als Linienzug in einem Diagramm von Druck über Weg dargestellt. Darüber hinaus lassen sich einzelne Werkzeuge aktivieren, beispielsweise ein Tool zur optimalen Verteilung der Trossenkräfte. Dieses Werkzeug erlaubt zum Beispiel nach dem Abheben vom Seegrund die Anpassung der Parameter an die tatsächliche Schwerpunktslage und weitere mechanische Eigenschaften. Diese Daten können an das Simulationssystem übertragen werden, um dort zeitgleich den Bergevorgang nachbilden zu können. So ist es jederzeit möglich, bei Eintreten ungeplanter Ereignisse verzögerungsfrei Varianten zu simulieren.



Die Steuerungssoftware, mit der die Einheiten an Deck kontrolliert werden, ist in Delphi geschrieben und arbeitet unter Windows 2000. Delphi erweist sich hier wieder einmal als hochentwickeltes Werkzeug zur zügigen Realisierung eines Softwaresystems.

Im Leitstand arbeiten fünf Rechner für die Steuerung der Wellenkompensatoren. Sie sind hard- und softwareidentisch aufgebaut. Alle Rechner besitzen eine Dual-Boot Option Windows 2000/Linux. Die Rechner sind per Ethernet vernetzt. Daher stellt die Kommunikation zwischen Simulations- und Steuerungssystem, die via TCP/IP erfolgt, kein Problem dar. Die Systeme, die unter Linux laufen, fügen sich dank Samba einwandfrei in die Arbeitsgruppe der Windows-Rechner ein. Diese Struktur stellt damit ein hervorragendes Beispiel für die gelungene Umsetzung einer heterogenen Netzwerkstruktur dar, die es erlaubt, die Vorteile der jeweiligen Plattformen optimal zu nutzen. Dies sollte umso mehr beeindrucken, als das System durchaus missionskritisch ist.

Übung macht den Meister

Die Reisezeit der Giant 4 in die Barentsee wurde durch intensives Training genutzt. Das gesamte Operatorenteam wurde durch Mitarbeiter der IgH an dem Simulator geschult. Hier ergaben sich letzte Verbesserungen hinsichtlich der Oberflächenenergonomie. Dieser Aspekt ist angesichts der gewaltigen Massen und Energieen, die hier gehandhabt werden, von großer Wichtigkeit, zumal der Bergevorgang vom Niederbringen der ersten Trosse bis zum Anziehen des Wracks unter den Rumpf des Pontons mehrere Tage dauern sollte. So wurde nun tagelang unter den verschiedensten Bedingungen geübt. Der höchste Wert des Trainings ist sicher, die verantwortlichen Operatoren gedanklich und gefühlsmäßig so vertraut wie möglich mit dem komplexen technischen System zu machen. Darüber hinaus wurde jedoch auch ein Reigen von Szenarien ungeplanter Situationen durchgespielt. Das Resultat schlug sich nieder in einem Leitfaden für U-Boot-Bergung. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Simulation ist schließlich die Klärung der Frage, unter welchen Bedingungen die Bergung sicher oder sicher nicht durchgeführt werden kann. Nachdem im Training sowohl Erfolge wie auch Mißerfolge stattgefunden hatten, konnte das Team sich voller Zuversicht auf die Reise ins Ungewisse und in die kühle Barentsee machen.

Der Arbeit Lohn

Seit Mitte September befand sich das Bergungsteam von 52 Experten – unter ihnen auch Dr. Rotthäuser und Dr. Hagemeister von der IgH – aus vielen Ländern Europas an Bord der Giant 4. Letzte Vorbereitungen liefen zeitgleich zur Abtrennung des Bugsegments der Kursk, die aufgrund der starken Beschädigungen erforderlich war. Eine Reihe von Problemen verursachte die Verzögerung des Bergungsbeginns bis in den Oktober hinein. Trotz außerordentlich ungünstiger Wettervoraussetzungen entschloß man sich jedoch, die Bergung zu versuchen. Am 8. Oktober wurde der erste Greifer montiert. Zwei Tage darauf drohte ein plötzlich aufkommender Sturm die bereits befestigten Greifer zu beschädigen, das Scheitern der Mission war nur Zentimeter entfernt, wenige Zentimeter nämlich, die in den Kompensatoren noch fehlten bis zum harten Anschlagen, was ihren Ausfall bewirkt hätte.

Nach Abflauen des Sturms jedoch stellten sich geradezu optimale Wetterbedingungen für die Bergung ein. In der Nacht vom 14. auf den 15. Oktober wurden die Trossen unter Spannung gesetzt und die Kursk ließ sich willig

Richtung Oberfläche ziehen. Unmittelbar nach dem Ablösen vom Seegrund wurde Kurs Richtung Murmansk genommen. Mit der Kursk sicher unter ihrem Rumpf lief die Giant 4 in die Werft in Rosljakovo, wo sie wenige Tage später ins Trockendock geschleppt und nunmehr aus dem Wasser gehoben wurde.

Zum Gedenken

Bei allem Erfolg der Bergung gedenken wir der 118 Mitglieder der Kurskbesatzung, die am 12. August 2000 Opfer der Tragödie in der Barentsee wurden. Unser tiefes Mitgefühl gilt ihren Angehörigen.