

## ENTWICKLUNG EINER SCHALLEMISSIONSPRÜFTECHNIK ZUR PRÜFUNG VON KORROSIONEN AN ÖLTANKERN

P. Tscheliesnig, TÜV Österreich, Wien (A)

### Einführung

Die westliche Zivilisation ist abhängig von der dauernden Versorgung mit Rohöl, welches heute einer der wichtigsten Energieträger ist. Der Transport von den Produzenten zum Verbraucher, wobei meistens Meerquerungen notwendig sind, erfolgt hauptsächlich mittels Tankschiffen. Diese Transportart birgt neben kleineren Ölmengen, welche im Normbetrieb auf dem Meer frei gesetzt werden, die Gefahr von Unfällen, welche sowohl auf dem freien Meer als auch um so mehr in Küstennähe eine Gefährdung für die Umwelt darstellen.

Die schwersten derartigen Unfälle traten mit dem Öltanker „Erika“ vor der Küste der Bretagne (Frankreich) und mit der „Prestige“ vor der Küste Galiziens (Spanien) auf. Bei diesen Unfällen wurden die Meere und nachfolgend auch die Küstengebiete mit mehr als 50.000 t Rohöl bzw. schweren Öldestillaten verseucht, was die Fauna und Flora in den betroffenen Gebieten auf Jahre wenn nicht Jahrzehnte schädigte. Neben menschlichem Versagen traten alle Katastrophen an älteren, durch Korrosion schon geschädigten Öltankern auf, wobei doch ein beträchtlicher Teil (34 % bzw. 17 %) der ca. 9.000 auf den Weltmeeren kreuzenden Öltankschiffen weit über 25 Jahre oder gar 50 Jahre im Betrieb sind. Die beiden oben angesprochenen Schiffe kreuzten auch unter einer so genannten „flag of convenience“, was geringere Kontrollen und Wartungsarbeiten zur Folge hatte. Es soll auch darauf hingewiesen werden, dass obige Schiffe zur Klasse der Einhüllentanker gehörten, Tankwandung und Schiffsrumpf sind identisch, von denen noch über 5.000 Stück auf den Weltmeeren im Einsatz sind und rein aus wirtschaftlichen Gründen nicht von heute auf morgen ausgetauscht werden können.



(EPA Foto AFP/Matine Nationale)



(EPA Photo EFE/Lavandeira)

Abbildung 1: Untergang des Öltankers „Erika“

Abbildung 2: Reinigungsarbeiten im Rahmen  
der Katastrophe der „Prestige“

## Aktionen

Da einerseits der TÜV Österreich auf dem Gebiet der Schallemissionsprüfung grundlegende Erfahrungen mit der Auffindung von Korrosionen hat und andererseits Koordinator eines von der EU geförderten Projektes zur Auffindung und Unterscheidung von Korrosionen in Flachbodenlagertanks war, entschloss sich der TÜV Österreich ein Projekt zur „Korrosionsprüfung von Schiffen (Öltanker) mit Hilfe der Schallemissionsprüfung“ zu initiieren und bei der EU um Förderung desselben anzusuchen. Am 1. November 2002 wurde das Projekt im Rahmen des 5. Rahmenprogramms, Direktion „Umweltschutz“, unter der Nr. EVG1-CT-2002-00067 genehmigt. Die Partnerunternehmen sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Zusammensetzung des Projektkonsortiums

Firma	Rolle	Arbeitsgebiet	Staat
TÜV Österreich	Projekt Koordinator, AT Prüf- und Auswertorganisation, Experte für Ex-Schutz	Akkreditierte Prüf-, Überwachungs-, Zertifizierungs- und Kalibrierstelle	A
Vallen Systeme	Geräteentwicklung	AT Gerätehersteller	D
Technische Universität Gdansk	Experte für Schiffsbau und Materialien, Prüforganisation	Universität, Abteilung für „off-shore“ und Schiffsb Baumaterialien	PL
Polnische Schiffsregistrierungs-Gesellschaft	Experte für Schiffsklassifizierung und Prüfung	Schiffsklassifizierungsgesellschaft	PL
Institut für angewandte Forschung	AT Prüforganisation	AT Prüffirma	PL
Marine-Institut Gdansk	Experte für Korrosion	Meeresforschung, Korrosionsexperte in Meeresumgebung	PL

Das strategische Ziel dieses Konsortiums war es, die heutigen Prüfverfahren, welche sowohl zeit- als auch ortsabhängig nur in vordefinierten Zeitabständen als auch an bestimmtem vorausgewählten Punkten eine Zufallskomponente enthalten, durch eine integrale Dauerüberwachung „Monitoring“ zu ersetzen oder zumindest am Ankerplatz eine integrale Messung für den jeweiligen Tank durchzuführen.

Der große Vorteil soll darin liegen, dass einerseits durch die Dauerüberwachung der Zustand des Tankers dauernd „online“ überprüft wird und diese Zustandsfeststellung auch der Besatzung bekannt ist und andererseits auch bei den Messungen im Hafen- bzw. am Ankerplatz ein verkürztes Prüfintervall und die Integralität des Verfahrens zum Tragen kommen. Eine nicht gering zu achtende Komponente ist, dass die Prüfungen Zeit und Kosten für die Überprüfung reduzieren. Diese Kostenersparnis hilft, die Konkurrenzsituation der europäischen Schifffahrtindustrie bei gleichzeitig erhöhter Sicherheit zu verbessern. Um diese Ziele zu erreichen, mussten 2 verschiedene Messsysteme entwickelt werden.

### **Ein permanent installiertes Dauerüberwachungssystem**

Dieses Messsystem, welches auf fix installierten Sensoren in den Lagertanks des Öltankers beruht, zeichnet permanent die Schallemissionssignale auf, während sich das Schiff im Hafen, vor dem Hafen oder auf hoher See befindet, und es wird jener Zeitabschnitt, in welchem abhängig von allen Umgebungsgeräuschen der geringste Störpegel vorliegt, ausgewählt, um den Zustand des Schiffes zu beurteilen. Die Daten werden auf dem Schiff weiter verarbeitet und automatisch zu einem Auswertelabor an Land übermittelt.

Das System hat den großen Vorteil, dass dieses Auswertelabor den Behälterzustand zu jedem beliebigen Zeitpunkt feststellen kann, und keine Messung vor der Entladung des Tankers im Hafen notwendig wird.

Von diesem Auswertelabor erhält die Schiffsbesatzung mit Hilfe eines Diagnosesystems an Bord ihre Informationen über den Zustand des Schiffes.

### **Ein diskontinuierlich messendes System zur Überprüfung vor dem Entladevorgang**

Da es natürlich nicht möglich ist, jeden Öltanker mit einem permanent arbeitenden System auszustatten, da insbesondere bei älteren nicht mehr lange in Betrieb befindlichen Tankern dieser Aufwand zu groß wäre, sollte ein transportables Gerät entwickelt werden, welches von angelernten Kräften vor der Entladung des Tankers im Hafen oder in Warteposition vor dem Hafen installiert wird (Sensoren werden dabei in das Transportprodukt versenkt). Die Ergebnisse dieser Messung sollten ebenfalls an das Auswertelabor an Land übermittelt werden, welches den momentanen Zustand des Tankers feststellen kann. Diese Prüfung soll nur wenige Stunden in Anspruch nehmen, wodurch die Entladezeit des Tankers nur unwesentlich beeinträchtigt wird.

### **Durchgeführte Tätigkeiten**

Die Arbeiten gliederten sich in der ersten Phase auf die Feststellung der Schallemissionsdaten, welche durch die Korrosion von Schiffsbaustählen hervorgerufen wurden. Dazu wurden Stahlproben mit einem freigelassenen Fenster in einer Laborwanne entsprechend korrosionsfördernder Umgebung ausgesetzt. An der Außenseite der Wanne wurden Schallemissionssensoren angebracht, um die sich durch die Flüssigkeit ausbreitenden und an der Außenwand ankommenden Schallemissionswellen zu detektieren (siehe Abbildung 3). Außerdem wurde auch elektrolytischer Abtrag in einer derartigen Testwanne untersucht. Diese Probenarten wurden um weitere Korrosionsprozesse, welche für die stärksten Schäden in Schiffen verantwortlich sind, erweitert.

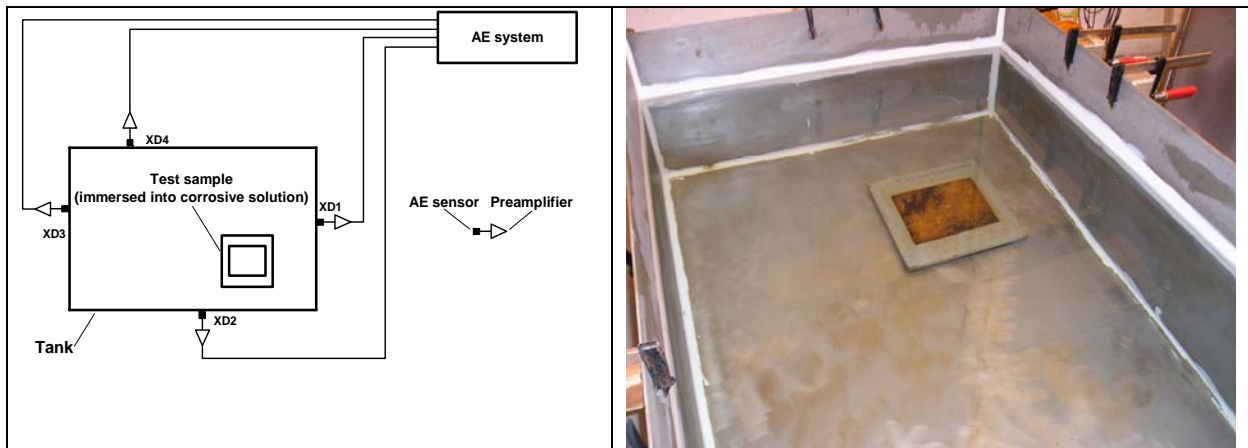


Abbildung 3: Aufnahme der Korrosionsdaten unter Laborbedingungen

Die im Rahmen der Laborversuche gewonnenen Daten wurden in einer Datenbank zur späteren Weiterverarbeitung mittels eines Mustererkennungsverfahrens abgespeichert.

Die verschiedensten Untergrundgeräusche wurden durch an verschiedenen Schiffen, insbesondere der Icarus II in Ballasttanks, angebrachten Sensoren aufgenommen (siehe Abbildung 4). Es war hierbei wichtig, dass möglichst alle Schiffszustände (Fahrt, Beladung, Warteposition am Ankerplatz und Hafen) aufgenommen werden, damit diese gegen die Nutzdaten verglichen werden können.

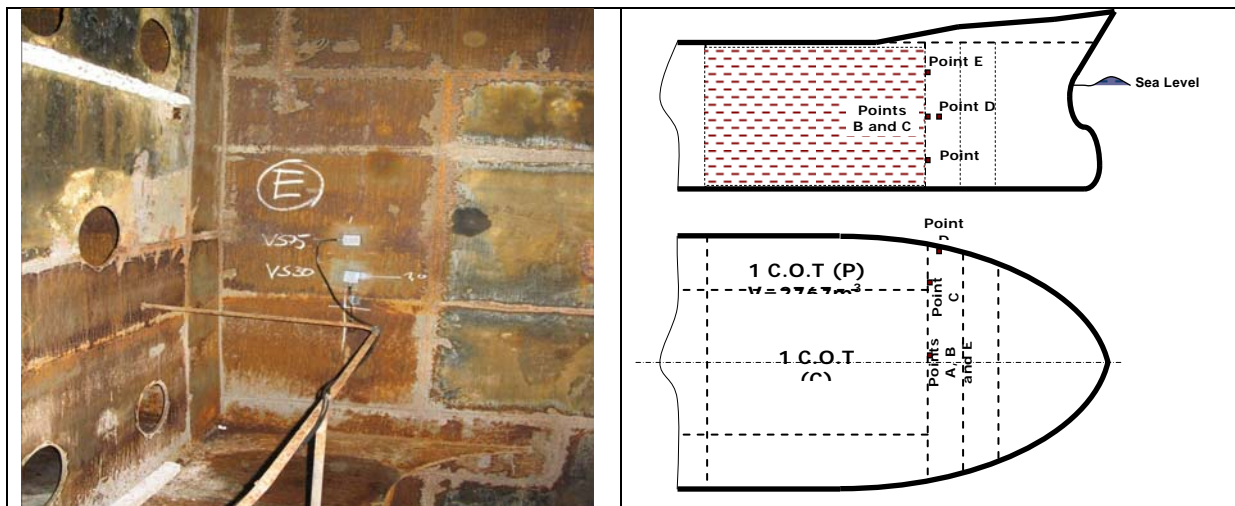


Abbildung 4: Beispielhafte Sensorpositionen in Ballasttank der Icarus II

Ebenso wurden diese Daten in die vorher strukturierte Datenbank eingespeist und auf Unterschiede zu den Nutzdaten hin untersucht. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Frequenzverhältnisse gelegt, da die Umgebungsgeräusche mechanischen Ursprungs waren und daher die Frequenzen niedriger erwartet werden konnten. Diese Frequenzunterscheidung bietet sich aufgrund des Wellentransports in der Flüssigkeit (keine Frequenzdispersion) an.

Eine Auswertung der Daten ergab für die Nutzsignale (Schallemissionsdaten vom Korrosionsprozess) und den Untergrund, wie zu erwarten war, ein unterschiedliches Frequenzverhalten, wobei sich 50 kHz als Trennfrequenz ergab. Durch diese Filterung, scharfer HP bei 50 kHz, ist es möglich einen großen Teil der Untergrunddaten, welche in ihrer Energie die Nutzsignale weit übertreffen, auf ein für die weitere Auswertung notwendige Intensität zu reduzieren.

Als zweites Unterscheidkriterium wurden die Daten in ein frequenzselektives Mustererkennungsverfahren „Visual Class<sup>TM</sup>“ eingespeichert und es konnten auf Basis einer statistischen Auswertung die Nutz- und Störsignale unterschieden werden, wobei sich schon für die an der Außenseite der Tankwandung angebrachten Sensoren eine Trennschärfe von über 80 % ergab.

Als drittes Filterkriterium, welches außerdem auch zur örtlichen Auffindung der Korrosionsquellen verwendet wird, kommt die Ortung zur Anwendung. Hier ergeben sich grundlegende Unterschiede für die Permanentinstallation („monitoring“) und die diskontinuierliche Messung auf Korrosionsquellen („Spot testing“).

Im Rahmen der Permanentinstallation werden eigensichere Ex-geschützte Sensoren (siehe Abbildung 5), welche für die Prüfbedingungen speziell angepasst werden an für eine 3-D Ortung idealen Stellen im Tank fixiert und die Daten unter den vorgegebenen Bedingungen aufgenommen.

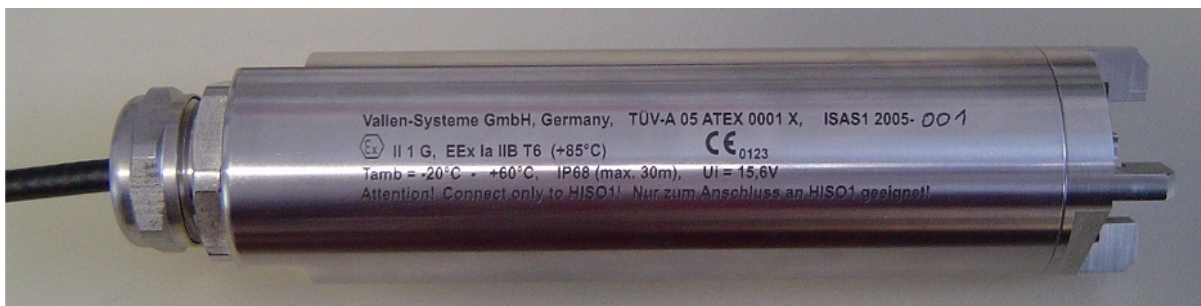


Abbildung 4: Bild des eigensicheren AE Sensors zur Verwendung in der Transportflüssigkeit

Durch die durch 6 Sensoren überbestimmte Ortung ist es nun möglich festzustellen, ob die Quelle auch tatsächlich aus der Wandung oder anderer Einbauten stammt, oder es sich um ein Umgebungsgeräusch handelt.

Im Rahmen der diskontinuierlichen Prüfung ist es notwendig den Multielementsensoren in die Flüssigkeit einzubringen. Da die Decköffnungen nur einen beschränkten Zugang erlauben, erfolgt dies dermaßen, dass 4 Sensoren auf einen Sensorträger angebracht werden, welcher zusammengeklappt durch die Tanköffnung eingeführt wird und dann nach seiner Fixierung auf den speziellen Abstand ausgefahren wird. Das Einzelelement entspricht den bei der Permanentinstallation verwendeten Einzelsensoren, welche so angeordnet werden, dass auf Basis der Zeitdifferenzen des eintreffenden Schallstrahles auf seine Richtung in sphärischen Polarkoordinaten  $\vartheta$ ,  $\varphi$  rückgerechnet werden kann (siehe Abbildung 5).



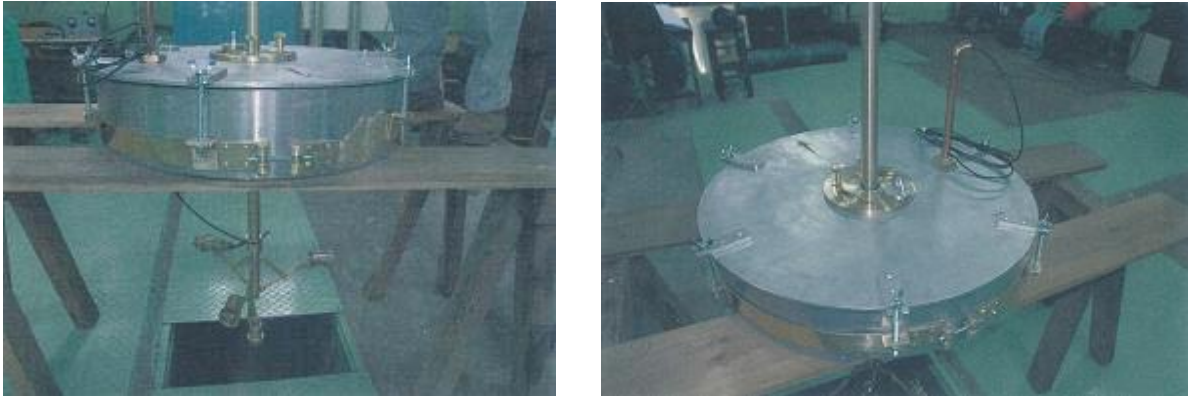


Abbildung 5: Sensorträger mit Deckverschluss

Durch die Einbringung von zwei derartigen Multi-Element Sensoren ist es möglich, den Ort der Korrosion zu ermitteln und wie schon bei der Permanentinstallation die Korrelation des Ortes mit der Struktur durchzuführen (Abbildung 6).

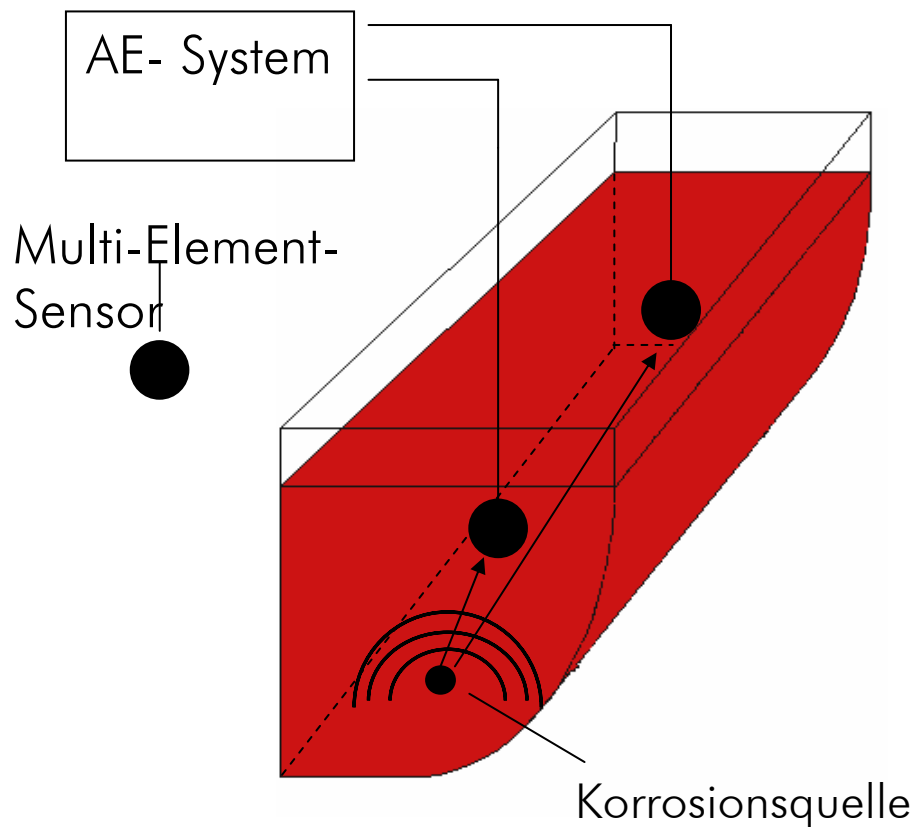


Abbildung 6: Schematischer Aufbau einer diskontinuierlichen Zustandsmessung

## **Zusammenfassung und Ausblick in die Zukunft:**

Anhand der Messergebnisse hat sich gezeigt, dass es möglich ist, Korrosion in Tankschiffen mittels der Schallemissionsprüfung festzustellen. Durch die beschriebenen Filterkriterien

- ✓ Frequenzfilterung über 50 kHz
- ✓ Frequenzbasiertes Mustererkennungsverfahren
- ✓ Ortung und Korrelation des Ortes mit der Struktur

ist es möglich, die von Korrosion stammenden Nutzsignale von dem energiereicheren Untergrund zu trennen und weiteren Auswertungen zuzuführen.

Besondere Bedeutung hatte bei den Entwicklungen ein invasiver, eigensicherer Sensor, welcher trotz der auf Schiffen notwendigen Ex-Sicherheitsmaßnahmen ohne Beschränkungen eingesetzt werden kann.

Die Dauerüberwachung auf Basis einer Permanentinstallation ist in der Lage, quasi on-line eine Zustandsbewertung des Schiffes bzw. der Tankwandung durchzuführen und kann damit der Schiffsbesatzung im Rahmen eines allgemeinen Alarmsystems helfen, die entsprechenden notwendigen Maßnahmen durchzuführen. Durch die Anwendung aller logischen Maßnahmen können auch die Anzahl von Falschalarmen auf ein Minimum reduziert werden.

Die diskontinuierliche Messtechnik ist in der Lage, Korrosionsstellen an Tankern im Hafen oder Ankerplatz vor dem Löschen der Ladung festzustellen und damit dem Schiffseigner oder der Hafenbehörde die Möglichkeit zu geben, rechtzeitig Vorkehrungen zu treffen, falls an der Struktur des Schiffes die Integrität gefährdende Fehlstellen auftreten. Diese Messung erfordert keine vorherigen Einbauten und können kurzfristig durchgeführt werden, ohne den Einsatz des Schiffes zu behindern. Dadurch kann sicherlich auch die Akzeptanz der Prüfung durch den Eigner verbessert werden.

Beide Verfahren zur Zustandsbeurteilung des jeweiligen Korrosionsangriffes auf Öltankern gibt den Schiffseignern, der Hafenbehörde und zu aller erst der Klassifizierungsgesellschaft ein Werkzeug zur Hand, womit entweder dauernd oder diskontinuierlich in kurzen Zeitabständen die momentane „Sicherheit“ des Schiffes bewertet werden kann. Bei Einsatz der Verfahren wäre ein wesentlicher Beitrag zum Schutz der Umwelt vor katastrophalen Folgen von Tankerunfällen, wie sie sich in den letzten Jahren immer wieder ereigneten, gegeben.

## **Literatur**

Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe, Environment issue report No. 35, European Environment Agency  
P. Tscheliesnig, "Synthesis Report of the EC Standards, Measurements and Testing Contract Nr. SMT4-CT-97-2177, Inspection of Flat Bottomed Storage Tanks by Acoustical Methods.", 2000, Brussels (B)

Projektbeschreibung des EK-Projektes N° EVG1-CT-2002-00067 "Detection and Discrimination of Corrosion Attack on Ships (Crude Oil Tankers) with Acoustic Emission (AE)"

G. Lackner and P. Tscheliesnig, "Acoustic emission testing on flat bottomed storage tanks: How to condense acquired data to a reliable statement regarding floor condition.", präsentiert auf der 25. EWGAE Konferenz, 2002, Prague (CZ)

'Report of the enquiry into the sinking of the Erika off the coasts of Brittany on 12 December 1999', Bureau Enquête Accident Final Report.

'Technical analysis related to the Prestige casualty on 13 November 2002', American Bureau of Shipping.

Jain et al., Statistical Pattern Recognition: A Review, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 22, No. 2, January 2000

P. Tscheliesnig „Korrosionsprüfung an Schiffen (Öltanker) mittels Schallemissionsprüfung“, präsentiert auf der DACH-Jahrestagung 2004, Salzburg