

**Vaupel-Vortrag anlässlich der DGZfP-Jahrestagung 5.-7. Mai 1997  
in Dresden**

## **Schallemission - Schallillusion?**

**W. Morgner, NSQ Hauk, Ludwigshafen**

*Die Geschichte der Schallemissionsanalyse (SEA) im wissenschaftlich-technischen Sinne wurde weltweit geschrieben. Einige wesentliche Entdeckungen gingen von Deutschland aus, wo J. Czochralski 1916 die Ursachen des Zinngeschreis aufdeckte, F. Förster 1936 als erster eine elektrisch instrumentierte Schallemissionsanalyse zur Untersuchung der Martensitbildung einsetzte und J. Kaiser an der TH München 1950 die eigentliche Technische Schallemissionsprüfung einläutete. Ziel des Vortrages soll nicht nur eine kurzgefasste geschichtliche Darstellung der internationalen und nationalen Entwicklung der SEA sein, sondern die Applikationsbeispiele sollen auch deutlich machen, dass die von aktiven Rissen, Lecks, Phasenumwandlungen und elektrischen Entladungen verursachten Signale wirklich technisch nutzbare Schallemissionen und keine Schallillusionen sind.*

### **Einleitung**

*Fast alle Vorgänge im täglichen Leben, fast alle technischen Vorgänge sind mit Geräuschen verbunden. Deshalb hat kaum ein Prüfverfahren eine so vielseitige Anwendung gefunden wie die Schallemissionsanalyse.*

*Die wesentlichen Anwendungen lassen sich auf folgende Effekte reduzieren, die man mit einfachen Mitteln nachvollziehen kann*

- Schallemission bei Rissbildung und Rissfortschritt,
- Schallemission bei Gas- oder Flüssigkeitsleckagen,
- Schallemission bei elektrischen Entladungen,
- Schallemission beim Aufprallen von Partikeln
- Schallemission bei Reibung und
- Schallemission bei Explosionen

*Die moderne Schallemissionsanalyse wird allerdings vorzugsweise im Ultraschallbereich bei einer Frequenz von etwa 100 bis 300 kHz durchgeführt. Dafür sprechen zwei Gründe:*

*Zum einen ist man weitab von den Maschinen- und Umgebungsgeräuschen des Hörbereichs und zum anderen kommt es darauf an, bereits erste Schädigungen im Entstehungszustand zu entdecken, die sich im Mikrometerbereich bewegen. Je kleiner ein schwingendes Teilchen ist, umso höher ist bekanntlich seine Eigenfrequenz. Erdbeben mit ihren großen schwingenden Bereichen machen sich im Gebiet des Infraschalls bemerkbar, die im Bereich bis zu 1m Länge liegenden Saiten von Musikinstrumenten schwingen im Hörbereich. Bei der Mikrorissbildung, werden Kristallite zu Schwingungen im KHz- und MHz-Bereich angeregt.*

*Die Verwendung zu hoher Frequenzen ist allerdings auch wieder ungünstig, weil man in den Bereich zunehmender Schallschwächung gerät. Trotzdem ist es gerechtfertigt, in die geschichtlichen Betrachtungen zur Schallemissionsanalyse auch die Effekte im Hörschallbereich einbeziehen.*

*Wohl kein Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung hat in den vergangenen 15 Jahren so viel Hoffnungen geweckt, soviel Aufsehen erregt, aber auch Enttäuschungen hinterlassen, wie die SEA.*

*Hoffnungen hat die SEA dort erzeugt, wo die bisher üblichen Prüfverfahren zu zeit- und kostenaufwendig waren oder wo eine zerstörungsfreie Prüfung überhaupt nicht möglich war.*

*Aufsehen hat die SEA dort erregt, wo gegenüber anderen Verfahren eine integrale Prüfung ganzer Anlagen ohne Demontage und die Risikoeinschätzung ihres Weiterbetriebs möglich wurde.*

*Enttäuschung trat dort ein, wo man glaubte, mit der Anschaffung eines Schallemissionsgerätes seien Prüfprobleme ähnlich lösbar wie mit einem Röntgengerät, bei dem selbst wenig Erfahrene den Fehler ohne Schwierigkeiten auf dem Röntgenfilm erkennen können.*

*Es stellte sich nämlich heraus, dass man bei der SEA im Unterschied zum Röntgen oder der Ultraschallprüfung bei jedem neuen Werkstoff, jedem neuen Bauteil, jeder anderen Beanspruchung von Neuem lernen muss, die Schallsignale zu bewerten.*

*Obwohl es gegenwärtig weltweit etwa 8000 Literaturstellen zur SEA gibt, existiert noch keine allgemeine Theorie für die Ursachen der Schallemission. Daher ist man bei diesem Verfahren mehr als bei anderen Verfahren auf empirisch gewonnene Erkenntnisse angewiesen. Im Unterschied zu den konventionellen Verfahren muss man sich vor allem immer wieder vor Augen führen, dass die SEA zwar ein zerstörungsfreies Prüfverfahren ist, sich von den anderen Verfahren aber in einigen Punkten wesentlich unterscheidet.*

- *Die SEA erfordert eine mechanische, thermische, korrosive oder anders geartete Beanspruchung und nutzt die bei bestimmten kritischen Beanspruchungen freigesetzten transienten elastischen Wellen aus. Diese Freisetzung elastischer Energie erfolgt durchweg schnell und örtlich begrenzt.*
- *Charakteristisch für Schallemissionen ist, dass es sich um irreversible Vorgänge handelt. Ein und derselbe Bruch, der unter Geräuschabgabe abgelaufen ist, kann nicht wiederholt werden.*
- *In diesem Sinne bewertet, ist also die SEA ein dynamisches Verfahren, im Unterschied zu den statischen, konventionellen Prüfverfahren, die im Zustand der Ruhe und beliebig oft wiederholt werden können.*
- *Außerdem ermöglichen konventionelle Prüfverfahren nur einen lokalen Ungänzenachweis an der Stelle, wo gerade geprüft wird. Bei der SEA hingegen belastet man im allgemeinen global das gesamte Prüfobjekt und wo auch immer der Aufnehmer angebracht ist, ist er imstande, die Antwort von einem fernab liegenden aktivierten Fehler (z. B. einem sich ausbreitenden Riss oder Leck ) zu empfangen. Bei einem normalen Baustahl können Signale von solchen winzigen Primärschallquellen aus über 20 m Entfernung aufgenommen werden.*
- *Bei der Schallemissionsprüfung kann eine Ungänge nur nachgewiesen werden, wenn sie unter Belastung aktiv wird, d.h., sich verformt, wächst, Grenzflächen aneinander reiben oder (bei einem Leck) ein Medium austritt. Verändert sich z.B. ein Schlackeneinschluss und seine Umgebung nicht unter dem Einfluss einer Belastung oder verformt sich ein künstlicher Kerb nicht bzw. bildet sich an der Kerbspitze kein Riss, unter Belastung, so wird diese Ungänge nicht registriert. Dadurch kann es natürlich zu Fehleinschätzungen der Potenzen der Schallemissionsanalyse kommen. Es kann durchaus sein, dass mittels konventioneller*

*Prüfverfahren Fehler gefunden werden, die das Bauteilverhalten aber nicht beeinträchtigen, während hingegen an kritischen Stellen gelegene, sehr kleine, aber aktive Fehler übersehen werden, die durch Schallemissionsprüfung mit Sicherheit hätten nachgewiesen werden können.*

### **Vorzeitliche Geschichte der Schallemissionsprüfung ( 6000 v. Chr. bis 800 v. Chr.)**

*Die Geschichte der Schallemissionsanalyse niederschreiben, ist nicht so einfach, da sie stark von der Definition des Begriffes "Schallemission" abhängt. Bezieht man nämlich den Begriff der Schallemission auf das gesamte Schallfrequenzspektrum, so müsste man mit seiner Geschichte eigentlich schon bei unseren behaarten Vorfahren beginnen. Wir wollen es mit F. Drouillard /1/ halten und in die Geschichte der Schallemissionsanalyse auch die Effekte im Hörschallbereich einbeziehen. Bereits die Steinzeitmenschen kannten Geräusche unmittelbar vor Erdbeben, vor dem Brechen von Zweigen und Bäumen oder vor dem Bersten einer Eisfläche. Im Sinne einer Schallemissionsprüfung hat man, wie Tonscherbenfunde beweisen, bereits 6500 v. der Zeitwende Töpferware mit Qualitätsmängeln ausgesondert, und es ist noch heute bekannt, dass zu schnell abgekühlte Tontöpfe Geräusche abgeben, wenn sich während oder nach dem Abkühlprozess Sprünge bilden. Auch in der Lausitz, unweit von Dresden, wurden frühzeitliche Tonscherben gefunden, deren Alter auf ca. 3000 Jahre geschätzt wird.*

*Schmuckfunde auf Lesbos aus gehämmertem Zinn, welche etwa aus den Jahren 2650 bis 2550 v. Chr. stammen, lassen darauf schließen, dass man bei der Bearbeitung dem bekannten "Zinngeschrei", einer mit der Verformungszwillingsbildung verbundenen Schallemission im Hörbereich begegnet sein muss.*

*Sowohl in der im 8. Jahrhundert vor Christi Geburt geschriebenen Ilias des Homer als auch im alten Testament (Hesekiel 27, Vers 12) wird Zinn erwähnt und man kann davon ausgehen, dass jeder, der einmal Zinn verformt hat, auch das Zinngeschrei festgestellt haben muss. Im Klagegedicht über Tyrus berichtet der Prophet Hesekiel aus babylonischer Gefangenschaft um 960 vor Christi Geburt, dass dort "allerlei Ware, Silber, Eisen, Zinn und Blei auf die Märkte gebracht wurde".*

### **Schriftliche Berichte über Schallemission (1545 bis 1930)**

*Der erste schriftlich überlieferte Bericht über die bei der Zinnverformung auftretenden Geräusche stammt von Dschabir ibn Hajjan, der im 8. Jahrhundert gelebt haben soll. Im Mittelalter tauchten angebliche lateinische Übersetzungen dieser islamischen Schriften in Europa unter dem Namen Geber (Dschabir) auf, deren wahrer Ursprung allerdings angezweifelt wird (Pseudo-Geberschriften). Es wird vermutet, dass hinter den angeblichen Übersetzungen in Wirklichkeit der spanische Alchimist Geber steckt.*

*Jedenfalls werden in dem 1545 in der Schweiz von Geber erschienenen Buch "Summa perfectionis Majisterii", Erscheinungen der Schallemission beschrieben und es wird erwähnt, dass Jupiter (Zinn) Töne bzw. knackende Geräusche erzeugen kann. Es wird weiterhin berichtet, dass beim Schmieden von Mars (Eisen) Töne auftreten, Das sind Geräusche, von denen wir heute wissen, dass sie auf die bei der Abkühlung auftretende Martensitumwandlung zurückzuführen sind.*

*Die bei der Verformung von Kadmium und Zinn auftretenden Geräusche wurden nach /1/ im 19. Jahrhundert von mehreren Wissenschaftlern erwähnt. Sie sehen die Ursachen im gegenseitigen Reiben von Kristalliten.*

*Es war J. Czochralski /2/, der 1916 die bei der Verformung von Zinn und Zink auftretenden Geräusche auf dieselbe Ursache, nämlich die Zwillingsbildung, zurückführte. Wahrscheinlich wurde auch J. Kaiser durch die Arbeiten von Czochralski inspiriert, denn*

in der Doktordissertation von J. Kaiser /3/, den man heute im allgemeinen als den Vater der Schallemissionsanalyse ansieht, wird zur Geschichte der Schallemission eine Arbeit von Czochralski aus dem Jahre 1917 /4/ erwähnt.

In den darauf folgenden Jahren wurde Schallemission auch bei der Kaltverformung anderer fester Stoffe entdeckt. So konnten 1923 A. M. Portevin und F. Le Chatelier /5/ bei der diskontinuierlichen Verformung in Form der Lüdersbandausbildung in Al-Cu-Mn-Legierungen über mehrere Meter Entfernung deutlich Schallemissionen mit bloßem Ohr wahrnehmen. 1924 sollen (nach M. Classen - Nekludowa /6/) P. S. Ehrenfest und Abraham F. Joffe bei der Scherverformung von Steinsalz- und Zink-Einkristallen recht regelmäßige knackende Laute festgestellt haben, die sie mit dem Ticken einer Uhr vergleichen. Diese Arbeit /6/ war der zweite Literaturhinweis auf Schallemission in der Dissertation von J. Kaiser /3/.

M. V. Classen-Nekludowa /6/ führte in der Folgezeit (1924 - 1929) selbst umfangreiche Untersuchungen an Steinsalz, aber auch an Messing und Aluminium durch. Sie stellte bei mikroskopischen Untersuchungen fest, dass die bei der Verformung auftretenden Geräusche mit dem Auftreten von Gleitbändern verbunden waren. Solche Feststellungen hatte wenige Jahre vorher schon R. J. Anderson /7/ bei starker Verformung von Al- und Al-Legierungen getroffen.

Bereits frühzeitig erkannte man, dass es auch akustische Emissionen geben müsse, die sowohl hinsichtlich der Frequenz als auch hinsichtlich der Lautstärke außerhalb des Hörbereichs unseres Ohres liegen. Um diese Schwingungen zu erfassen, benutzte z. B. M. V. Classen-Nekludowa bereits 1927 Spiegelanordnungen, mit denen die bei den Schwingungen auftretenden Verformungen mit einer 10.000fachen Verstärkung erfasst werden konnten. Solche Spiegelanordnungen sind heute noch bei niederfrequenten Schwingungsmessungen mit einem Torsionspendel üblich.

Es gab bereits vor mehreren Jahrhunderten ernsthafte wissenschaftliche Versuche, akustische "Verstärker", wie z. B. raffiniert geformte Hörner oder Stethoskope, zu benutzen, um schwache akustische Geräusche, wie das Flüstern von Stimmen, den Ton des Herzschlages, den Wind, das Herannahen von Schritten oder von Schiffen hörbar zu machen. T. F. Drouillard /1.2/ geht in der Arbeit "A history of Acoustic Emission" einer Reihe solcher Versuche nach. Danach soll das erste Konzept eines Stethoskops von Leonardo da Vinci (1452-1519) und das erste akustische Horn aus dem Jahre 1650 von Athanasius Kircher, einem Mathematikprofessor an der Jesuitenschule in Rom, vorgestellt worden sein. Solche Stethoskope wurden noch in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts auch für technische Zwecke benutzt.

Im Nachlass von Prof. E. Schiebold, einem der Pioniere der zerstörungsfreien Prüfung in Deutschland, befindet sich ein solches technisches Stethoskop der Fa. Apparatebau C. Richter, Hamburg. In der Gerätebeschreibung heißt es:

"Bei der Konstruktion des 'Defektsuchers' wurde davon ausgegangen, dass jedes Metall ein guter Schall-Leiter ist. Die akustisch schwer wahrnehmbaren Longitudinal-Schwingungen des Metallstabes werden durch geeignete Anordnungen in Transversal-Schwingungen einer Membrane umbesetzt. Hierdurch werden sehr leicht wahrnehmbare Luftwellen erzeugt, so dass mit dem Apparat auch für ungeübte Ohren sofort abgehört werden kann, ob und was an irgendeiner Maschine, an einem Motor, an einer Turbine, ein irgendeiner Leitung nicht in Ordnung ist."

### **Elektrisch instrumentierte Schallemissionsprüfung ab 1930**

Mitte der dreißiger Jahre wurden schließlich die ersten elektrischen Messungen zur Schallemissionsanalyse durchgeführt. Nach T. F. Drouillard /1.2/ erschien von Fuyuhiko

Kishinouye 1934 die erste Veröffentlichung über eine elektrische Registrierung von Schallsignalen bei Bruchvorgängen an Holz. Als Aufnehmer diente eine Nadel, deren Schwingungen über eine Spule aufgenommen, von einem Verstärker verstärkt und einem Oszillographen zur Anzeige gebracht wurden. Bemerkenswert war dabei die Aussage, dass viele Schwingungen angezeigt wurden, die vom normalen Ohr nicht gehört wurden.

Die ersten elektrisch registrierten Schallemissionsmessungen an Metallen gehen auf F. Förster und E. Scheil /9/ zurück. E. Scheil /8/ machte bereits 1929 auf Geräusche bei der Martensitbildung aufmerksam und regte den genialen Erfinder und Experimentator F. Förster an, die Geräusche bei der thermisch induzierten Martensitbildung in Stahl und der  $\beta/\alpha$ -Umwandlung des Zirkon sowie der Zwillingsbildung beim Verformen von Wismuteinkristallen elektrisch zu registrieren. Dazu benutzte er stromdurchflossene Drähte. Die bei den Umklappvorgängen auftretenden Spannungswellen führten zu Widerstandsänderungen, die über eine Strom-Spannungs-Schaltung als Spannungsänderungen mit dem empfindlichen Schleifenoszillograph eines Kardiographen /9.1/ und später über eine Braunsche Röhre/9.2/ registriert wurden. Als Verstärker wurde ein spezieller Breitbandverstärker benutzt. Die Gesamtverstärkung wird mit  $10^{-5}$  angeben.

Aus dem Schwingungsverlauf konnte zunächst die Zeit für die Bildung der Martensitnadeln zu 0,002 s bestimmt werden, unter Verwendung einer Braunschen Röhre wurde diese Zeit später /9.2/ zu  $7 \times 10^{-5}$  s präzisiert.

Erst über 10 Jahre später wurden weitere instrumentierte Schallemissionsuntersuchungen durchgeführt, und zwar 1948 von W. P. Mason, H. J. Mc Scimin und W. Shockley /10/ und 1950 von D. J. Millard /11/ zum Zwecke des Studiums von Verformungsvorgängen in Zinn bzw. Kadmium. Für die Schallemissionsmesstechnik von wesentlichem Fortschritt war, dass bei diesen Experimenten erstmals Quarzkristalle als piezoelektrische Aufnehmer verwendet wurden.

Trotz der vielfachen Ausnutzung von Schallemissionseffekten zum Studium spezieller metallkundlicher Phänomene gab es keine grundlegenden methodischen Arbeiten zur Schallemissionsanalyse selbst. Es ist deshalb durchaus gerechtfertigt, die mittlerweile weltweite Anwendung der eigentlichen Schallemissionsanalyse auf die Pionierarbeiten von J. Kaiser zurückzuführen. J. Kaiser /3/ legte 1950 an der damaligen Technischen Hochschule München seine Dissertation "Untersuchungen über das Auftreten von Geräuschen beim Zugversuch" vor.

In seiner Dissertation /3/ und auch in dem 2 Jahre später erteilten Patent /12/ werden u.a. folgende wesentliche, noch heute genutzte Ergebnisse seiner umfangreichen Untersuchungen beschrieben:

- Schallemission kann an allen Festkörpern, insbesondere Metallen, bei mechanischer, thermischer o.a. Beanspruchung auftreten.
- Das Auftreten von Schallemission erfordert eine Materialbeanspruchung, die höher sein muss als eine bereits früher einmal stattgefundenene Materialbelastung. Für von J. Kaiser gefundene Irreversibilität der Schallemission wurde später von H. J. Tensi (Private Mitteilung v. 28. I. 1997) der Begriff "Kaisereffekt" eingeführt.
- Die Benutzung piezoelektrischer Wandler, eines Vor- und Hauptverstärkers, die Ausnutzung von Wellenleitern, die Unterscheidung in kontinuierliche Emission und Burstsignale, die Ausnutzung der Frequenzen im Ultraschallbereich, das Vorhandensein eines akustischen Barkhausenrauschens.

J. Kaiser setzte seine leider zunächst wenig beachteten Untersuchungen bis zu seinem Tode 1958 fort. Seine Arbeiten /3, 12-14/ wurden später von anderen Mitarbeitern des Institutes für Metallurgie und Metallkunde fortgesetzt, so von H. Borchers, H. J. Tensi und K. H. Schmitt-Thomas.

Trotz der Veröffentlichung in der deutschen Fachpresse wurde den Kaiserschen Entdeckungen in Deutschland zunächst keine allzu große Aufmerksamkeit gewidmet. Die Umsetzung in eine praktische Anwendung ist eigentlich hauptsächlich amerikanischen Wissenschaftlern und geschäftstüchtigen Ingenieuren zu verdanken.

B. H. Schofield und Mitarbeiter lasen im Zusammenhang mit einer Literaturrecherche, die 1953 im Archiv für Eisenhüttenwesen veröffentlichte Zusammenfassung der Ergebnisse der Kaiserschen Dissertation /13/. Auf Vermittlung von J. M. Lessell erhielten sie von F. Föppl, einem Gutachter der Kaiserschen Dissertation, eine Kopie der Kaiserschen Dissertation. Schofield initiierte daraufhin eine umfangreiche Forschungsarbeit zur industriellen Nutzung der Schallemissionsanalyse. 1958 veröffentlichten sie einen zusammenfassenden Bericht über den Kenntnisstand bei der Schallemissionsanalyse /16/.

Auf einem ähnlichen Weg wurde ein anderer amerikanischer Pionier der Schallemissionsanalyse, C. A. Tatro, auf diese interessante Untersuchungsmethode aufmerksam, indem er an der Michigan State University auf eine Literaturlauswertung über bisherige Ergebnisse der Schallemissionsanalyse in dem Buch von W. Späth "Fließen und Kriechen der Metalle" /17/ hingewiesen wurde. C. A. Tatro bewegte seinerseits andere amerikanische Forscher, wie Shoemaker, Kroll, Liptai, Eagle und Mc Cullough, sich mit dieser Methode näher zu beschäftigen.

Er selbst wurde 1966 Mitglied des Lawrence Radiation Laboratory. 1957 nahmen Tatro und Schofield Verbindung miteinander auf. Sie erkannten die großen Möglichkeiten der Schallemissionsanalyse als zerstörungsfreies Prüfverfahren und förderten deren Forschung in ganz Amerika.

Bereits 1961 stellten T. Green, C. S. Lockman und R. K. Steele bei Aerojet General Corporation fest, dass man die Wasserdruckprobe in Verbindung mit einer Schallemissionsanalyse zur Prüfung von Raketengehäusen benutzen kann. Allerdings handelte es sich hierbei noch um eine Analyse im Hörschallbereich, indem Kontaktmikrophone, ein Tonbandgerät und ein Schallfrequenzanalysator benutzt wurden. 1965 erweiterten sie ihre Methodik durch die Einbeziehung der Triangulation zur Lokalisation der registrierten Schallemissionssignale. An einem Raketengehäuse von 6,6 m Durchmesser konnten sie bereits bei 56 % des Berstdrucks die Risseinleitung und den Rissfortschritt detektieren und den Ort des wahrscheinlichen Versagens auf ca. 30 cm genau vorhersagen (zitiert in /1.1/).

1962 hörte L. H. Dunegan anlässlich eines Symposiums am Southwest Research Institute einen Vortrag von C. Tatro und R. G. Liptai /18/ und schlug daraufhin in einem internen Bericht /19/ vor, die Schallemissionsanalyse zur Druckgefäßprüfung einzusetzen. Er schloss sich der Gruppe um C. Tatro, R. Engle, R. G. Liptai, Harris und A. E. Brown an, um sich intensiv mit dieser Methode zu beschäftigen. 1969 machte er sich selbständig und gründete die Dunegan Research Corporation (später Dunegan/Endevco; heute Dunegan Corporation of Physical Acoustic Group), welches die erste Firma war, die serienmäßig Schallemissionsgeräte herstellte. Sie fanden in Deutschland eine verbreitete Anwendung.

1967 wurde A. A. Pollock von R. W. Moss beauftragt, im Rahmen des Weltraumfahrtprogramms der Boeing Company das Risswachstum an Titanlegierungen

*mittels Schallemission festzustellen /20/. A. Pollock war ein Third-year graduate Student des Londoner Imperial College und kam von R. W. B. Stephens, einem Pionier auf dem Gebiete der technischen Akustik.*

*Pollock war Empfänger eines Stipendiums, welches Roy S. Sharpe der Leiter des Zentrums für Zerstörungsfreie Prüfung (NDT-Centre) beim Harvell-Atomforschungsinstitut zur Förderung der Schallemissionsanalyse gestiftet hatte. Begeistert von den Möglichkeiten der Schallemissionsanalyse kehrte A. Pollock nach England zurück und legte 1970 an der University of London seine Dissertation "Die akustische Emission von Festkörpern bei Verformung" vor. Als späterer Mitarbeiter der Dunegan-Endevco Corporation trug er wesentlich dazu bei, die Schallemissionsanalyse in Europa zu verbreiten. Heute ist er leitender Mitarbeiter von S. Vahavioulos, dem Präsidenten der Physical Acoustics Corporation und Expräsidenten der ASNT.*

*1967 wurde von Jack C. Spanner und Allan T. Green die Gründung der ersten Arbeitsgruppe Schallemission (Acoustic Emission Working Group AEWG) initiiert, deren offizielle erste Sitzung am 08.02.1968 in Idaho Falls, USA stattfand. Arbeitsgruppen für die Schallemissionsanalyse wurden auch in Japan (1969) und in Europa (1973) gebildet. Die Gründung der europäischen Arbeitsgruppe geht auf A. Pollock zurück, nachdem er im März 1972 am Imperial College in London bei der ersten wissenschaftlichen Konferenz zur Schallemissionsanalyse auf ein unerwartet großes Interesse stieß. Im November des gleichen Jahres wurde eine Europäische Arbeitsgruppe für Spannungswellenanalyse gegründet, welche sich anlässlich ihres zweiten Meetings im September 1973 am Battelle-Institut in Frankfurt am Main in Europäische Arbeitsgruppe Schallemissionsanalyse umbenannte.*

*Da die Schallemissionsanalyse verbreitet in den sensiblen Bereichen der Kerntechnik und der Militärtechnik Anwendung fand, war die wissenschaftliche Kommunikation in dem gespaltenen Deutschland sehr erschwert und so verlief die Entwicklung in West- und Ostdeutschland bis zum Jahre 1990 völlig isoliert voneinander.*

## **Entwicklung der Schallemissionsanalyse in Westdeutschland**

*Nach den Anfängen der systematischen Erforschung der Schallemissionsphänomene an der TH München durch J. Kaiser und H. J. Tensi fand sie in Westdeutschland etwa 1961 ein vorläufiges Ende und wurde erst 1968 am Battelleinstitut im Zusammenhang mit Fragen der Reaktorsicherheit wieder aufgenommen. Angeregt durch Arbeiten von Phil Hutton bei den Battelle Pacific Northwest Laboratories in Richland, Washington und durch Dwigth Parry bei Idaho Nuclear in Idaho Falls zur kontinuierlichen Überwachung auf Rissbildung an Kernkraftkomponenten durch SEA wurden ähnliche Arbeiten auch im Battelleinstitut in Frankfurt aufgenommen.*

*Nach den ersten Messungen der störenden Untergrundgeräusche trat jedoch in den nächsten Jahren das Ziel der kontinuierlichen Überwachung zunächst in den Hintergrund, während nun der Einsatz bei einer Druckprüfung direkt angesteuert wurde. Hierzu wurde in den ersten Jahren eifrig Geräteentwicklung betrieben (Zählgeräte, Energiemessgeräte, Zeitdifferenzähler etc.) und es wurden, wie in anderen Ländern auch, Strahlungsmessgeräte für diese Messaufgabe modifiziert. Etwa ab 1972 wurden dann vor allem Dunegangeräte eingesetzt und 1974 das erste 32-Kanal-Ortungsgerät von Dunegan angeschafft. Ende 1974 wurde diese Technik bei der Erstdruckprüfung des Behälters Biblis B erfolgreich demonstriert. Für die Bewertung der Anzeigen wurde nach amerikanischen Vorbildern ein einfaches Klassierungssystem angewendet.*

*Auch in den Jahren nach 1975 wurde die SEA in der Bundesrepublik hauptsächlich vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert. Größere Programme wurden von Battelle gemeinsam mit anderen Stellen durchgeführt, die seit etwa 1970/71 Arbeiten auf dem Gebiete der SEA aufgenommen hatten:*

- *Mit Dr. Crostack, zunächst Institut für angewandte Mechanik (IfaM) Bremen, später Universität Dortmund,*
- *mit Dr. Lottermoser und Dr. Waschkies am Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren (Izfp) Saarbrücken,*
- *mit Dr. Jax und Dr. Streicher bei der KWU Erlangen*

*Von diesen Gruppen wurden in den Jahren von 1975 bis 1979 vielfach Untersuchungen an kleinen und großen bruchmechanischen Proben mit Fehlern durchgeführt. Sie wurden bis 1983 durch Großversuche an Großzugproben an der Materialprüfanstalt (MPA) Stuttgart ergänzt.*

*1975-1979 wurden gemeinsam mit der Kraftwerksunion (KWU) Erlangen, der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) München und dem Allianz-Zentrum für Technik, Ismaning, Versuche zur Leckageüberwachung mit akustischen Methoden vorgenommen. Gleichzeitig (1975-1983) wurden im Industrieauftrag, größtenteils für die KWU und mit dieser zusammen, ca. 15 Messungen an Druckbehältern und Rohrleitungssystemen bei Erstdruckprüfungen im Herstellerwerk oder auf der Baustelle sowie bei Wiederholungsdruckprüfungen durchgeführt. Diese erfolgreichen Demonstrationen der Technik an im wesentlichen fehlerfreien Komponenten wurden durch Versuche an Behältern mit bewusst eingebrachten Fehlern abgeschlossen: an den Behältern in Zwischengröße ZB 1 und ZB 2 in Mannheim (gemeinsam mit dem Izfp, der KWU und der UNI Dortmund, dem EIR Würenlingen und der MPA Stuttgart) und an dem Großbehälter der MPA Stuttgart.*

*Leider haben die Ergebnisse dieser Untersuchungen den weiteren Einsatz der SEA für Zwecke der zfp in Deutschland nicht unbedingt positiv beeinflusst, denn, wie eigentlich zu erwarten war, konnten während der Belastung nicht aktiv gewordene, stationäre Fehler auch nicht nachgewiesen werden, was im Vergleich zur Ultraschallprüfung der Schallemissionsprüfung negativ angelastet wurde.*

*In den achtziger Jahren wurden von Battelle, später dann vom Izfp und der KWU mehrere Messungen unter Reaktor-Betriebsbedingungen bei Rissfortschritt durch thermische Ermüdung an einem Stutzen und im zylindrischen Teil des Heißdampfreaktors in Großwelzheim in der Nähe von Frankfurt/Main durchgeführt. In den frühen 80er Jahren wurden dann an mehreren Stellen, u.a. am Battelle Institut Frankfurt und bei der KWU Mehrkanal-Transientenrekorder-Systeme zur genaueren, lokalen Ortung eingesetzt. Diese Technik wurde von J. Eisenblätter ab 1985 auch zur dreidimensionalen Ortung von mikroseismischen Vorgängen im Salzgestein über größere Distanzen benutzt.*

*Frühzeitig wurde in Westdeutschland der Versuch unternommen, die SEA zur Prozessüberwachung, vor allem beim Schweißen, Löten und Beschichten einzusetzen. Auf diesem Gebiet hat H. A. Crostack Pionierarbeit geleistet. Die bereits 1972 begonnenen Arbeiten auf diesem Gebiet werden heute noch erfolgreich fortgesetzt.*

*Die erste Arbeit in dieser Beziehung erschien 1973 in der Zeitschrift "Schweißen und Schneiden"/21/ und war zusammen mit H.-D. Steffens der "Ermittlung des Einflusses von Fehlern in Widerstandspunktschweißverbindungen durch Schallemission" gewidmet. Mit dem Thema "Untersuchungen zum Festigkeitsverhalten von*



*Punktschweißverbindungen mit Hilfe der Schallemissionsanalyse" hat H. A. Crostack auch promoviert. H. A. Crostack beschäftigte sich auch in grundlegenden Arbeiten mit der Rissentstehung und Rissausbreitung in Metallen, Plast- und Faserverbundwerkstoffen, der Schallemission beim Kerbschlagbiegeversuch, der Prüfung von Druckbehältern, der schallgeschwindigkeitsunabhängigen Ortung durch den Einsatz von Mehrelementwandlern und der Signalanalyse durch Mustererkennung. Gegenwärtig sind seine Arbeiten der Anwendung der SEA zur Gütekontrolle beim Thermischen Spritzprozess gewidmet.*

*Von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde wurden 1974 in München, 1979 und 1987 in Bad Nauheim Symposien über Schallemission mit internationaler Beteiligung veranstaltet. In den Jahren 1975 bis 1981 wurden vom Bartelleinstitut insgesamt acht mal Einführungskurse (mit Praktikum) zur Schallemissionsanalyse abgehalten.*

*Nach einem Kolloquium wurde am 17.10.1983 in München der Unterausschuss Schallemissionsanalyse im Ausschuss Sonderprüfverfahren der "DGZFP" gegründet, der sich ab 1984 etwa zweimal pro Jahr traf, Später entstand hieraus ein selbständiger Ausschuss "Schallemissionsprüfung", der von Dr. Runow, vom TÜV Rheinland, bis 1990 geleitet wurde.*

### **Entwicklung der Schallemissionsanalyse in Ostdeutschland**

*Unabhängig voneinander entwickelten sich in der ehem. DDR vor allem drei Zentren der Schallemissionsforschung, nämlich in Magdeburg, Zittau und Dresden.*

*In der Technischen Hochschule (Otto von Guericke Universität) Magdeburg übernahm E. Schiebold 1953 das Institut für Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, welches sich in den Folgejahren zu einem ostdeutschen Zentrum der Werkstoffprüfung in Lehre und Forschung entwickelte. Insbesondere waren die Zerstörungsfreie Prüfung und die Bruchmechanik Schwerpunkte der Grundlagenforschung. Dem Bedürfnis der Bruchmechaniker um H. Blumenauer und G. Pusch /22/, eine Meßmethode für die Rissentstehung und Rissausbreitung zu erhalten, kamen die Berichte aus der Literatur über die Potenzen der Schallemissionsanalyse sehr entgegen. Allerdings fand die Schallemissionsanalyse zunächst auf einem ganz anderen Gebiete eine erfolgreiche Anwendung, nämlich bei Versuchen, diese Methode zur Beurteilung der Zerspanbarkeit von Automatenstählen einzusetzen. Für dieses von der Maxhütte Unterwellenborn finanzierte Projekt wurde 1974 neben den üblichen Methoden der Spanbarkeitsprüfung und Metallographie zunächst die Messung des Schallemissionspegels im Frequenzbereich von 100 bis 300 kHz eingesetzt. Die Burstsignale wurden mit einem Speicheroszilloskop beobachtet und mittels Schallpegelmesser wurde das RMS-Signal registriert. Die Ergebnisse wurden einschließlich der in den Hörschallbereich transformierten Schallsignale auf einem als Lehrfilm gestalteten Video festgehalten. Über die Ergebnisse erschien auch eine Kurzmitteilung in der Zeitschrift Fertigungstechnik und Betrieb /23/. Es dürfte die erste Anwendung der Schallemissionsanalyse zur Spanbarkeitsprüfung gewesen sein. In der DDR war es eine der ersten Veröffentlichungen über Schallemission überhaupt.*

*Schon kurze Zeit später wurde die Schallemission in Magdeburg regelmäßig begleitend bei bruchmechanischen Untersuchungen an Dreipunktbiegeproben eingesetzt, um den Beginn der Risseinleitung (crack initiation point) feststellen zu können /24/. Dieser Wert war für eine Ermittlung der Bruchzähigkeit unerlässlich. Vergleiche mit anderen Methoden sprachen immer für die Schallemission /25/. Für diese Untersuchungen wurde bereits ein modifizierter Strahlenmessplatz eingesetzt /26/, bei dem das Geiger-Müller-Zählrohr durch einen piezoelektrischen Wandler ersetzt worden war. Die rausch-*

arme hohe Verstärkung und die Signalverarbeitungstechnik solcher Strahlenmeßplätze war hervorragend geeignet, die Impulssumme und Impulsrate von Schallemissionen zu registrieren.

1975 wurden in Magdeburg die ersten Anwendungen der Schallemission in einem Spezialseminar vorgestellt, an dem auch W. Pompe vom ZfW Dresden, R. Stolle von der Bergakademie Freiberg und M. Leistner von der Ingenieurhochschule (heute Hochschule für Technik, Wirtschaft und Sozialwesen HTWS) Zittau teilnahmen. Die Zittauer setzten zu dieser Zeit ebenfalls die Schallemission zum Studium mechanischer Beanspruchungen ein. An der Bergakademie Freiberg beschäftigte sich eine kleine Gruppe mit der Mikroseismik, deren Problemstellung der Schallemissionsanalyse recht nahe kommt. Im Februar 1976 fand das erste Kolloquium Schallemission an der IH Zittau statt. Die Zittauer Gruppe war inzwischen auf 8 Mitarbeiter angewachsen. Anlässlich eines zweiten, 1976 in Magdeburg veranstalteten Spezialseminars Schallemission unterbreitete W. Pompe, der sich in Dresden mit der Anwendung der Schallemission bei Glasfaserverbunden beschäftigte, den Vorschlag, einen Arbeitsausschuss Schallemissionsanalyse zu gründen.

Am 08.06.1977 fand in Karl-Marx-Stadt der 9. Erfahrungsaustausch der Arbeitsgruppe "Physikalische Prüfverfahren" statt, auf dem ein selbständiger Arbeitsausschuss "Schallemissionsanalyse" gegründet wurde.

Auf der Geräteausstellung anlässlich der 6. Weltkonferenz für Zerstörungsfreie Prüfung in Cannes 1975 machte sich W. Morgner mit der Gerätetechnik der Dunegan-Corporation bekannt, lernte A. Pollock kennen und stellte mit ihm eine optimale Gerätekonfiguration auf der Basis des S 3000 zusammen, die in den Folgejahren in Magdeburg Schallemissionsmessungen auf einem wesentlich höheren Niveau erlaubte, indem Signalhäufigkeitsverteilungen on line über 100 Klassen verfolgt und Energie, Impulsbreite, Ereignisse und lineare Ortungen ausgewertet werden konnten.

Am 05.10.1978 hielt A. Pollock auf dem 9. Spezialseminar "Fortschritte der zerstörungsfreien Prüfung" in Magdeburg einen Vortrag "25 Jahre Kaisereffekt". Obwohl zu dieser Zeit bereits an vielen Stellen die Schallemissionsanalyse praktiziert wurde, hat dieser Vortrag die Weiterentwicklung der Schallemissionsprüfung in Ostdeutschland sehr beflügelt. In der Folgezeit haben viele bekannte Pioniere der Schallemissionsanalyse in Magdeburg vorgetragen, so auch 1983 der Lehrer von A. Pollock, R. W. B. Stephens, der gerade zu seinem 84. Geburtstag in Magdeburg weilte. Er ordnete die Schallemissionsanalyse sinnvoll in die Methoden der technischen Akustik ein. Weiterhin traten in Magdeburg in den Folgejahren H. A. Crostack, P. Payne, Z. Pawlowski, I. Grabec und K. H. Schmitt-Thomas zu dieser Problematik auf.

Dem Arbeitsausschuss Schallemission schloss sich im Jahre 1977 die Zittauer Gruppe an. Unter der Leitung von M. Leistner beschäftigten sie sich fortan neben metallkundlichen Aspekten vor allem in der Theorie aber auch in der Geräteentwicklung mit der Ortung von Schallemissionssignalen. Aus der Zittauer Schule sind im Laufe der Jahre 8 Dissertationen /27 - 34/ hervorgegangen.

Von den wichtigsten Beiträgen zur Weiterentwicklung der Schallemissionsanalyse sollen stichpunktartig die folgenden genannt werden:

- 1976 Aufbau des 1. Schallemissionsortungssystems auf Mikrorechnerbasis
- 1978 bis 1987 Schallemissionsuntersuchungen an der Reaktorstützenzone des WWER-2
- 1980 Aufdeckung des Zusammenspiels von Schallemission und Mechanolumineszenz in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule in Liberec

- 1982 Zuordnung der Schallemissionseffekte zur mechanischen Hystereseschleife bei niederzyklischer Beanspruchung
- 1984 Theoretische Beschreibung der Quellen von Schallemissionssignalen mit Burstcharakter
- 1986 Darstellung der Schallemissionsleistung (P) nach dem Erscheinungsbild, d.h., in Abhängigkeit von der Größe des Prozessgebietes, der Prozessgeschwindigkeit und der Potentiellen Schallenergiedichte
- 1988 Sichtbare Darstellung der Prozessgebiete am Zugstab und an der Rissspitze von gekerbten Proben mit Hilfe der Mechanolumineszenz in Zusammenarbeit mit der TH Liberec
- 1990 Untersuchungen der Materialversprödung mit Hilfe der kontinuierlichen - 1992 Schallemission bei Biegewechselbeanspruchung

Wesentlich getragen wurden die Entwicklungen in Zittau von dem Physikerhepaar H. und E. Kühnlicke, die sich theoretisch mit den Quellmechanismen der burstartigen Schallemission, den Ausbreitungseffekten in endlichen Medien und dem Verhalten der Signalverarbeitungstechnik beschäftigten. Von H. Kühnlicke wurde auf der 10. Weltkonferenz das erste Schallemissionsortungssystem auf Mikroprozessorbasis vorgestellt. Es kam in der DDR in 5 Exemplaren zum Einsatz. An Gerätetechnik standen zu Beginn der 80er Jahre in der DDR das S 3000 von Dunegan Endevco, mehrkanalige Geräte der Firmen Trodyne und Bruel & Kjaer sowie mehrere Eigenentwicklungen zur Verfügung. Eine andere Gruppe in Zittau um den KKW-Spezialisten Prof. Sturm setzte die Schallemission zu Problemen der Technischen Diagnostik ein. Insbesondere wurde die SEA erfolgreich für die Prüfung von Turbinenwellen-Lagern im Rahmen der Instandhaltung eingesetzt und in diesem Zusammenhang interessante Forschungen durchgeführt /35, 36/

In Magdeburg selbst wurden die Schallemissionsgeräte AE 3 und AE 4 entwickelt, die in 25 Exemplaren gebaut wurden. Diese zwei bzw. vierkanaligen Geräte erlaubten zwar keine Quellortung, man konnte aber an kleinen Behältern eine Zonenortung durchführen. Die Philosophie, die Schallemissionsanalyse mit der Wasserdruckprobe zu verbinden, um diejenigen Behälter zu selektieren, bei denen keine bedenklichen Schallemissionen auftraten, hatte Einsparungen bei der Wiederholungsprüfung von Behältern in Millionenhöhe gebracht, so dass unter der Anleitung der Magdeburger in mehreren Großbetrieben, z.B. im Leunawerk und im Chemiewerk Bohlen Schallemissions-Messtrupps gebildet wurden, die mittlerweile weit über 1000 Behälter, Armaturen und Rohre geprüft haben.

Eine interessante Magdeburger Geräteentwicklung war der erste erfolgreiche Versuch, anstelle eines kompletten SEA-Gerätes eine multifunktionale PC-Karte zu entwickeln, bei der die SEA-Daten automatisch zur Selektion beim Richten gerissener gusseiserner Köpfe von Isolatorenketten genutzt wurden. Verschiedene SEA- und Verformungsdaten wurden während des Richtens so miteinander verknüpft, dass gerissene Köpfe einwandfrei erkannt werden konnten. Die Karte besaß eine automatische Überwachungsfunktion, die periodisch von einem Ultraschallgeber ausgelöst wurde. W. v. Waldburg, der in beiden Teilen Deutschlands erfolgreich SEA-Geräte von PAC verkaufte, war so freundlich, 1985 in Vertretung der Magdeburger diese Entwicklung auf dem ersten, von W. Sachse organisierten SEA-Weltseminar in Charlotte vorzustellen /37/.

In Magdeburg und Böhlen wurden von 1980 bis 1988 5 einwöchige Lehrgänge zur Ausbildung von Schallemissionsprüfern durchgeführt, an denen im Durchschnitt 20 Personen teilnahmen.

Die DDR-Industrie zeigte sich von Anfang an erstaunlich interessiert an der Einführung der Schallemissionsanalyse und hat keine Kosten gescheut, um in Großversuchen das Potential dieser neuen Methode einschätzen zu können. Beispielsweise wurden im VEB Germania Karl-Marx-Stadt neben vielen Modellbehältern /38/ dickwandige Großbehälter aus legiertem Stahl und ein Wasserstofftransportbehälter zum Bersten gebracht. Im VEB Leunawerk wurden nach einer Explosion mit Personenschaden im Laufe von 2 Jahren sämtliche Zylinderköpfe der Methanolumlaufpumpen aus GGL einer Wasserdruckprobe mit Schallemissionsbegleitung durchgeführt, nachdem vorher im Rahmen eines Berstversuchs die Zuverlässigkeit der Schallemissionsprüfung verifiziert werden konnte. Parallel dazu wurde in grundlegenden metallphysikalischen Untersuchungen das spezielle Schallemissionsverhalten von GGL aufgeklärt /39/. Sektionen von Erdölpipelines wurden bei niederzyklischer Wasserdruckbelastung in Coswig bis zum Bruch gefahren. Rohre für die Erdgasbohrung, Raketengehäuse und mobile Brücken für Brückenlegepanzer wurden unter betriebsnaher Belastung bis zum Bruch belastet und dabei das Schallemissionsverhalten studiert. Komponenten und ein verkleinertes Modell des Sicherheitscontainments von 1000 MW Kernkraftwerken wurden extrem belastet. Um sicher zu gehen, dass zwar plastische Verformung, aber keine Rissbildung in den Schweißnähten eintritt, wurde während der Versuche die Schallemission analysiert, u. a. wurden dabei Untersuchungen an 3 m langen geschweißten Zugdruckproben absolviert /40/.

Solche Großversuche gehören zu den bewegenden Erlebnissen jedes Anhängers der Schallemissionsanalyse. In jedem der oben genannten Fälle konnte aus der Schallemission genügend lange vor dem Bruch die kritische Last einer beginnenden Risseinleitung bestimmt werden, es konnten Aussagen über den ablaufenden Bruchmechanismus getroffen werden oder das Vorhandensein kritischer Fehler signalisiert werden. Die Ergebnisse von Schallemissionstests ermöglichten es einerseits, die ungerechtfertigte Abschreibung von Rohren und Behältern rückgängig zu machen, andererseits konnte in hohem Maße auf bisher übliche Routineuntersuchungen mittels konventioneller Prüfverfahren (Röntgen, Ultraschall) verzichtet werden.

An mehreren Stellen in der DDR beschäftigte man sich mit dem Problem der Leckprüfung. In Magdeburg, Rheinsberg, Köthen und in Vetschau wurden Leckprüfgeräte unterschiedlicher Auslegung gebaut. Industrielle Anwendung fand ein in Magdeburg entwickeltes Leckprüfgerät, das über einen mikrorechnergestützten Korrelator verfügte und mit dem man Lecks in erdverlegten Wasserleitungen auf ca. 20 cm genau orten konnte, hauptsächlich wurden diese Arbeiten von K. Theis geleitet, der solche Leckprüfungen heute noch professionell durchführt. Im ZfK Rossendorf beschäftigte man sich seit den 70er Jahren unter H. -F. Brinckmann und L. Liewers mit der Rauschdiagnostik /41/, darunter E. Pridöhl /42/ speziell mit der Leckdetektion im Natriumkühlkreislauf von schnellen Brüttern. Ihre Gerätekonfiguration erhielt in einem Wettbewerb der RGW-Länder den ersten Preis zuerkannt. Die bei dieser Forschung gewonnenen Erfahrungen flossen später in Arbeiten zur Entwicklung spezieller Aufnehmer und deren Kalibrierung ein.

Aufbauend auf den Entwicklungen von K. Theis schuf E. Pridöhl die weltweit erste PC-SEA-Karte. Seit Ende der 70er Jahre hat sich an der TH Leuna-Merseburg unter G. Leps beständig eine kleine Gruppe aktiv mit der Schallemission von Hochpolymeren /43/ beschäftigt.

Seit derselben Zeit studierten G. Horn und J.- D. Schnapp an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena das Schallemissionsverhalten von Glas, an der TU Chemnitz wurde das Schallemissionsverhalten im technologischen Prozess, d. h. beim Abspannen, Umformen und Wärmebehandeln untersucht.

P. Niemz vom Institut für Holztechnologie Dresden ließ seine ersten Untersuchungen an Naturholz und Holzspanplatten /44/ in Magdeburg durchführen und nahm die dabei gewonnenen Kenntnisse mit in seine neue Wirkungsstätte an der TU Dresden und später an die Universität von Santiago de Chile.

Für bruchmechanische Untersuchungen an biologischen Proben (z.B. Knochen, Pflanzen) wurde in Magdeburg und Dresden ebenfalls die SEA eingesetzt. Grundlegende theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Schallemissionsverhalten von Faserverbundwerkstoffen, Graphitwerkstoffen, Keramik und Hartstoffschichten wurden im Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR unter der Leitung von W. Pompe /45/ durchgeführt.

Die Schallemissionsanalyse inspirierte zu vielen wissenschaftlichen Arbeiten in der DDR. Insgesamt wurden beispielsweise bis 1990 21 Dissertationen zur Schallemissionsanalyse in der DDR angefertigt.

Dem wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch dienten sowohl die zweimal jährlich stattfindenden Sitzungen des Fachunterausschusses als auch regelmäßige Kolloquien.

Im Februar 1976 wurde mit dem Kolloquium "Schallemissions-Diagnostik in der Energiewirtschaft" die Reihe der alle zwei Jahre stattfindenden Kolloquien "Schallemission" der damaligen Ingenieurhochschule und jetzigen Technischen Hochschule Zittau eröffnet. Um die Kräfte nicht zu zersplittern, wurde dieses Kolloquium ab 1980 gemeinsam mit dem Fachunterausschuss Schallemission als zentrale Veranstaltung aller Schallemissions-Arbeitsgruppen der DDR durchgeführt. Von Anfang an wurde dieses Kolloquium mit internationaler Beteiligung veranstaltet. Waren bis 1984 nur internationale Gäste aus den RGW-Ländern anwesend, waren ab 1984 auch Teilnehmer aus der BRD, Jugoslawien und Österreich vertreten.

Von 1986-1990 wurde in zweijährigem Rhythmus an der Hochschule für Seefahrt in Wustrow, unmittelbar an der Ostseeküste gelegen, das Fischlandseminar zu Problemen der Schallemissionsanalyse durchgeführt. An dieser Einrichtung wurde die SEA erfolgreich zur Detektion tropfender Einspritzdüsen von Dieselmotoren und zur Überwachung der Zugseile von Fischfangnetzen eingesetzt.

Nr.	Jahr	Vorträge, Poster	Teilnehmer DDR	ausländische Teilnehmer
1	1976	10	48	4 (CSSR)
2	1978	12	54	4 (CSSR)
3	1980	26	80	18 (CSSR, VRP, UVR)
4	1982	40	96	14 (SU, CSSR, UVR, VRP, VRB)
5	1984	30	85	10 (VRP, CSSR, SFJ)
6	1986	45	104	9 (CSSR, VRP, BRD, Österreich)
7	1988	50	107	13 (CSSR, SU, VRP, BRD)
8	1990	72	110	23 (CSFR, BRD, SU, VRP, VRB, Österreich)

Tabelle: Kolloquium Schallemission

Während der denkwürdigen Oktobertage 1989 in der DDR, welche endlich auch zu einer Öffnung der DDR gegenüber der Mitgliedschaft in internationalen Arbeitsgremien führte, nahm die DDR erstmals mit E. Pridöhl und W. Morgner an einer Sitzung der europäischen Arbeitsgruppe SEA (21. EAWG-Meeting) in Wien teil. Sie hielten Vorträge über ihre laufenden Forschungen und informierten über die Arbeit, die seit 11 Jahren im Fachunterausschuss Schallemission der DDR geleistet wurde. Spontan beschlossen sie, die Mitgliedschaft in dieser Arbeitsgruppe zu beantragen.

Auf dem 8. Kolloquium Schallemissionsanalyse im April 1990 beschloss der Fachunterausschuss Schallemissionsanalyse der DDR das Zusammengehen mit dem Fachunterausschuss Schallemission der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung. Am 29.4.1991 kam es dann in Magdeburg zum Zusammenschluss der beiden deutschen Fachausschüsse. Vor dem historischen Hintergrund einer in Magdeburg 1923 gebauten 230 PS Dampfmaschine der A. Wolf AG Magdeburg Buckau wurde der historische Akt vollzogen und fotografisch festgehalten. W. Morgner wurde als Vorsitzender des Fachausschusses gewählt, er nahm dieses Amt bis zu seinem Ausscheiden aus der Universität 1993 wahr. Seit 1993 ist H. Kühnicke Vorsitzender des Fachausschusses.

Im Mai 1990, als es schon so gut wie keine Grenzen mehr zwischen beiden Teilen Deutschlands gab, hielt der Vorsitzende des Fachausschusses Schallemissionsanalyse der DDR an der TU München einen Vortrag an der Stätte, an der J. Kaiser wirkte.

In den 80er Jahren nahm die Verbreitung der Schallemissionsanalyse einen solchen Aufschwung, dass es nicht mehr möglich und sinnvoll ist, ihre Geschichte weiter zu beschreiben. Es gibt in fast allen Industrieländern Arbeitsgruppen Schallemission, die regelmäßig Tagungen abhalten, es gibt mehrere zur Tradition gewordene internationale Konferenzen und es gibt seit 10 Jahren eine internationale Zeitschrift für die Schallemissionsanalyse (Journal of Acoustic Emission). 1988 erschien die zweite Auflage des Handbuches für zerstörungsfreie Prüfung erstmals mit einem speziellen Band (vol. 5) über Schallemissionsprüfung /46/. Auf 600 Seiten wurde dort in hervorragender Weise eine Enzyklopädie der Schallemissionsprüfung niedergeschrieben.

### **Schlußbemerkung**

Bei der Einführung neuer Prüfverfahren wird meistens der Vergleich mit den herkömmlichen Verfahren mit dem Ziel angestellt, zu prüfen, ob das neue Verfahren ebenso gut wie das alte sei, oder ob es das alte Verfahren ersetzen könne. Diesen Fehler hat man bereits bei der Einführung der Ultraschallmaterialprüfung gegenüber der Röntgenprüfung gemacht. Denselben Fehler hat man bei der Schallemissionsprüfung in Deutschland wiederholt, als man sie daran messen wollte, ob sie imstande sei, die bei der Ultraschallprüfung gefundenen Poren und Schlacken oder gar künstlich eingebrachte Fehler zu finden. Sie können mittels SEA dann nicht gefunden werden, wenn sie im Augenblick der Belastung nicht aktiviert werden. Bei derartigen Vergleichen geht man am Wesentlichen vorbei. Man sollte besser nach den speziellen Vorteilen der einzelnen Verfahren fragen und sie in günstigen Kombinationen einsetzen. Der Versuch, die konventionellen Prüfverfahren generell durch SEA zu ersetzen, muss eine **Illusion** bleiben, die SEA mit den anderen Prüfverfahren günstig zu kombinieren, ist eine interessante **Mission**.

Gegenwärtig wird in Deutschland an ca. 50 Stellen aktiv Schallemissionsanalyse betrieben. Eine entsprechende Übersicht über Namen, Institutionen und bearbeitete Prüfaufgaben kann von Interessenten beim Verfasser abgefordert werden.

## Danksagung

Für die Abfassung dieses Beitrages haben die Herren F. Drouillard, F. Förster, K. H. Tensi, K. H. Schmitt-Thomas, H. Kühnicke, E. Pridöhl, V. Streicher, E. Waschkies und M. Leistner wertvolle Unterstützung in unterschiedlichster Form gegeben, wofür ihnen hierdurch gedankt werden soll.

## Literatur

- /1/ /1.1/Drouillard, T.F. : Acoustic Emission. A bibliography with abstracts. Francis Lauer, ed. New York, NY, IFI/Plenum Data Company (1979) ./ 1.2/ Drouillard, T.F.: Anecdotal History of Acoustic Emission from Wood. Journ. of Ac. Emission Volume 9, Nr. 3, S. 155 - 176.
- /2/ Czochralski, J.: Die Metallographie des Zinns und die Theorie der Formänderung bildsamer Metalle. Metall und Erz. Vol. III (N F IV) Nr. 18 (1916), S. 381-393
- /3/ Kaiser, J.: Untersuchungen über das Auftreten von Geräuschen beim Zugversuch. Doktordissertation TH München 1950
- /4/ Czochralski, J.: Fortschritte der Metallographie Einfluss der Formänderung. Stahl und Eisen. Jg. 37(1917) Nr. 21, S. 502-504
- /5/ Portevin. A. M. ; Le Chatelier, F. ; Sur un Phénomène Observé lors de l'Essai de Traction d' Alliages en Cours de Transformation. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l' Academie des Sciences. Vol. 176 (Februar 1923) S. 507-510
- /6/ Classen-Neklodowa, M. : Über die sprunghafte Deformation Z. f. Phys. 55 (1929) S. 555-568
- /7/ Anderson. R.: Proceedings of the 29th Annual meeting of the ASTM. Vol. 26, part II Philadelphia, ASTM 1926, pp 349-377
- /8/ Scheil, E.: Über die Umwandlungen des Austenits in Martensit in gehärtetem Stahl. Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie. 183 (1929) S. 98-120.
- /9/ /9.1/ Förster, F.; Scheil, E: Akustische Untersuchung der Bildung von Martensitnadeln. Zeitschrift für Metallkunde 29 (1936) Nr. 9, S. 245-247 und /9.2/ Förster, F.; Scheil, E.: Untersuchung des zeitlichen Ablaufes von Umklappvorgängen in Metallen Zeitschrift für Metallkunde 32 (I 940) H. 6, S. 165- 173
- /10/ Mason, W. Mc Skimin, H. J. Shockley, W.: Ultrasonic observation of twinning in Tin. Physical Review 73 (1948) Nr. 10, S. 1213-1214
- /11/ Millard, D. J. Twinning in Single Crystals of Cadmium. Ph. D. thesis. Bristol, England University of Bristol 1950
- /12/ Kaiser, J.: Materialprüfverfahren Deutsches Reichspatent Nr. 852771 (Oktober 1952)
- /13/ Kaiser, J.: Erkenntnisse und Folgerungen aus der Messung von Geräuschen bei Zugbeanspruchung von metallischen Werkstoffen. Archiv für das Eisenhüttenwesen 24 (1953) Nr. 1-2, S. 43-45
- /14/ Kaiser, J.: Über das Auftreten von Geräuschen beim Schmelzen und Erstarren von Metallen Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens 23 (1957) Nr. 1-2, S. 38-42
- /15/ Borchers, H.; Kaiser, J.: Akustische Effekte bei Phasenübergängen Blei-Zinn. Zeitschrift für Metallkunde 49. (1958) Nr. 2, S. 95-101

- /16/ Schofield, B.; Bareiss, R. A ; Kryala, A. A.: *Acoustic Emission under applied stress*. WADC Technical Report 58-194, Boston, MA, Lessels and Associates (April 1958) zitiert in / 1. 1/
- /17/ Späth, W.: *Fließen und Kriechen der Metalle*. Handbuch der Metalle. Metall-Verlag GmbH, Berlin-Grunewald 1955
- /18/ Tatro, C.; Liptai, R. G.; *Acoustic Emission from Crystalline Substances Proceedings of the 3rd Symposium on Physics and Nondestructive Testing*. San Antonio, TX: Southwest Research Institute 1962 pp. 145-158
- /19/ Dunegan, H.: *Acoustic Emission: A Promising Technique*. UCID - 4643. Livermore, CA: Lawrence Radiation Laboratory (December 1963) zitiert in I. I
- /20/ Pollock, A.: *Stress wave Emission during Stress Corrosion Cracking of Titanium Alloys*. Document DI-82-0658 Seattle, WA: Boeing Scientific Research Laboratories (October 1967) zitiert in 1.1
- /21/ Steffens, H.-D., Crostack, H.-A.: *Ermittlung des Einflusses von Fehlern in Widerstandspunktschweißverbindungen durch Schallemissionsanalyse*. *Schweißen und Schneiden* 25 (1973 )Nr. 8 S. 284/88
- /22/ Blumenauer, H.; Pusch, G.: *Technische Bruchmechanik*. Deutsch. Verl. Grundstoffindustrie.
- /23/ Morgner, W.; Schröder, A.: *Spanbildung und Schallemission Fertigungstechnik und Betrieb* 25 (1975) 6 S. 375,
- /24/ Morgner, W.; Theis, K.; Eggert, J.; Ortmann, R.: *Ermittlung der Bruchzähigkeit bei statischer Belastung unter Einbeziehung der Schallemissionsanalyse und der Potentialmessung*. *Neue Hütte* 26 (1981). H. 9. S. 52-254
- /25/ Morgner, W.: *Detection, measurement and evaluation of cracks*. *Proceedings 10th WCNDT Moskau 1982*, vol. 1. p. 151-171
- /26/ Morgner, W.: *Anlage für die Schallemissionsanalyse, Feingerätetechnik* 25 (1976) S. 279
- /27/ Mauersberger, G., Schade, M.: *Aufbau einer Schallemissionsortungsanlage auf Basis eines 8 - Bit - Mikrorechners* Dissertation IHZ 1981
- /28/ Reiche, A.: *Experimentelle Untersuchungen zur niederzyklischen Werkstoffermüdung mit der Schallemissionsanalyse an einer neuen Prüfeinrichtung*. Dissertation IHZ 1982
- /29/ Förster, H.: *Leckdetektion durch Schallemissionsanalyse*. Diss. IHZ 1983
- /30/ Teßmar, H.: *Untersuchungen der kontinuierlichen Schallemission bei der plastischen Deformation von ausgewählten Stählen*. Dissertation IHZ 1984
- /31/ Kuhnicke, E.: *Theoretische Untersuchungen zur Entstehung und Ausbreitung von Schallemissionsburstsignalen in Platten unter einachsiger Belastung*. Dissertation IHZ 1985
- /32/ Kuhnicke, H.: *Beiträge zur quantitativen Analyse und Ortung von Schallemissionsburstsignalen*. Disseration B TH Magdeburg 1987
- /33/ v. Schäwen, R.: *Untersuchungen zum Schallemissionsverhalten warmfester ferritisch-perlitischer Stähle unter konstanter Belastung und bei höheren Temperaturen*. Dissertation THZ 1989
- /34/ Cramer, R. -U. : *Schallemissionsanalyse zur Erfassung von Werkstoffzuständen, insbesondere der Versprödung von Stahl*. Dissertation THZ 1992
- /35/ Sturm, A.; Uhlemann, S.: *Diagnostik an Gleitpaarungen*. *Maschinenbautechnik* 34 (1985) 3, 129-131



- /36/ Sturm, A.; Rösch, D.; Uhlemann, S.: Ein Impulsbewertungsverfahren zur Diagnose an Maschinenelementen. *Maschinenbautechnik* 35 (1986) 3 S. 125-127
- /37/ Morgner, W.: On-line application of acoustic emission analysis. Special supplement to *Journal of Acoustic Emission*, Acoustic Emission group Los Angeles CA March 1989, p.20
- /38/ Morgner, W.: Inspection of small vessels by acoustic Emission without Fault Locating. *Materials Evaluation* 46. Febr. 1988, p.210-214. The ASNT, USA
- /39/ Morgner, W.; Heyse, H.: Uncommon Cries of cast iron elucidated by acoustic emission analysis. *Journal of Acoustic Emission* Volume 5 number 1 p. 45-49
- /40/ Albrecht, R.; Heyse, A.; Morgner, W.; Theis, K.; Thomasch, H.: Untersuchungen an Großzugproben mittels Schallemission, *Neue Hütte* 28 (1983) H. 2, S. 78
- /41/ Liewers, W.: Rauschdiagnostik Beiträge zur Forschungstechnologie. Bd 10. Ak. verl. 1985.
- /42/ Pridöhl, E.: Akustische Detektion von Wasserlecks in natriumbeheizten Dampferzeugern unter Verwendung von Methoden der statistischen Entscheidungstheorie. *ZFK-Berichte* 428, Rossendorf 1981.
- /43/ Leps, G.; Bohse, J.; Sachse, J.: Die Anwendung der Schallemissionsanalyse zur Aufklärung der Deformationskinetik von modifizierten Polymerwerkstoffen. *Wiss. Ber. d. IHS Zittau* 1981 IHZ-Ph-80-253, S. 287-296
- /44/ Morgner, W.; Niemz, P.; Theis, K.: Anwendung der Schallemissionsanalyse zur Untersuchung von Bruch- und Kriechvorgängen in Werkstoffen aus Holz. *Holztechnologie, Leipzig* 21 (1980)2, S. 77-82.
- /45/ Pompe, W.: Zur Anwendung der akustischen Emissionsanalyse in der Festkörperphysik. *Sitzungsberichte der ADW* 1981 Nr. 10/N, S. 3-17
- /46/ Autorenkollektiv: *Nondestructive Testing Handbook. Second Edition, vol. 5 Acoustic Emission, Published by the American Society for Nondestructive Testing* 1987.

## Tabellenanhang

<b>Wo in Deutschland Schallemissionsanalyse betrieben wird</b>		
<b>Name</b>	<b>Institution</b>	<b>Gebiet</b>
<i>Benziger</i>	<i>Uni Magdeburg</i>	<i>Laserinduzierte SE Bruchmechanik</i>
<i>Bidlingmaier</i>	<i>Inst. Metallkunde Uni Stuttgart</i>	<i>Schädigungsprozesse Faserverbunde, Keramik</i>
<i>Bock</i>	<i>KKS Flaga</i>	<i>Flüssiggasbehälter</i>
<i>Bohse</i>	<i>BAM Berlin</i>	<i>Polymere Verbunde flüssiggasbetriebene Kfz</i>
<i>Busse</i>	<i>Uni/IKP Stuttgart</i>	<i>Polymere Verbundw. Grundlagenuntersuchungen</i>
<i>Crostack</i>	<i>Uni Dortmund</i>	<i>Fügen, Beschichten</i>
<i>Dijkstra</i>	<i>Beyer, Leverkusen</i>	<i>QS Polymere</i>
<i>Eisenblätter</i>	<i>GMuG Ober-Mörlen</i>	<i>Salzstöcke</i>
<i>Gärtner</i>	<i>Labor techn.Phys.</i>	<i>Körperschall</i>
<i>Große</i>	<i>FMPA Stuttgart</i>	<i>Beton, Keramik</i>
<i>Halliger</i>	<i>TÜV MPA Leuna</i>	<i>Behälterprüfung Flachbodenbehälter</i>
<i>Haselbach</i>	<i>Inst.Polymerfo.Dresden</i>	<i>Grundlagen Polym.</i>
<i>Horn</i>	<i>Uni Jena</i>	<i>Glasprüfung,</i>
<i>Hünicke</i>	<i>Uni Rostock</i>	<i>Werkstoffeigenschaften Diffusionsschweißen</i>
<i>Kahle</i>	<i>TH Ilmenau</i>	<i>Kondensatoren, Isolierstoffe, Schalter</i>
<i>Kapphahn</i>	<i>MFPA Leipzig</i>	<i>Brückenüberwachung und Requalifizierung</i>
<i>Kirchhoff</i>	<i>MPFI Dresden</i>	<i>Keramik, Bruchmechanik</i>
<i>Knapp</i>	<i>Fa. Braun</i>	<i>Metallurgie, Beschichten</i>
<i>Knoch</i>	<i>MPA Stuttgart</i>	<i>Industrieinsätze, Behälter</i>
<i>Kolitsch</i>	<i>BMW München</i>	<i>Dauerfestigkeit</i>
<i>Krüger</i>	<i>TÜV Hannover</i>	<i>Behälterprüfung</i>
<i>Kühnicke</i>	<i>EADQ Dresden</i>	<i>Quellmechanismen Salzstöcke</i>
<i>Leps</i>	<i>MLU Halle</i>	<i>Polymere</i>
<i>Meyer</i>	<i>TU Chemnitz</i>	<i>Abspannvorgänge</i>
<i>Meyer</i>	<i>MAN Augsburg</i>	<i>QS Raumfahrt</i>
<i>Monreal</i>	<i>Donier</i>	<i>Keramikbauteile</i>

Müller	FZ Karlsruhe	Zeitstandfestigkeit, Dienstleistungen
N.N.	ZF Friedrichshafen	QS Getriebe
Niemz	z.Z. Uni Chile	Bruch Holz
Nordmann	Nordmann KG Köln	Werkzeugverschleiß
Pantucek	FH Darmstadt	Plasmabeschichtungen
Pridöhl	EADQ Dresden	Aufnehmerentwicklung Kalibrierung, PC-Karten
Runow	TÜV Rheinland	Bauteile, Gasflaschen
Schade	HTWS Zittau	Kraftwerksprobleme
Schnapp	Uni Jena	Glasbruchmechanik
Schütze	DECHEMA Frankfurt	Heißkorrosion
Schwab	DKI Dannstadt	Faserverbunde, Tribologie
Sell	Euro Physical Acoustics, Wolfegg	Anwendungsservice, Geräte-Vertrieb
Sturm	Ingbüro Sturm Dresden	Maschinendiagnostik
Theis	Watec Idstein	Überwachung Wasserleitung
Tscheliesnig	TÜV Wien	Flüssiggasbehälter
Vallen	Vallen, Icking	Gerätehersteller
Vilbrandt	FH Wismar	Dieselmotorendiagnostik .
v. Waldburg	Fischer-Pierce und Waldburg, Kisslegg	Gerätevertrieb PAC
Waschkies	IzFP Saarbrücken	Werkzeugverschleiß
Weiler	ABB Heidelberg	Keramik
Zielinski	Matec Böhlen	Behälterprüfung

### **Gegenüberstellung konventioneller Zerstörungsfreier Prüfung und Schallemissionprüfung**

<b>Konventionelle ZfP</b>	<b>SEA-Prüfung</b>
<i>Belastung nicht erforderlich</i>	<i>Belastung erforderlich</i>
<i>statisch</i>	<i>dynamisch</i>
<i>reversibel</i>	<i>irreversibel</i>
<i>lokal</i>	<i>global</i>
<i>Ungänzen passiv</i>	<i>Ungänzen aktiv</i>

# Schallemissionsprüfung - Praktische Anwendung -

## **Ursache der Schallemission:**

Entstehen von Schall unter  
Belastung oder Betrieb

- Beton-, Boden-, und Felsmechanik
- Ständige Lecküberwachung
- Optimierung Lagerspiel

## **Werkstoffprüfung:**

- Plastische Verformung
- Gefügeumwandlung
- Einschlüsse
- Riß-Entstehung und Wachstum
- Korrosionsrisse
- Verschleiß ( unter Last )
- Matarixbrüche
- Faserbrüche
- Delamination

## **Anwendung ( Industrie )**

- Lagerüberwachung
- Schneidautomat
- Lecküberwachung
- Dampfentspanner
- Präventive Kesseldruckprüfung
- Druckprüfung von Röhren und Kesseln aus faserverstärktem Kunststoff (ASTM und CARP)
- Kranausleger
- Flachbodentankprüfung (Korrosion)
- Ortsfeste und fahrbare Speicherbehälter für Gase
- Lose Teile
- Pumpenkavitation
- Rißsortierung beim Richten

## **Betriebsgeräusche**

- Reibung
- Lagerlauf
- Unwuchten
- Schalt- und Schließvorgänge
- Undichtheit
- Kaltumformung
- Spanabhebende Bearbeitung

## **Vorteile**

- Echtzeitmessung
- Passive, integrale Technik
- Kontinuierliche Messung
- Hochempfindlich
- Einfache Integration
- Automatische Ortung
- Entdeckt nur aktive Fehler

## **Pseudoquellen**

- Gas- und Flüssigkeitslecks
- Rißuferreiben
- Lose Teile
- Oxid- und Schlackenrisse
- Reibung, EMI, RFI

## **Nachteile**

- Benötigt Erfahrung
- Materialkenntniss erforderlich
- Begrenzte quantitative Korrelation
- Passive Fehler bleiben unentdeckt

## **Prozeßkontrolle**

- Schweißen
- Lagerüberwachung
- Schleif-, Schneidautomatisierung
- Dampfentspannung

*Praktische Anwendungen der Schallemissionsprüfung. Zusammengestellt von J. Sell*

## Bildanhang

### Einige Gesichter der Schallemission



Prof. H.-A. Crostack



Harold L. Dunegan



Dr. J. Eisenblätter



Dr. F. Förster



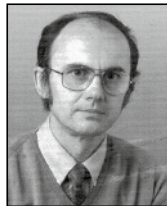
Dr. J. Kaiser



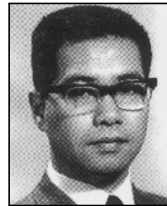
M. Leistner



G. Leps



P. Niemz



Prof. K. Ono



Dr. Adrian A. Pollock



W. Pompe



Prof. W. Sachse



Prof. R. W. Stephens



Jack C. Spanner



Dr. S. J. Vahaviolos



Freihand geformtes Gefäß aus der späten Bronzezeit 1200 v. Chr., sogenannte „Lausitzer Kultur“. Das mit Frauenbrüsten verzierte Tongefäß ist beim Brennen und nachfolgendem Abkühlen unter Schallemission gerissen.

Foto von C. Töpfer, Dresden



Schallemissionsprüfung im Hörschallbereich mittels Schalleiter und Membrandose, 20er Jahre. Gerät aus dem Nachlaß von Prof. Schiebold, befindet sich bei Dr. Jünke, Berlin

# ZEITSCHRIFT FÜR METALLKUNDE

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im Verein deutscher Ingenieure, Berlin NW7, Ingenieurhaus  
Gebrüder von W. Guertler, geleitet von W. Küster und H. Grajek. - VDI-Verlag GmbH, Berlin NW7, Dorotheenstr. 40

43. Jahrgang

September 1936

Heft 9

Hauptversammlung  
der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde  
am 27. Juli 1936 in Hamburg

## Akustische Untersuchung der Bildung von Martensitnadeln

Von **Fritz Förster** und **Paul Scheil** in Stuttgart

Vorgetragen von E. Scheil

(Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung in Stuttgart)

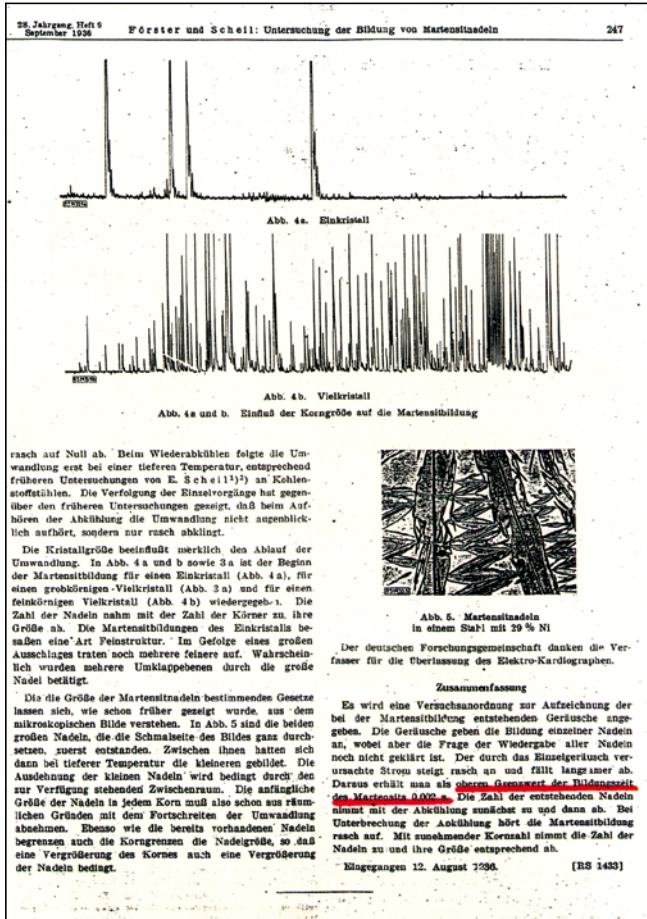
Aufzeichnung der Geräusche bei der Martensitbildung - Bildung einzelner Nadeln - Große Bildungs-  
geschwindigkeit - Abhängigkeit der Zahl der Nadeln von der Korngröße

Bekanntlich ist die Martensitbildung im Stahl, die beim Abkühlen unter Raumtemperatur eintritt, mit einem Geräusch verbunden<sup>1)</sup>. Durch Umwandlung des Geräusches in elektrischen Strom konnte der Vorgang aufgeschrieben werden. Die Versuchsanordnung ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Die Probe wurde durch Metallbläs-

N. Engel<sup>2)</sup> beschrieben worden sind. Die Aufzeichnung erfolgte auf einem Papierfilm, der bis zu 15 mm/s Vorschub bewirkte.

Für die Versuche wurde ein Nickelstahl mit 20% Ni benutzt. Die Umwandlung des Austenits in Martensit begann beim Abkühlen bei -23°. Die Stahlprobe von 1 mm Durchmesser, Abb. 2, 3,

Durch  
Schallemissions-  
analyse registrierte  
Bildung von  
Martensitnadeln.  
F. Förster, 1936



F. Förster realisiert 1936 zusammen mit E. Scheil die erste elektrisch instrumentierte Schallemissionsanalyse zur Untersuchung der Martensitumwandlung

Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949

(WIGBIL. S. 178)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEBEN AM  
30. OKTOBER 1952

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 852 771

KLASSE 42k GRUPPE 34<sup>01</sup>

K 122: IXb/42k

Dr.-Ing. Joseph Kaiser, Miesbach (Obb.)  
ist als Erfinder genannt worden

Dr.-Ing. Joseph Kaiser, Miesbach (Obb.)

## Materialprüfverfahren

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 15. Februar 1950 an  
Patentanmeldung bekanntgemacht am 21. Juni 1951  
Patenterteilung bekanntgemacht am 14. August 1952

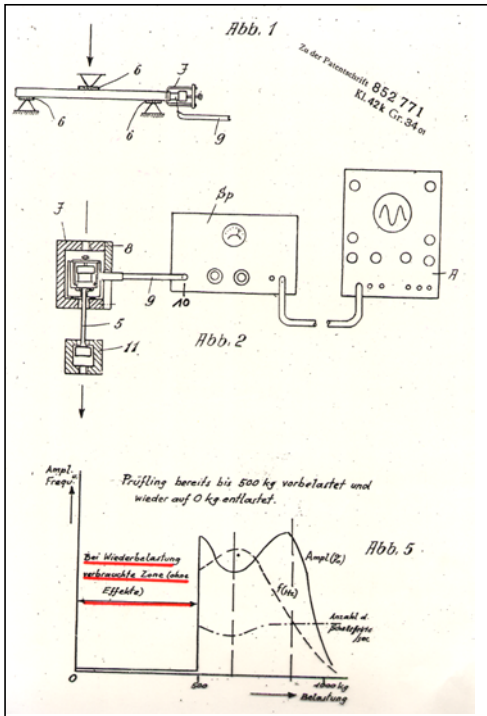
Alle bisherigen mechanischen Materialprüfverfahren geben nur diejenigen Belastungen an, die durch die Prüfmaschine dem Prüfmaterial entsprechend der Belastungsart (statische oder dynamische Belastung) aufgedrückt wird. Sie machen aber alle keine Aussage, ob das Prüfmaterial bereits eine Beanspruchung ausgehalten hat und wie hoch diese war.

Somit ist es mit den bisher bekannten Prüfverfahren unmöglich, festzustellen, wie hoch die im Material wirkende Eigenspannung ist und wie hoch die bisher höchste Belastung war, die es bereits ausgehalten hat. Dies gilt sowohl für statische (Zug, Druck, Biegung, Torsion) als auch dynamische (Wechselbeanspruchung) Belastung.

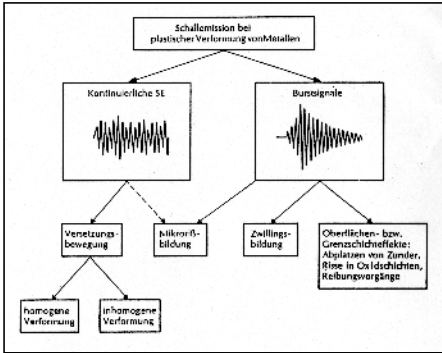
Durch das erfindungsgemäße Prüfverfahren nach welchem die bei Belastung des Werkstoffes auftretenden Schalleffekte in bezug auf Höhe der Frequenz und/oder der Amplitude und/oder der Anzahl der Schalleffekte je Zeiteinheit ermittelt und ausgewertet werden, ist es möglich, bei jedem Prüfung festzustellen, ob er bereits irgendeiner Belastung unterzogen wurde und, wenn dies der Fall, wie hoch diese Belastung war. Ist der Prüfling noch nicht vorbelastet gewesen, so lassen sich die in ihm wirkenden Eigenspannungen (Mikrospannungen) und deren Höhe feststellen.

Weiter läßt das neue Verfahren erkennen, ob der Prüfling nach einer bereits ausgehaltenen Belastung einer Glühbehandlung unterzogen wurde. Ferner

Auszug aus der 1. Patentschrift zur Schallemissionsprüfung von J. Kaiser, 1952

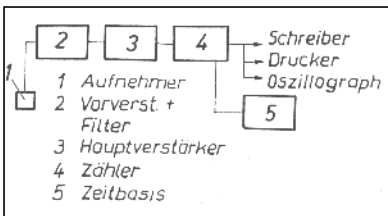
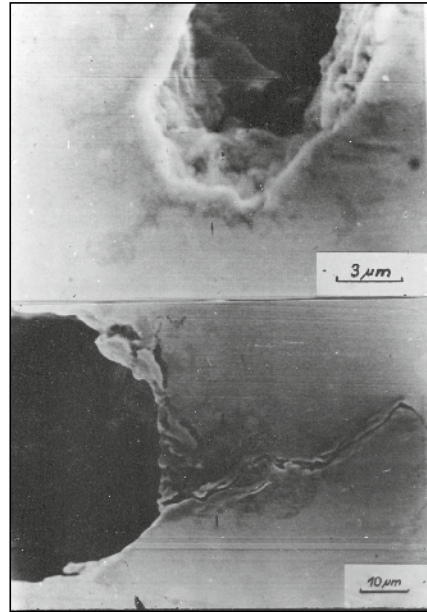


Aus der Patentschrift von J. Kaiser.  
Links unten: Ausbleiben der Schallemission bei wiederholter Belastung bis zur gleichen Belastungshöhe (Kaisereffekt)



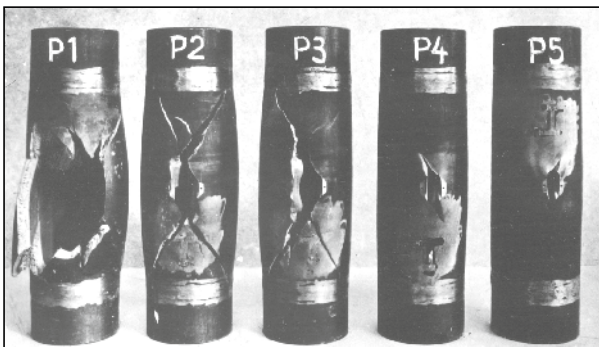
Schallemission bei plastischer Verformung von Metallen

In situ verfolgte Schallemission unter dem Rasterelektronenmikroskop. Oben: Elektroerosiv erzeugter Kerb ohne Riß  
Unten: Unter Schallemission gebildeter Mikroriß



Einfaches Schallemissionsmeßsystem

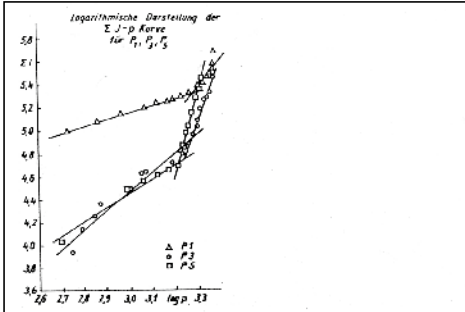
Schallemissionsteam unter Leitung von V. Streicher während der Inbetriebnahme von KKB2 Philipsburg



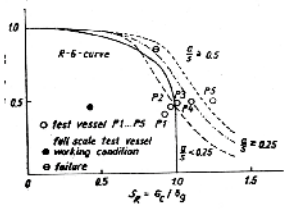
Systematische Schallemissionsprüfungen beim Berstversuch an kleinen, dickwandigen, geschweißten und vorgekerbten Behältern, um den „Rißeinleitungspunkt“ zu ermitteln.

Testfrage: Welche Probe enthielt den kleinsten Kerb?



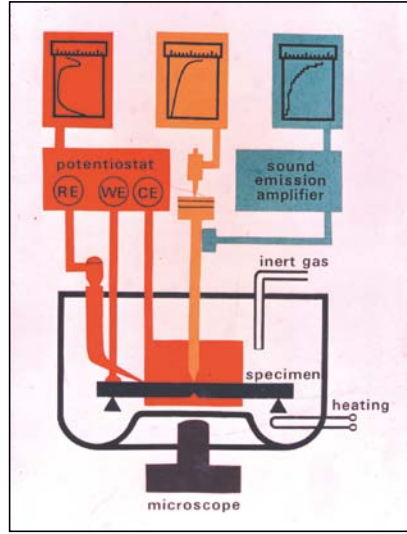


challemissions-Summe in Abhängigkeit vom Druck

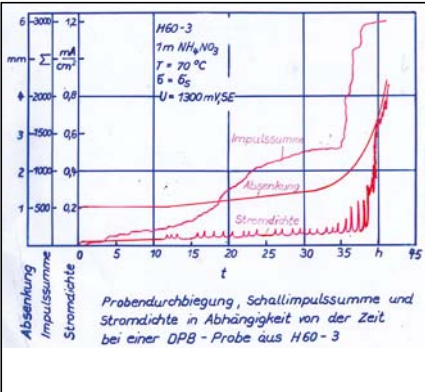


Ergebnisse des Druckversuches an Modellbehältern im FAD

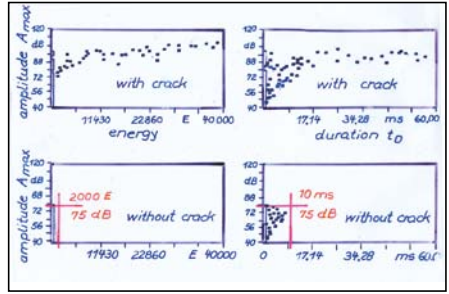
Auswertung der Ergebnisse von SEA-Prüfungen während des Berstversuchs von Kleinbehältern



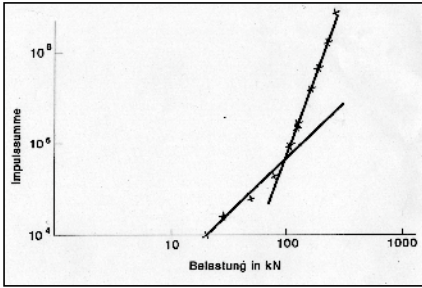
W. Morgner und J. Göllner konnten als erste Schallemission bei beginnender Spannungsrißkorrosion nachweisen. Der gläserne Versuchsbehälter erlaubte neben der SEA eine mikroskopische Beobachtung, potentiostatische Messungen, Durchbiegungsmessungen und Änderungen der chemisch-thermischen Bedingungen



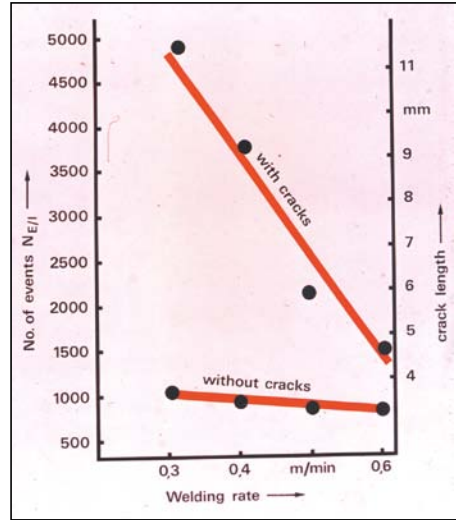
Im Ergebnis einer instrumentierten Spannungsrißkorrosionsuntersuchung zeigte die Schallemission als erste die Rißbildung an



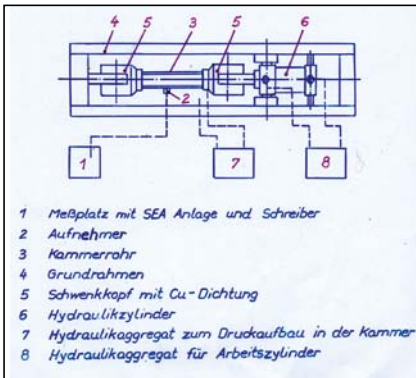
Auf dem 11. Weltseminar SEA konnten W. Morgner und K. Theis eine mikroprozessorgesteuerte SEA-Mehrparameter-Karte zur on-line-Prüfung während des Richtvorganges an Kappen für Isolatorenketten vorstellen



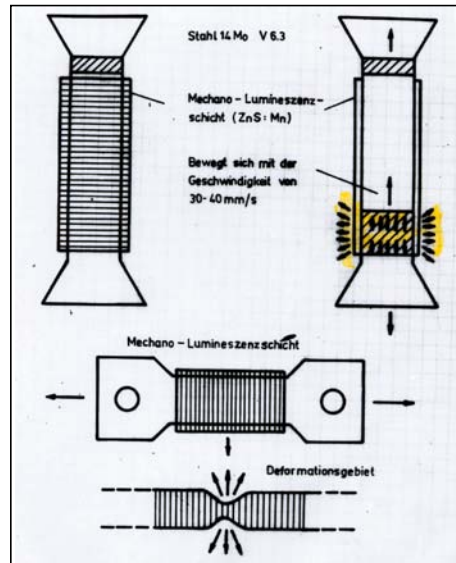
Ergebnis eines 10 Stunden wahrenden Berstversuchs an einem dickwandigen Chemiegrobehalter des VEB Germania Karl-Marx-Stadt. Die Schallemissionsprüfung bestatigte den vorausgerechneten Berstdruck und ermöglichte eine Versagensprognose



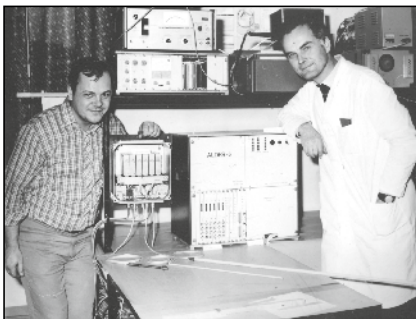
Überwachung des UP-Schweißvorgangs mittels SEA. Oben: falsche Technologie, die zur Rißbildung führt



Bei der Fa. Pyrotechnik Silberhütte in den 80er Jahren realisierte automatisch SEA-Prüfanlage zur Prüfung von Raketenkammerrohren für die ca. 1 m lange Signalarakete der Warschauer Vertragsstaaten. Es wurden 1800 Teile geprüft.



M. Leistner, Zittau, weist nach, daß Schallemission bei geeigneter Versuchsanordnung (Aufbringen einer Mechanolumineszenzschicht) mit Mechanolumineszenz einhergeht



E. Pridöhl und Fröhlich gewannen im RGW-Maßstab eine Ausschreibung für eine Anlage zur Überwachung des Natriumkreislaufs von schnellen Brtern mittels SEA

***Schallemissionsquellen in elektrischen Betriebsmitteln der Hochspannungstechnik***

**\* Betriebsbedingte Schallemissionen**

- > Magnetrostaktion der Fe Kleise
- > Elektrostriktion von Isoliersystemen
- > Mechanische Schwingungen durch Feldkräfte der Grund- und Oberwellen der Systemspannung
- > Stützung gasförmiger und flüssiger Medien (Kühlung)
- > Reibung durch Translation und Rotation von Systemelementen
- > Mechanische Impulse durch Schaltvorgängen
- > Mechanische Impulse durch Feldkräfte innerer und äußerer Überspannungen

**\* Extreme Schallemissionen**

- > Umwelgeräusche
- > SE durch Arbeits- und Transportvorgänge
- > Äußere thermomechanische Spannungsänderungen
- > Regen auf Freiluftbetriebsmittel

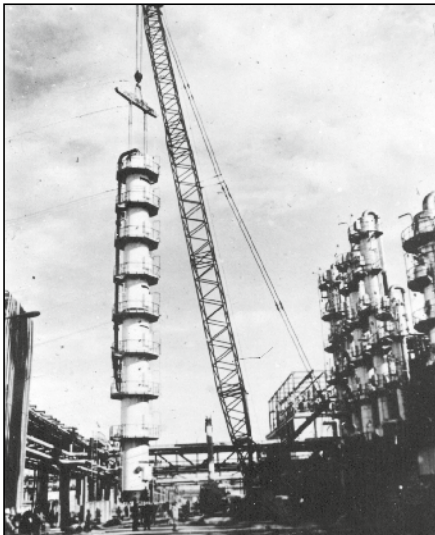
**\* Alterungsbedingte Schallemissionen**

- > Lösen eingefrorener mechanischer Spannungen
- > Delaminierungsvorgänge
- > Heißstellenwirkung
- > Toilentladungen



*Der Autor zusammen mit Frl. Böhme (jetzt Dr. Ahrens) vor der größten in der DDR jemals geprüften Zug-Druck-Probe. Zum Nachweis dafür, daß die Schweißnähte des Sicherheitscontainments eines WWR 1000 bei einem Reaktorunfall nicht reißen würden, wurde eine begleitende Schallemissionsprüfung durchgeführt*

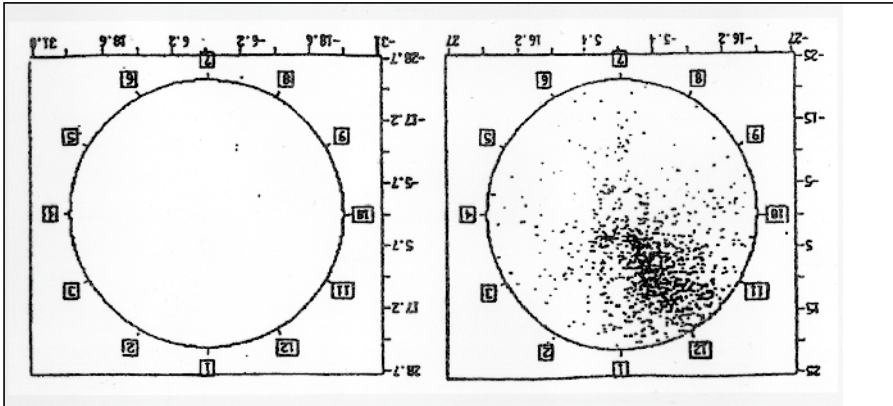
*Seit Jahrzehnten beschäftigt sich Prof. Dr. Kahle in Ilmenau mit der Schallemission bei Betriebsmitteln der Hochspannungstechnik*



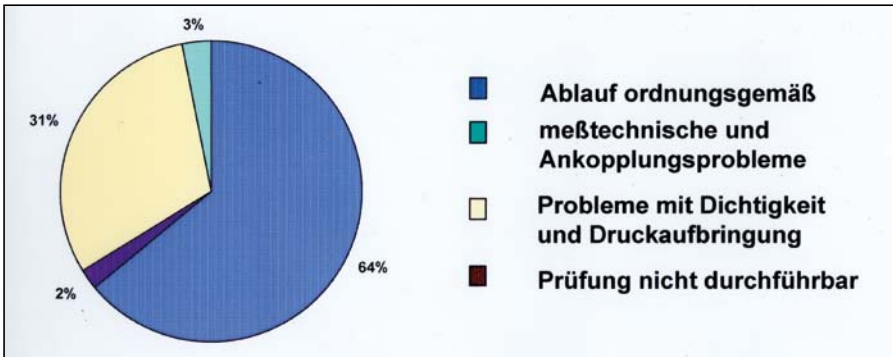
*Montage einer bereits isolierten Reaktorkolonne, bei der die zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung vergessen (!) wurde. Lösung in letzter Minute: Schallemissionsprüfung bei Wasserdruckprüfung. Leuna, ca. 1980*



*Schallemissionsprüfung an einer Reaktorkolonne. Anbringen von Aufnehmern in 40 m Höhe*



Prüfung von Flachbodenbehältern auf Korrosion mittels SEA. Links: Behälter ohne Korrosion rechts: Korrodierender Behälter



Ausfälle und Ausfallursachen bei SEA-Druckgefäßprüfungen in Böhlen von 1984-1988



Vereinigung der beiden deutsche Fachausschüsse für Schallemissionsprüfung in Magdeburg 1990



*Teilnehmer und Dozenten des ersten Stufe-2-Lehrganges Schallemissionsprüfung*



**Winfried Morgner (\*1935)**

1953-1954 Schwermaschinenbau GERMANIA, Chemnitz (Vorpraktikum); 1954-60 Studium Hochschule f. Schwermaschinenbau, Magdeburg (Werkstoffkunde/Werkstoffprüfung; Prof. Dr. E. Schiebold); Zentralinstitut für Schweißtechnik (ZIS), Halle/S. (Schweißerprüfung); 1960-1962 Zusatzstudium Prof. Livschitz, Moskau/UdSSR; 1963 Aspirantur TH Magdeburg; 1964 Promotion; 1964-1966 Edelstahlwerk, Freital (Abschnittsleiter);

1966 TH Magdeburg (Oberassistent; Habilitation „Thermoelekt. Untersuchungen metallischer Werkstoffe“; 1969 Facultas docendi/Dozent für Physikalische Prüfverfahren); 1970 Gutachter des ASMW für magnetische und magnetinduktive Prüfverfahren; 1974 Gastdozent TH Bauman, Moskau/UdSSR (Zerstörungsfreie Prüfung); 1975 ordentl. Professor für Zerstörungsfreie Prüfungen;

1980 Forschungspreis der TU Magdeburg; Otto-von-Guericke-Plakette (2 mal); Mitglied der Expertenkommission für Kernkraftwerke beim Ministerrat der DDR;

1980 International Committee of Nondestructive Testing (ICNDT; DDR-Vertreter); 1985 European Council of Nondestructive Testing (ECNDT; DDR-Vertreter); 1988 Ehrenmedaille des Instituts Dr. Förster, Reutlingen; 1993 Technische Universität, Tomsk/RUS (Projekt des IZfP, Saarbrücken); 1993-1997 NSQ HAUK GmbH, Ludwigshafen (Qualitätssicherung).

Redaktionsbeirat „Journal of Acoustic Emission“ (USA), „Nondestructive Testing and Evaluation“ (G B), „N DT & E international“ (GB/Japan).

228 Veröffentlichungen, 183 Vorträge, 6 Bücher (Autor / Mitautor), 12 Patente