

- 3.11.12. – badania doświadczalne
3.10. – akustyka i ultradźwięki,
metody badawcze

J. Ranachowski, F. Rejmund

SCHALLEMISSION
IN STOFF-UND BAUELEMENTENPRÜFUNG

34/1993



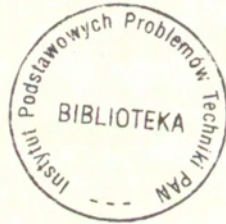
P. 269

WARSZAWA 1993

<http://rcin.org.pl>

ISSN 0208-5658

Praca wpłynęła do Redakcji dnia 20 października 1993 r.



56657



Na prawach rękopisu

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
Nakład 100 egz. Ark.wyd. 1,5 Ark.druk. 2,0
Oddano do drukarni w październiku 1993r.

Wydawnictwo Spółdzielcze sp. z o.o.
Warszawa, ul.Jasna 1

Jerzy Ranachowski
Feliks Rejmund

Institut für Grundprobleme der Technik
der Polnischen Akademie
der Wissenschaften

SCHALLEMISSION
IN STOFF-UND BAUELEMENTENPRÜFUNG

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Forschungsarbeit ist die erste in Polen, umfassend eine so umfangreiche Anwendung der Schallemission zu Untersuchung der Stoffe und der Konstruktionselemente. Die Veröffentlichung umfasst meistens die eigenen Forschungen der Verfasser, ausgeführt mit Messapparatur, entwickelten und hergestellten in IPPT.PAN. In der Arbeit wurden hauptsächlich die Messergebnisse dargestellt; die Informationen betreffende der Messmethoden sind in der Arbeit: Methodes and Applications of Acoustic Emission von Prof. Prof. Malecki und Ranachowski [1] enthalten. Die Forschungsgebiete sind in 6 Abteilen enthalten und zwar die Untersuchungen der Konstruktionskeramik, der superleitenden Keramik, der Metalle, der Betone und der Betonbauelemente. Als weniger bekannt sind die Messungen der Knochen mittels Schallemission und auch die Beziehungen zwischen der Schallemission und elektrischen Beschaffenheiten in Keramik und Verbundstoffen bei mechanischer Belastung zu nennen.

Die Publikation wurde in Rahmen des Forschungsprojektes KBN
No. 70761 91 01/P1 verfasst.

1. UNTERSUCHUNGEN DER KERAMISCHEN PRÜFLINGE.

Die Bestimmung der mechanischen Festigkeit mittels der Schallemission.

1.1. Die Art der untersuchten Stoffe.

Tafel 1: Parameter der mechanischen Festigkeit [2].

STOFF	PARAMETER				
	n	log A	K_{Ic} [MN m ^{-3/2}]	m	σ_z [MPa]
Korundkeramik: transparent	10.03	-9.41	5.6	14.7	180
99 % Al ₂ O ₃	29.08	-21.46	4.12	30.0	353
97 % Al ₂ O ₃	26.08	-18.21	3.4	-	250
90 % Al ₂ O ₃	26.18	-8.52	4.0	9.05	200
Steatit	15.17	-5.0	2.1	8.6	120
Elektrotechnischen Keramik	21.0	-4.0	1.35	9.4	80

worin: n, A - Parameter der Beziehung $V = AK_{Ic}^n$.

K - Kritischer Spannungskoeffizient,

m - Parameter der statistischen Verteilung von Weibull,

σ_z - Biegefestigkeit,

v - Geschwindigkeit der Zunahme der unterkritischen Spannungsrisse.

Die obigen Stoffe wurden auf angegebene Parameter untersucht und zwar mit Anwendung der Ultraschallmessmethoden und der Schallemission.

1.2. Die Bestimmung der Parameter der Mechanik der Bruchvorgänge mittels Methode der Schallemission.

Eine nützliche Beziehung bei Beschreibung des Bruchvorganges ist eine Korrelation zwischen dem Tempo der Schallemission und Zunahme der Geschwindigkeit der Rissbildung. Es wurde festgestellt, dass die Zunahme der SE-Ereignisse während Zunahme des Mikrorisses in der Keramik hängt von ihrer Mikrostruktur ab proportional zur Korngrösse und Abstand der Körne.

Daher die Beziehung:

$$\frac{dN_z}{dt} = \frac{1}{G_m} \left(\frac{da}{dt} \right), \quad (1)$$

An Bilder 1,2 wurden die experimentellen Ergebnisse bei Anwendung der Messungen der Schallemission dargestellt.

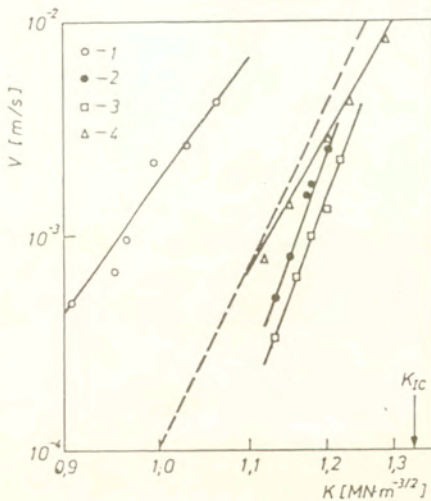


Bild 1. Die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit der Rissvergrößerung und dem Koeffizienten der Spannungsgrösse K in elektrotechnischer Porzellan. Die gestrichelte Linie präsentiert die Mittelwertgrösse der Beziehung für die untersuchte Menge der Probestücke [3, 4].

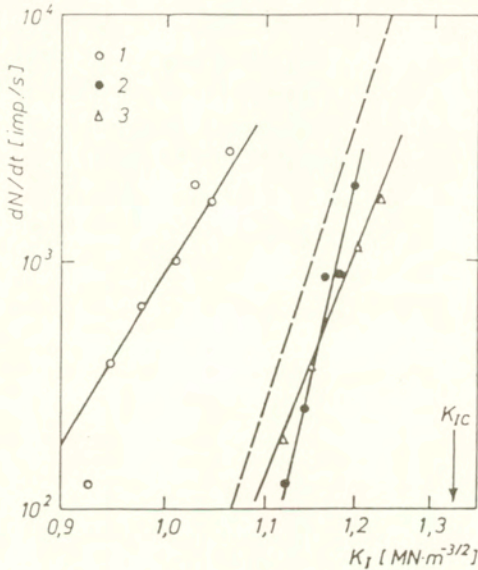


Bild.2. Die Beziehung zwischen der Zähltempo der Schallemission und dem Koeffizienten für Probestücke wie im Bild [3,4].

Die Parameter der Zunahme der unterkritischen Brüche beim Dreipunktbiegen können bei **konstanter** Belastung oder bei **konstanter** Zunahme der Belastung ermittelt werden. Der Ausdruck für die Äußere Belastung für obige Möglichkeiten wird ausgedrückt wie folgend:

$$\sigma = \sigma_0 + \dot{\sigma}t, \quad (2)$$

worin: $\dot{\sigma}$ - die Ableitung der Belastungsspannung nach Zeit,
 σ_0 - Konstante Spannung.

Im Falle der konstanten Spannung σ_0 und $\dot{\sigma}=0$, der Ausdruck für die Zeit bis zum Bruch wird wie folgend:

$$t_2 = \frac{B}{\sigma_0^2} \left[\left(\frac{K_{Ic}}{K_{II}} \right)^{n-2} - 1 \right], \quad (3)$$

worin:

$$B = \frac{2}{(n-2)AY^2K_{Ic}^{n-2}}$$

K_{Ic} - der kritische Koeffizient der Spannungsgrösse,

K_{Ii} - der kleinste Wert des Koeffizienten im Bereich der linearen Beziehung zwischen $\log V$ und $\log K_I$.

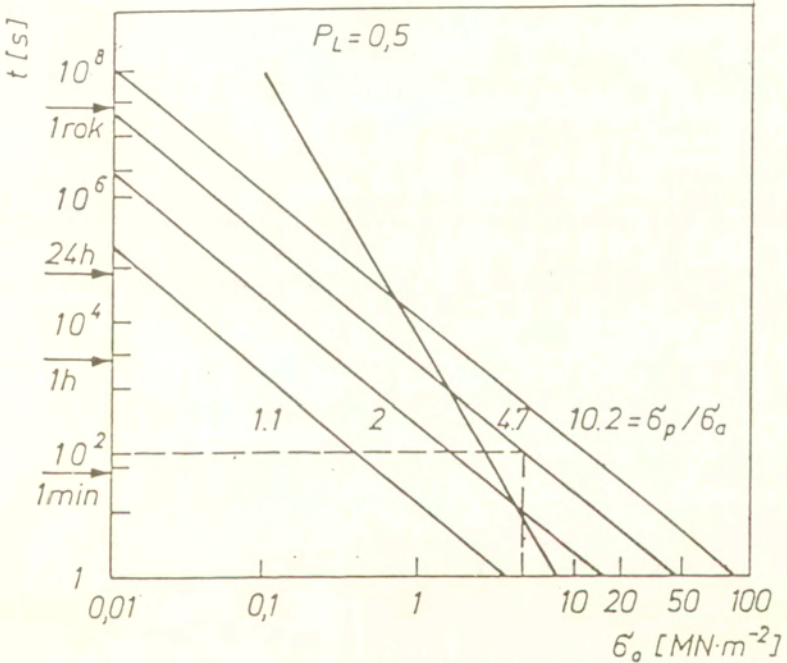


Bild 3. Prognosendiagramm der elektrotechnischen Porzellan eines Isolators nach langer Benutzung:

t_z - Zeit bis Bruch,

σ_0 - Konstante Nennbelastung.

1.3. Beurteilung einer kurzzeitigen mechanischen Festigkeit mittels Schallemission.

Wie aus den Forschungen folgt, die Messung der Schallemission **gestattet eine Ermittlung der Kraft F_0** bei der die Schallsignale erscheinen. Zwischen der Kraft F_0 und der Bruchkraft F_k besteht eine lineare Beziehung: $F_k = aF_0 + b$,

wobei die Koeffiziente a und b für gegeben Stoff kennzeichnend sind.

Die Forschungsergebnisse sind im Bild 4 und 5 dargestellt.

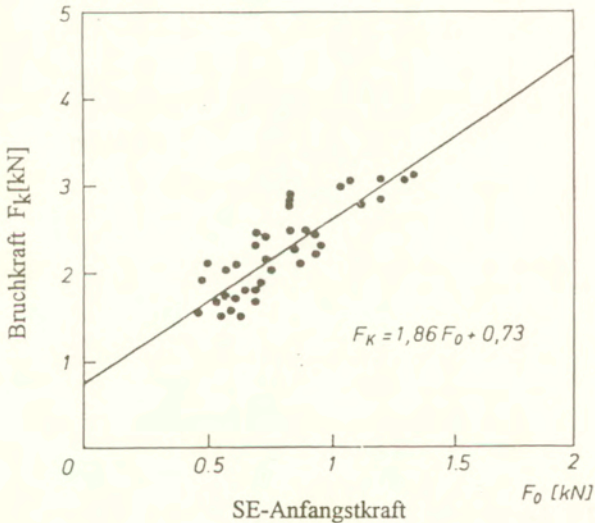


Bild 4. Beziehung zwischen Bruchkraft F_k und der Kraft F_0 bei der die SE für Steatit aufzutreten beginnt [5].

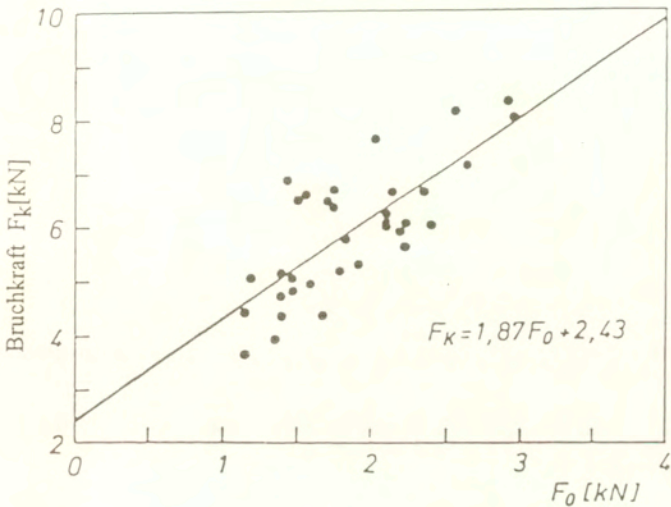


Bild 5. Beziehung zwischen Bruchkraft F_k und Kraft F_0 bei der SE für Alundkeramik aufzutreten beginnt [5].

1.4. Die thermischen Eigenschaften (Wärmestoss).

Die Wärmefestigkeit gegen thermische Stosse ist eine Komplexe Eigenschaft die von einer Reihe von physikalischen Kennzeichen des Stoffes abhängt. Die Bruchspannung ist eine Funktion der Geschwindigkeit von Temperaturänderung, der Form des Prüflings und der Struktur des Stoffes.

Theoretische Beziehung zwischen der Risslänge und Festigkeit in einem Prüfling mit Griffithriss wurde am Bild 6 dargestellt.

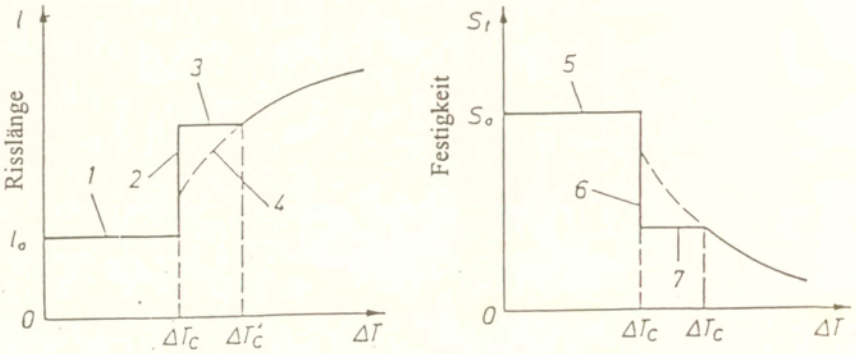


Bild 6. Risslängeänderungen im Stoff und Festigkeit des Stoffes als Funktion der Intensität des Wärmestosses. 1,5 Risse im Gleichgewicht, Festigkeit ohne Änderung, 2,6 zerstörende Rissfortpflanzung, Herabsetzung der Festigkeit 3,7 - Gleichgewichtszustand, 4 - quasistatische Rissfortpflanzung.

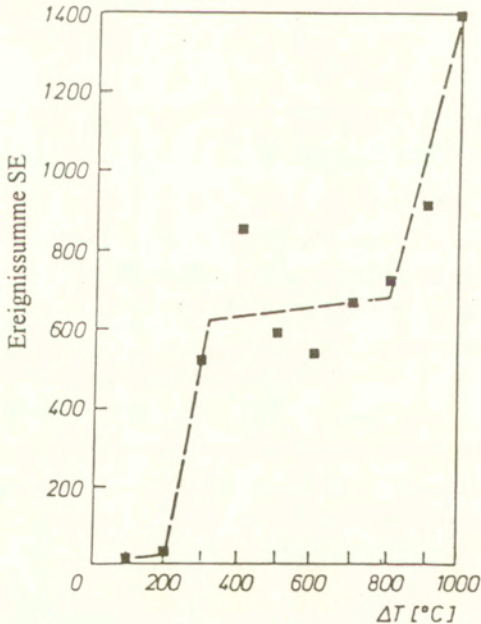


Bild 7. Mittelwertsumme der Ereignisse der SE für Alundumkeramik als Funktion der Temperatur ΔT des Wärmestosses. (Differenztemperatur des Prüflings und des Ölbad) [6].

Messergebnisse für Alundumkeramik sind im Bild 7, 8 dargestellt.

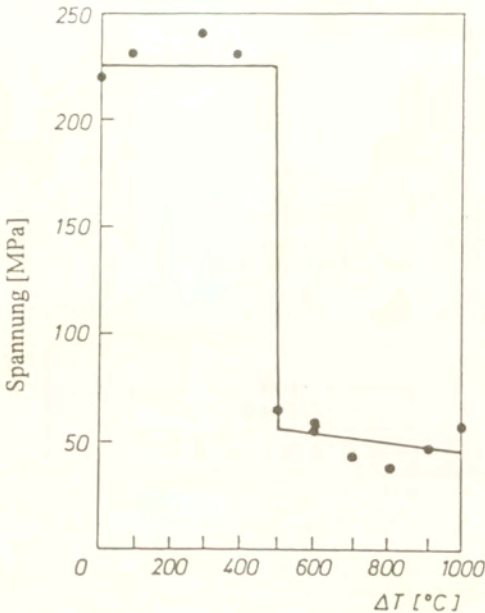


Bild 8. Mittlere mechanische Festigkeit bei 3-Punkt-biegung als Funktion des Wärmestosses ΔT [6].
(Differenztemperatur des Prüflings und des Ölbad)

1.5. Die elektrischen Eigenschaften.

Beziehungen zwischen Leitfähigkeit und Elektronenemission und SE in der Keramik.

Die Einwirkung einer mechanischen Belastung verursacht im keramischen Stoff Strukturänderungen welche die Leitfähigkeit beeinflussen und zwar sowohl durch Änderungen der Resistanz R als auch des Polarisationsstromes I_p . Diesem Problem ist die Publikation gewidmet. Untenstehend werden charakteristische Vorgänge der Leitfähigkeit γ und das Zähltempo der SE bei steigender mechanischer Belastung dargestellt.

Bild 7 und 8: Schlussfolgerung

Das Aufzeichnen der SE offenbart früher die Strukturänderungen des Stoffes die zur Herabsetzung der mechanischen Festigkeit führen.

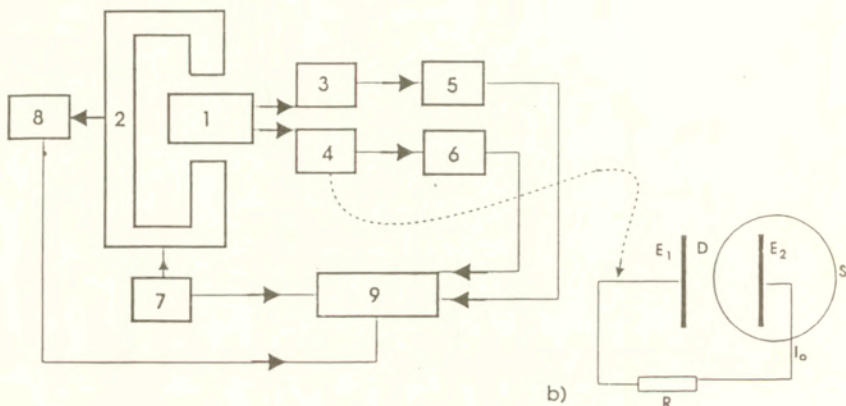


Bild 9. Blockschema der Anordnung für gleichzeitige Aufnahme der SE und der Leitfähigkeit während Festigkeitsmessungen.

- 1.-Prüfling, 2-Festigkeitsmaschine, 3-SE-Messwandler, 4-Messprobe der Leitfähigkeit, 5.-Analysator der SE, 6-Hochimpedanzwandler, 7.-Satz für Steuerung der Belastung des Prüflings, 8-Anordnung zum Anlegen der Belastung, 9-Datenübertragung zum Computer.

Die gleiche Anordnung zeigt einen Satz für Aufnahme der SE und der elektromagnetischen Emission. Im Falle 4 - Anordnung der Elektroden für elektromagnetische Emission. (b), 6 - Elektrometer.

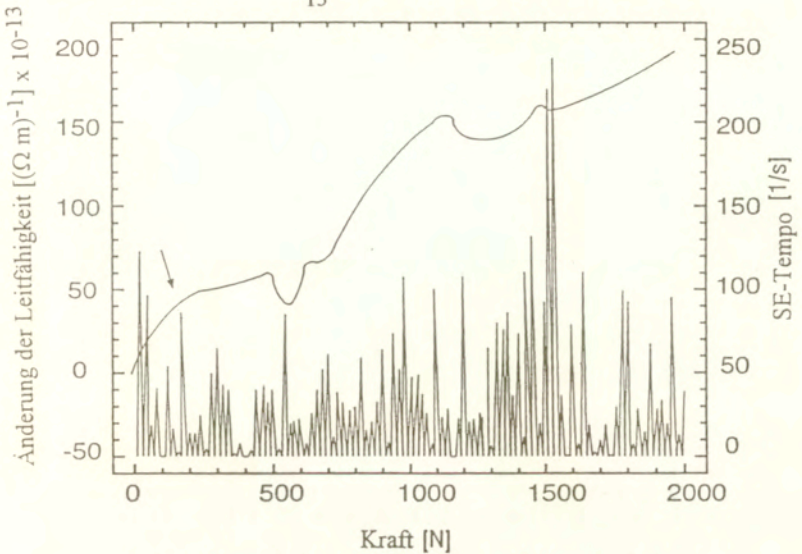


Bild 10. Die Änderung der Leitfähigkeit und des SE-Zähltempo als Funktion der mechanischen Belastung während der Dreipunkt-Biegung für Keramik [7, 8].

Das elektromagnetische Emissionssignal ist ein Ergebnis der Belastung eines dielektrischen Körpers. Die Vorzüge der Anwendung dieser Methode in Stoffprüfung sind folgende:

- a) keine Berührung notwendig mit dem Prüfling,
- b) der Messwandler ist nicht resonanzartig.

Die Theorie über Effekt beschrieben in diesem Artikel gründete an einem Modell presentierten von F.E. Allison [17].

Angemessen an dieses Modell, Änderungen des thermodynamischen Zustandes des dielektrischen Körpers, unterbrachten zwischen zwei Elektroden E1 und E2 (Bild 9) bewirken eine Änderung der Stromdichte im elektrischen Kreis.

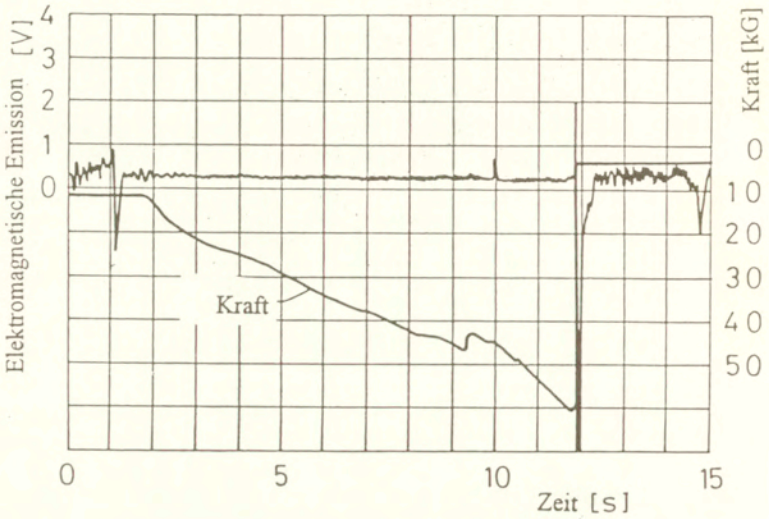


Bild.11. Elektromagnetische Emission im gespannten keramischen Prüfling [7].

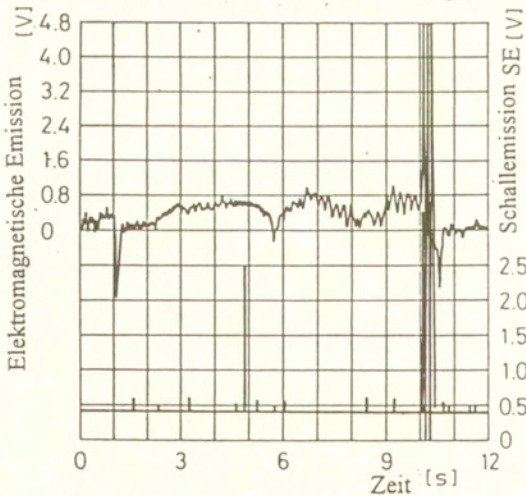


Bild 12. Signal der elektromagnetischen Emission und der Schallemmission (RMS) im gespannten Flexiglas.[7].

2. UNTERSUCHUNGEN DER BIOKERAMIK.

Das Auftreten der spröden Brüche in Knochen bei mechanischen Spannungen wurde durch Messungen der Schallemission zuerst in toten Knochen und dann an experimentellen Tieren (Hunde) bestätigt. Zu Schwierigkeiten bei diesen Untersuchungen gehört die beträchtliche Dämpfung des akustischen Signals in Muskelgeweben. Man musste eine Verstärkung von 88-95 dB anwenden und dann besonders sorgfältig die SE-Wandler am Glied befestigen.

Die Beispiele der Untersuchungen der SE in Knochen sind im Bild 13 und 14 darstellt.

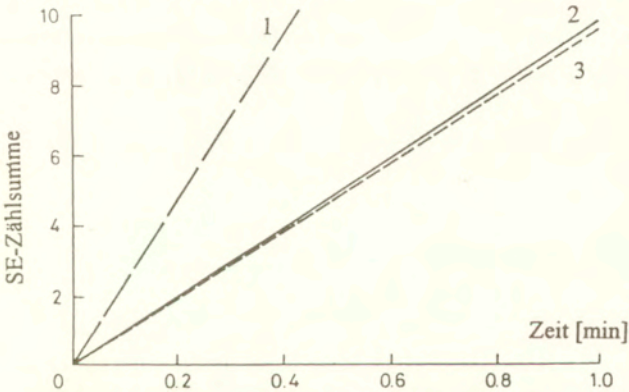


Bild 13. Der Verlauf der Zählsumme beim Experiment: 1 - Knochen mi Beschädigung vor der Operation. [9, 10].
2 - 8 Tage nach Operation
3 - 24 Tage nach Operation

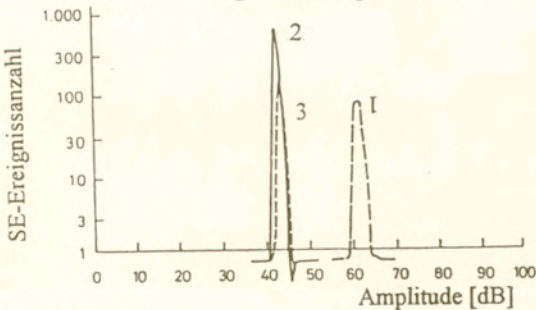


Bild 14. Amplitudenverteilung der Ereignisse der SE für Knochen wie im Bild [9, 10].

3. SUPRALEITENDE KERAMIK.

Das Hauptächliche Thema der Untersuchungen ist eine Abhängigkeit der SE-Aktivität von der Temperaturänderung. Die SE-Signale werden durch eigenartige Änderungen der Supraleitfähigkeit des Stoffes verursacht, können also grundlegende Informationen über die Art dieser Änderungen liefern. Bezüglich der Hochtemperatursupraleitender Stoffe sind folgende Probleme besonders interessant.

Supraleitende keramische Stoffe der Type $YBa_2Cu_3O_x$ weisen die Anwesenheit eigenartiger SE-Signalgruppen und zwar in der Gegend der kritischen Temperatur auf. Mögen es sein Vorgänge mit Änderung des Mediumvolumens und der Bewegungen der (fluksor) **verbundenoberhalb** dieser Temperatur betrachtet man eigenartige Verschiebungen im Frequenzspektrum der SE-Signale.

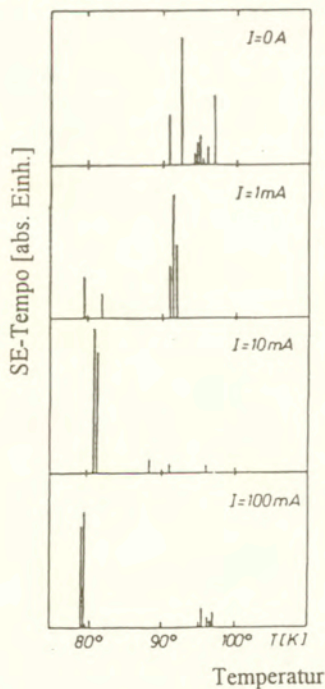


Bild 15. Zähltempo der SE als Funktion der Temperatur bei verschiedenen Strömen in supraleitendem $YBa_2Cu_3O_x$. Die Kritische Temperatur beträgt $88^\circ K$. Für grössere Ströme die SE erscheint bei c.a. $80^\circ K$ [11].

4. AKUSTISCHE UNTERSUCHUNG DER METALLE.

Die Aktivität der SE in Metallen wird hauptsächlich durch Dislokationsbewegungen verursacht, kann also eine Informationsquelle über diese Bewegungen sein. Infolge Steigerung der Empfindlichkeit der SE-Apparatur, werden Signale aufgenommen die von immer kleineren Dislokationsgebieten ausgesendet werden. Es liefert eine bessere Möglichkeit die Vorgänge der Zwillingsgleitung und Annihilation zu untersuchen und eine Korrektur der Dislokationstheorie durchzuführen.

Die SE-Methode wurde unter anderen bei der Ortsbestimmung der Verformung in Monokristallen von Kupfer während der Druckbelastung

Die so gewonnenen Ergebnisse haben erwiesen, dass bei Polikristallen wie auch bei Monokristallen der mit Verformung verbundenen Bildung der Scherungsstreifen, die Änderungen der Schallemission begleiten.

Das wurde am Bild 16 a,b dargestellt.

Eine sichtbare Herabsenkung des SE-Tempo im plastischem Bereich bei Steigerung des Deformationspegels (Reckung) folgt aus dem Blockieren der Dislokationsbewegung.

Die starken einzelnen Diagrammspitzen dagegen, weisen auf eine Bildung der neuen Scherungsstreifen (Bild 17,18).

Im Laufe der Laserformung der Metalle entsteht die Schallemission.

Die Hauptquellen der SE sind heftige thermische Verformungen (Dilatationsverformungen) hervorgerufen von örtlicher Steigerung und Verminderung der Temperatur. Eine andere SE-Quelle ist der Vorgang der Entstehung und Entwicklung der Mikrorisse.

Die Schallemission wird nach jedem Zyklus der Laserbestrahlung (CO_2 , Leistung 2kW) aufgenommen. Es wird der Verlauf des Tempos und des Effektivwertes (RMS) im Zeitintervall 10 min nach der Bestrahlung gemessen. Nach jedem nachfolgenden Zyklus ändert sich das SE-Tempo und sein Zeitabklingen. Das weist auf die Vorgänge hin die mit thermischer Verformung verbunden sind. (Bild 17,18,19).

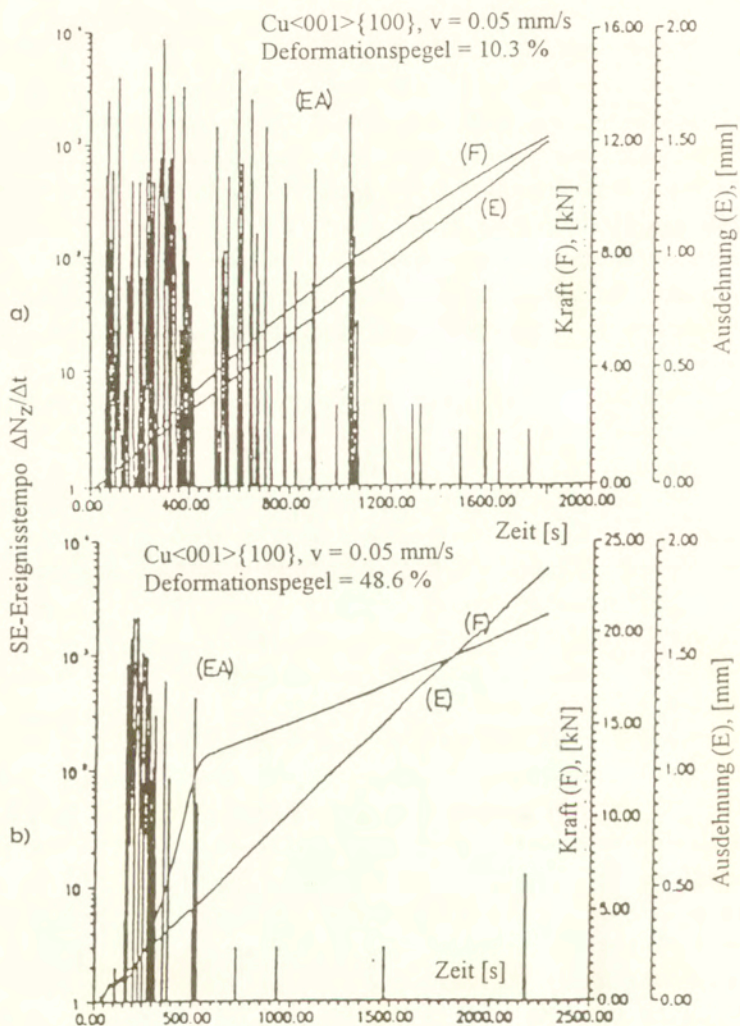


Bild 16. Die Schallemission während einer Druckbelastung der Monokristalle von Kupfer (von kubischer Struktur $\langle 001 \rangle \{ 100 \}$) registriert an Deformationspegeln, entsprechend:

a) - 10.3 %, b) - 48.6 % [12].

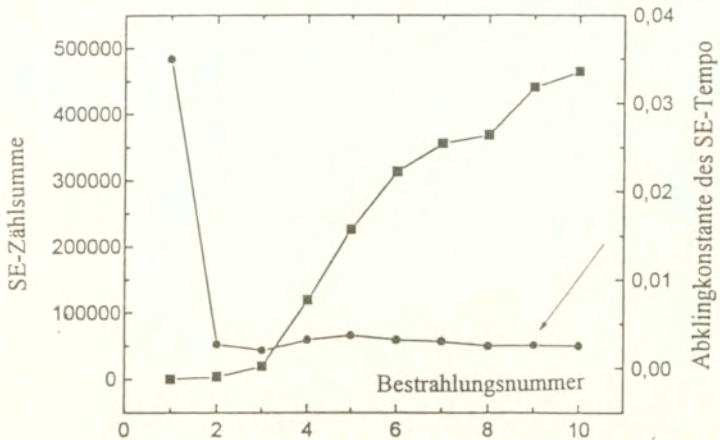


Bild 19: Zählsumme und Koeffizient des exponentiellen Abklingens des SE-Tempos als Funktion der Bestrahlungsanzahl in Titanplättchen. SE-Summe. Abklingkonstante.[13].

Im Falle der Untersuchung des Schweissvorganges mittels der SE-Methode hat sich erwiesen, dass die SE noch mehrere Stunden sogar mehrere Tage nach dem Prozess auftreten kann. Mit der Methode werden später entstandene Brüche die zur Abschwächung der Schweissnaht führen, aufgesucht.

Ähnliche Situation kommt beim Laserbiegeprozess vor.

5. UNTERSUCHUNG DES BETONS.

Die SE-Methode ermöglicht eine ziemlich genaue Bestimmung der Schwellenspannung σ_I , und der kritischen Spannung σ_{II} für Beton. Unterhalb der ersten Spannung, die vorhandenen Mikrorisse bleiben stabil, für $\sigma_I < \sigma < \sigma_{II}$ die Risse vergrössern sich auf stabile Weise und oberhalb σ_{II} fangen sie an sich heftig zu vergrössern was schliesslich zur Vernichtung des Stoffes führt. Die SE-Methode ermöglicht auch eine Schätzung des Einflusses der Zusammensetzung und der Körnigkeit des Betons auf seine Festigkeit und vor allem eine Schätzung der langsamen Änderungen beim Erhärten des Betons. Die SE gestattet auch eine Schätzung des Kaiser-Effektes als Funktion der primären Belastung.

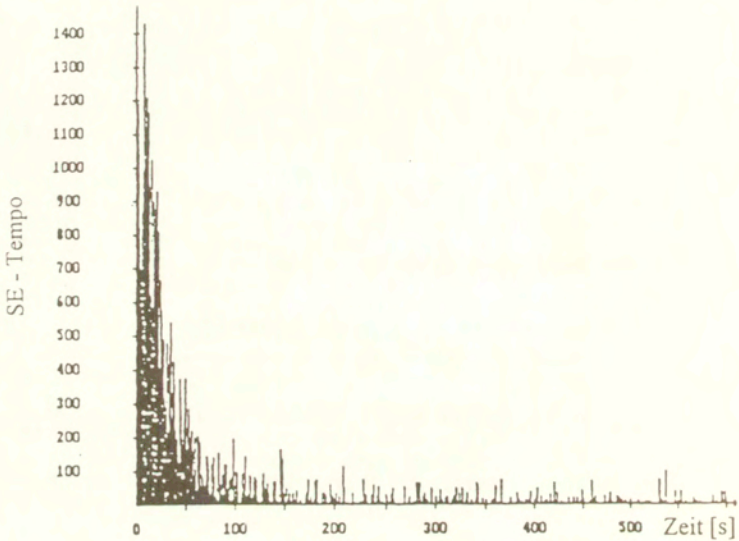


Bild 17. Das Tempo der SE in Titanplättchen nach neuerer Bestrahlung als Zeitfunktion [13].

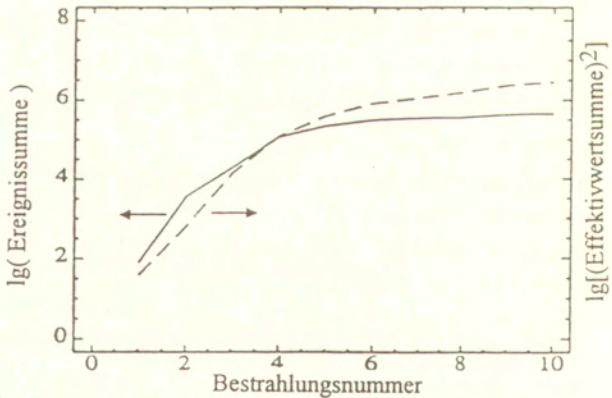


Bild 18: Dezimallogarithmus der Zählsumme und Dezimallogarithmus der Quadratsumme der Effektivwerte (RMS) als Funktion der Bestrahlung in Titanplättchen [13].

Der Kaiser-Effekt bedeutet eine Absenkung der akustischen Aktivität bei nacheinander folgenden Belastungen, ist ein Mass für Materialermüdung und ist mit Lebenszeit des belasteten Stoffes verbunden.

Am Bild 20 wurde ein Beispiel für Bestimmung σ_I und σ_{II} für Betone von verschiedener Zusammensetzung und Körnigkeit angegeben.

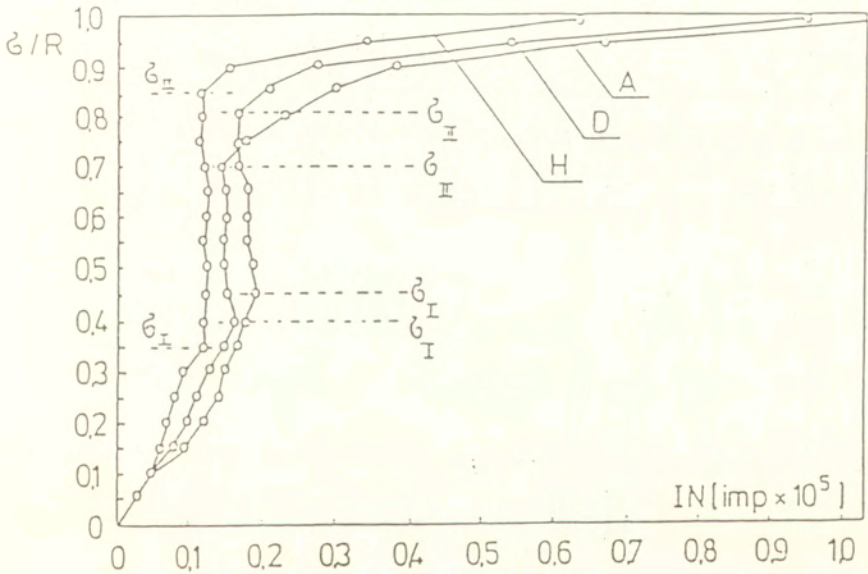


Bild 20. Verlauf der Zunahme der SE-Zahlsumme in axial Druckbelastetem Beton als Funktion der Spannungszunahme für Betone von verschiedenem Inhalt des Zuschlagstoffes.
 R - Druckfestigkeit $IN = \Sigma_{n+1} - \Sigma_n$
 wo n - Spannungspegel bedeutet. [14].

Bild 21 präsentiert die Forschungsergebnisse am Kaisereffekt.

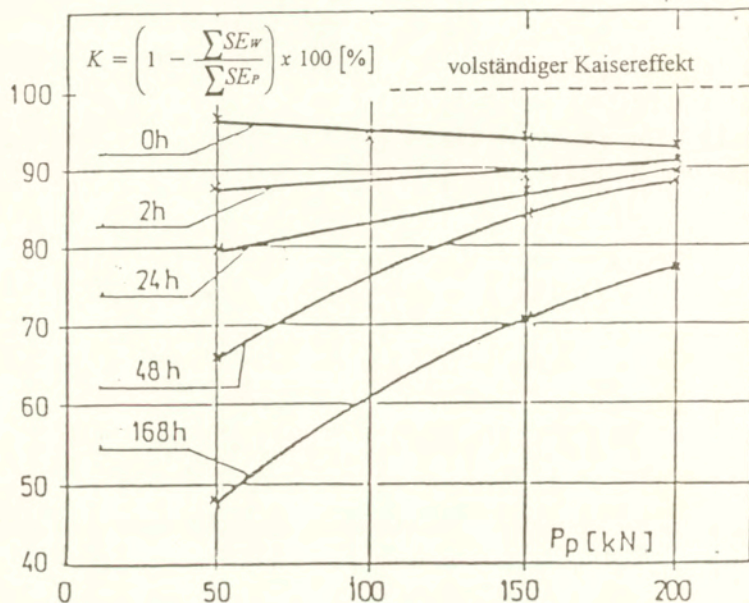


Bild 21. Realisationsgrad des Kaisereffekts als Funktion der ursprünglichen Belastung und Pausenlänge der Belastung.[15].

Als Schätzungskriterium des Auftretens des Kaisereffekts im Beton wurde ein Koeffizient K angenommen und nach folgender Gleichung definiert:

$$K = \left(1 - \frac{\sum SE_W}{\sum SE_P} \right) \times 100 [\%], \quad (4)$$

worin:

K - Grad der Realisation des Kaisereffekts,

$\sum SE_W$ - Zählsumme der SE, gemessen bei sekundären Belastung,

$\sum SE_P$ - Zählsumme der SE, gemessen bei primären Belastung.

Aus obigen Messungen folgt dass der Grad des Auftretens des Kaisereffekts im Beton ist um grösser, um so kürzer die Pausenlänge der Belastung und um so grösser die primäre Belastung ist.

6. EINRICHTUNGEN UND KONSTRUKTIONSOBJEKTE.

Schallemission.

Es ist allgemein bekannt, dass ein Schall, anwesend während des Betriebes einer technischen Einrichtung, wirkungsfehler signalisieren kann. Das Einschliessen der SE-Messmethoden zur Überwachung der Einrichtungen scheint berechtigt zu sein. Die Schallsignale kann man aufnehmen z.B. beim Betrieb der Kugellager. Mehr fortgeschritten ist eine Anwendung der SE-Messmethode zu Untersuchung der elektroenergetischen Einrichtungen, besonders zur Warnung vor Dunkelentladung. Die Betrachtung der Aktivität der durch diese Entladungen erzeugten SE-Signale ist eine erfolgreiche Methode der früheren Warnung.

Ein umfangreiches Gebiet der Anwendung der SE-Methode ist eine Kontrolle des Abnutzungszustandes der Konstruktionselemente. Beispielweise eine Kontrolle des Zustandes der Hochspannungsisolatoren und der Bahnschienen sind zu nennen. Eine der wichtigen Anwendungen der SE-Methode ist ein Aufsuchen der Wirkung der Korrosionsspannung. Technische Einrichtungen die in einer chemisch aggressiven Umgebung arbeiten, werden von Korrosion angegriffen was sich durch eine Steigerung der SE-Signale offenbart. Es ist mit der Katodenreaktion und Scheidung des Wasserstoffes verbunden. Die SE kann auch bei anderen Korrosionsprozessen erzeugt werden. Die Steigerung der SE ist besonders bei Verbandstoffen sichtbar. Folgend wurden einige Beispiele der Messungen dargestellt, die im Institut oder in mitarbeitenden Anstalten an Betonbalken ausgeführt wurden. Die Untersuchungen betrafen der Schätzung des Bereiches für Kaisereffekt in Bauelementen aus Eisenbeton und Spannbeton. Die Vornahme dieses Thema war aus praktischen Gründen. Seine Erkennung konnte nämlich ein Mittel für eine nichtzerstörende Prüfung der Bauelemente bringen.

Die Untersuchungen wurden an 6 Balken ausgeführt und zwar von Länge 3,8m und Höhe 0,3m. Drei waren aus Eisenbeton und drei aus Spannbeton. Alle Balken wurden gemessen nach 180 Tagen Härtung des Betons. Als grundlegende Bewehrung waren 2 Stäbe $\phi 14$ mm (Rippenstahl, 34 GS), und bei Spannbetonbalken

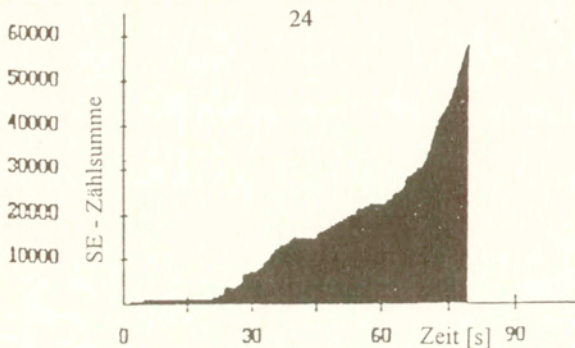


Bild 22. Die SE-Zählsumme bei primären Belastung, Aufgenommen für Spannbetonbalken [15].

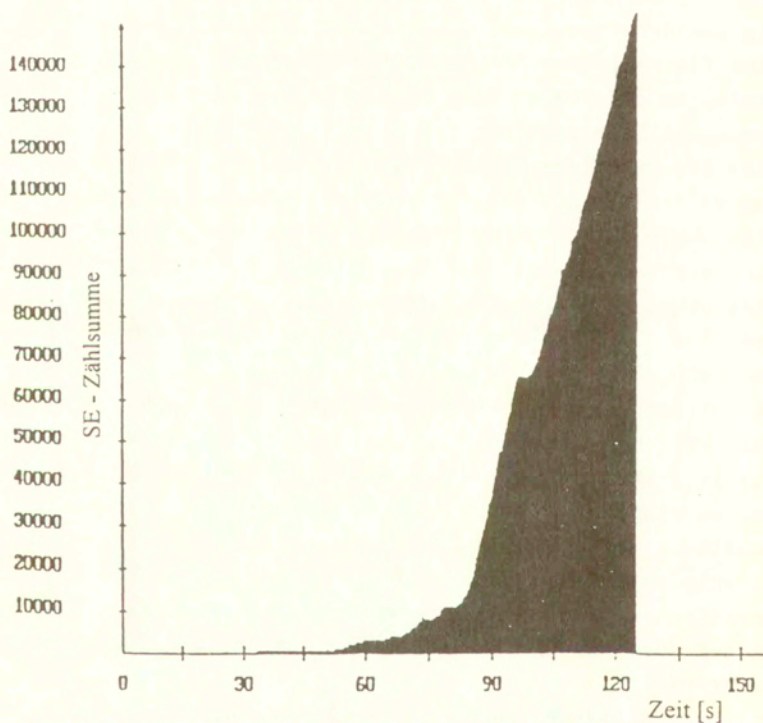


Bild 23. Die SE-Zählsumme für zweite Belastung für Balken wie oben [15].

4 **Stahlsaiten** ϕ 7 mm aus Stahl Neptun 30.

Als konstruktionsstäbe für Betonbalken dienten 2 Stäbe ϕ 6 mm aus glattem Stahl Klasse A-0 und für Spannbeton 4 Stäbe ϕ 6 mm gleicher Sorte.

Bei Untersuchungen wurde die SE während 4 - Punkt - Biegung der Balken in 3 Kanälen (oben, mitten, unten) gemessen. In der Mitte des Balkens auch Verformungen und Durchbiegung in einigen Punkten.

Die Ergebnisse der SE-Messung sind im Bild 22 und 23 dargestellt.

Sowohl für Eisenbetonbalken wie auch für Spannbetonbalken wurde der Kaisereffekt festgestellt. Bei gespannten Balken tritt der Effekt deutlicher auf. Der Effekt wurde in jedem Kanal gemessen. Man kann daraus schliessen dass der Effekt im ganzen Bauelement auftritt.

Ein anderes Beispiel der Ausnutzung der SE sind die Messungen der elektroenergetischen Isolatoren.

Im Effekt der manchen Forschungsexperimente, wurde festgestellt dass im Bereich der Anwesenheit der Fremdstoffe im Isolator und auch im Gebiet wo Gasblasen vorkommen, entstehen Gebiete des spröden Bruches. Die Brüche haben kleine Ausmasse doch sie vereinigen sich und bilden dabei Flächen, die beträchtlich die Fremdstoffgebiete überschreiten. Eine solche Fläche von geplatzttem Stoff ähnelt einem grösserem Bruch und wird "Spiegel" genannt. Es ist ein Fehler mit grossem Querschnittdefekt und hat gute Propagationseigenschaften.

Das Gebiet der spröden Risse um den Fremdstoff oder um eine Gasblase ist leicht am Bruchquerschnitt zu erkennen. Es hat eine glatte Fläche unterschiedlich vom Querschnitt eines monolithischen Stoffes mit gewellter Fläche.

Bild 24 zeigt den Querschnitt eines langstämmigen Isolators mit einem Gebiet der spröden Risse um den Fremdstoff.

Die thermomechanische Untersuchungen überreichen nicht alle Informationen über Isolatoren die eine Prüfung bestanden haben. Die Untersuchungen in ihrer gegenwärtigen Form geben keine Antwort auf die Frage über wirkliche Beständigkeit der Isolatoren in Umgebungsverhältnissen in denen sie eksploitiert werden.



Bild 24. Fehler im Stamm eines Isolators mit charakteristischem Gebiet der spröden Risse.

Es scheint zweckmässig ein Suchen der Methoden welche die thermomechanische ergänzen und liefern weitere Informationen über Beständigkeit der Isolatoren gegen Entwicklung der Mikrorisse mit der Zeit. Langdauernde Untersuchungen der mechanischen oder thermomechanischer Festigkeit können eine Information über Verminderung der Festigkeit infolge des Experimentes liefern. Ein Experiment, begleitet von gleichzeitiger Messung der SE gestattet eine ständige Beobachtung der Bruchprezesse in der Struktur. Die so gewonnenen Messergebnisse der SE und ihr zeitlicher Verlauf können zur Schätzung des Absinkens der Festigkeit und der Beständigkeit gegen langzeitige mechanische und thermomechanische Belastungen dienen. Daraus folgt eine Prognose über die Zeit bis zur Vernichtung des Objektes.

Folgend wurden SE-Messungen an stichweise gewählten Isolatoren dargestellt. Bild 25, 26.

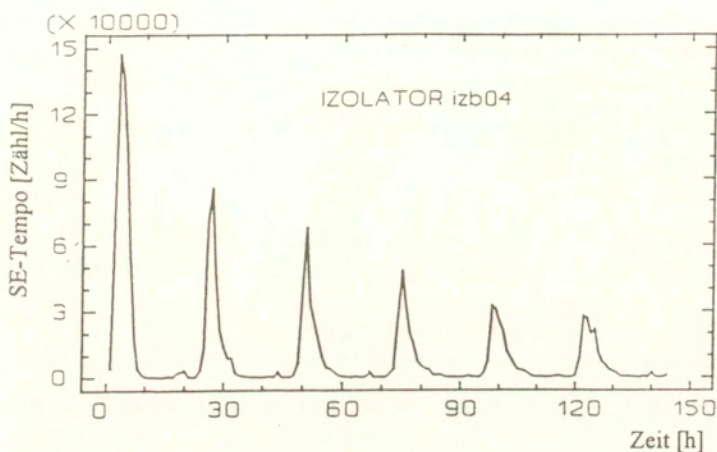


Bild. 25. Verlauf des SE-Tempo in 7 - tagelang dauerndem Messzyklus als Zeitfunktion für einen Isolator von regelrechten mechanischen Parameter.[16].

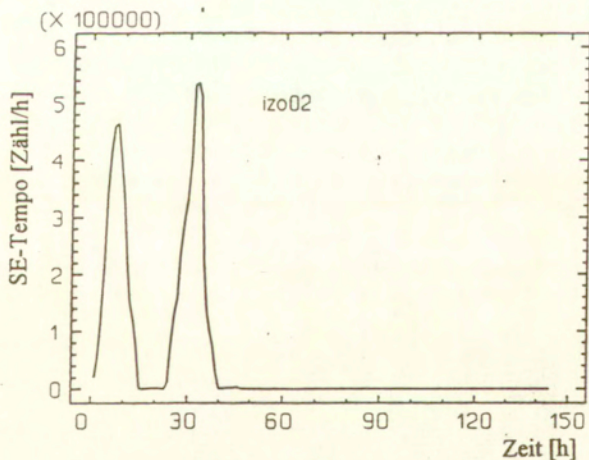


Bild 26. Verlauf des SE-Tempo bis zur Vernichtung während einer thermomechanischer Prüfung.[16].

Verlauf des Tempo der Schallemission in Isolatoren bei einer thermomechanischer Prüfung weist auf eine Vergrößerung der Mikrorisse um einem kritischen Fehler und auf eine Absenkung der mechanischen Festigkeit hin.

Eine solche Prüfung ist zerstörungsfrei weil die Prüfbelastung nur 0,6 der Nennbelastung beträgt.

Literatur:

- [1] Malecki I., Ranachowski J., Archives of Acoustics, 18, 3, 371-415 (1993).
- [2] Ranachowski J., Rejmund F., IFTR Reports, 27 (1993), in polish.
- [3] Ranachowski J., Rejmund F., IFTR Reports, 28 (1992), in polish.
- [4] Boniecki M., Librant Z., ITME Reports, 14 (1984), in polish.
- [5] Ranachowski J., Rejmund F., Ceramics 41, Polish Ceramic Bulletin, 3, 175-183 (1992), in polish.
- [6] Konzstowicz K., J.Am.Ceram. Soc., 73, 3, 502-508 (1990).
- [7] Ranachowski J., Ranachowski Z., Rejmund F., Baumbach H., Creamics 43, Polish Ceramic Bulletin, 5 (1993).
- [8] Ranachowski J., Rejmund F., Petrowsky W., Raabe J., Acoustics Letters, 16, 7, 167-169 (1993).
- [9] Wright M., Binazzi R., et al, Acoustic Emission Research in Biomedical Engineering, 447-465 in: Nondestructive Testing Handbook, vol.5, Acoustic Emission Testing, American Society for Nondestructive Testing, Ronnie K. Miller, Paul McIntre USA (1987).
- [10] Święcki Z., Ranachowski J., IFTR Reports, 29 (1993), in polish.
- [11] Woźny L., Mazurek B., Ranachowski J., Bull.Polish Acad.Sciences, 39, 321 (1991).
- [12] Pawełek A., Malecki I., IFTR Reports, 22 (1993), in polish.
- [13] Frąckiewicz H., Hoffman J., Kalita W., Królikowski J., Pilecki S., Ranachowski Z., IFTR Reports, 24 (1993), in polish.
- [14] Hoła J., Ranachowski Z., IFTR Reports, 37 (1992), in polish.
- [15] Moczko A., Reports of Technical University of Wrocław, 3 (1993).
- [16] Malecki I., Ranachowski J., Rejmund F., Rzeszotarska J., Acustica, 79, 2, 102 (1993).
- [17] Allison F.E., Journal of Appl. Phys., 36, 7, 2111-2113 (1965).