

Schaffung eines Bezugs-IGN zur
Abstimmung von Normprüfständen
hinsichtlich des Geräuschverhaltens
von Armaturen und Geräten der
Wasserinstallation

T 2671

T 2671

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltene Darstellung und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

PTB-Forschungsvorhaben 1542

**Schaffung eines Bezugs-IGN zur Abstimmung von Normprüfständen
hinsichtlich des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der
Wasserinstallation**

Abschlußbericht

Schaffung eines Bezugs-IGN zur Abstimmung von Normprüfständen
hinsichtlich des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der
Wasserinstallation

PTB-Forschungsvorhaben 1542
gefördert durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin

Abschlußbericht

Dr. Michael Vorländer
Dipl.-Ing. Malte Kob

Laboratorium für bauakustische Meßtechnik
der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt

Braunschweig, den 28.2.1995

Inhalt

1. Einleitung
2. Aufgabenstellung
3. Vergleichsmessungen
4. Anfertigung von IGN
5. Aufbau eines Prüfstandes für Kalibrierzwecke
6. Voruntersuchungen an den IGN
 - 6.1 Untersuchungen zum "Einlaufverhalten" der IGN
 - 6.2 Versuche mit "Netzmitteln"
 - 6.3 Versuche mit chemischer Entfettung
 - 6.4 Untersuchungen zum Einfluß der internen Dichtung
 - 6.5 Versuche zu "Entlüftung" der Leitungen
 - 6.6 Einfluß der Bohrungsdurchmesser
 - 6.7 Langzeituntersuchungen
 - 6.8 Untersuchungen zur Aufbewahrung der IGN
 - 6.9 Einfluß der Meßzeit
7. Selektion und Gruppierung der IGN
8. Folgerungen aus den Vorversuchen und weiteres Vorgehen
9. Schaffung von Primärnormalen
 - 9.1 Messungen des Geräuschverhaltens von Primärnormalen
 - 9.1.1 Eigenschaften von Keramik-IGN
 - 9.2 Statistische Auswertung - Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit
 - 9.3 Festlegung von Fertigungs- und Meßtoleranzen für Serienkalibrierungen
 - 9.4 Eigenschaften des Prüfstandes
10. Rückführbarkeit von Gebrauchs-IGN auf Primärnormale
11. Literatur

1. Einleitung

Armaturen und Geräte der Wasserinstallation werden mit Prüfzeichen versehen, wenn durch eine Bauartprüfung einer zugelassenen Prüfstelle die Einhaltung festgelegter Grenzwerte für den Armaturengeräuschpegel nachgewiesen worden ist. Die Zulassung der Prüfstelle erfolgt mit Aufnahme in eine Liste, die beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) geführt wird (siehe DIN 4109 /1/). Damit die Prüfstellen vergleichbare Meßergebnisse in unterschiedlichen Prüfständen erzielen, wird das Armaturengeräusch relativ zu dem von einem Installations-Geräusch-Normal (IGN) erzeugten Geräusch ermittelt (DIN 52218 /2/). Bezugswerte der Oktavschaallpegel im Frequenzbereich 125 Hz bis 4000 Hz sind in /2/ festgelegt.

Beim einem Ringversuch zur Entwicklung eines Kleinprüfstandes hatten sich Unterschiede in den Meßergebnissen aus Normprüfständen in einer nicht erwarteten Größenordnung gezeigt. Vom DIBt wurde daraufhin ein Ringversuch mit einer einfachen Armatur mit Beteiligung der fünf in der Liste des DIBt geführten Institute durchgeführt. Die Mitte 1987 vorgelegten Ergebnisse zeigten große Abweichungen bei einer Prüfstelle. Es wurden zwei hauptsächliche Ursachen festgestellt: Einerseits zeigte sich, daß der Prüfstand hinsichtlich der Führung der Meßleitung nicht mit den anderen Prüfständen hinreichend vergleichbar war und zum anderen war ein IGN verwendet worden, das gegenüber den anderen IGN der Prüfstelle eine Abweichung von ca. 4 dB(A) im Gesamtschaallpegel aufwies. Diese Abweichung wurde auch in Vergleich mit einer anderen Prüfstelle bestätigt /3/. Das IGN selbst erwies sich hinsichtlich aller Festlegungen als "normgerecht". Ohne Berücksichtigung der "auffälligen" Prüfstelle zeigten die Meßergebnisse des Ringversuchs immer noch Unterschiede bis zu 2,5 dB(A). Ursachen hierfür konnten nicht weiter aufgeklärt werden, es ließ sich jedoch vermuten, daß auch die übrigen IGN Abweichungen untereinander aufwiesen und damit zumindest teilweise ursächlich gewesen sein dürften.

Von Gösele und Voigtsberger sind 1979 Ergebnisse von Vergleichsmessungen an 12 IGN, die in einem Prüfstand durchgeführt wurden, veröffentlicht worden /4/. Die Streubreite der Gesamtschaallpegel betrug 1,6 dB(A), bei den Oktavpegeln trat als maximaler Unterschied 4,9 dB im Oktavband 500 Hz auf und zwar zwischen zwei IGN vom selben Hersteller.

Derartige Meßwertunterschiede erscheinen völlig unakzeptabel, insbesondere unter dem Gesichtspunkt, daß Armaturen moderner Konstruktion durchaus nicht immer breitbandige Geräuschquellen darstellen. Es muß davon ausgegangen werden, daß in Oktavbändern auftretende Unterschiede sich auch im Gesamtschaallpegel zeigen können. Es ergab sich hieraus die Notwendigkeit, die Vergleichbarkeit der IGN erheblich zu verbessern.

2. Aufgabenstellung

Weitgehende Kompensierung von Unterschieden im Geräuschverhalten von IGN läßt sich von der Einführung kalibrierter IGN erwarten. Beim Kalibrieren wird der Zusammenhang zwischen Meßwert und dem vereinbarten richtigen Wert ermittelt (DIN 1319). Wenn IGN, die zwar die Anforderungen der Norm an die mechanischen Abmessungen erfüllen, jedoch hinsichtlich des erzeugten Installationsgeräusches von festzulegenden Bezugswerten abweichen, könnten die bei der Kalibrierung ermittelten Abweichungen als Korrektionswerte des IGN für die jeweils gemessenen Oktavpegel festgelegt werden. Die Korrekturen müßten dann bei jeder Anwendung des IGN berücksichtigt werden. Aus diesem Aspekt ergab sich die Aufgabenstellung des Vorhabens: Es sollte ein Kalibrierverfahren für IGN entwickelt werden. Zunächst war jedoch durch Vergleichsmessungen der PTB mit den 5 Prüfinstituten zu untersuchen, in welchem Maß tatsächlich unterschiedliches Verhalten der IGN der Prüfstellen feststellbar ist und ob sich Notwendigkeit und gegebenenfalls Erfolgsaussicht des Vorhabens bestätigen.

3. Vergleichsmessungen

Zwei Mitarbeiter der PTB haben alle 5 Prüfinstitute aufgesucht. Unter Verwendung einer Schallpegel-Meßapparatur der PTB sind Vergleichsmessungen zwischen IGN der PTB und dem oder den in der jeweiligen Prüfstelle verwendeten IGN erfolgt. Die Besonderheiten der verschiedenen Prüfstände und Empfehlungen zum Aufbau eines Prüfstandes für Kalibrierzwecke wurden jeweils diskutiert.

Bei den fünf Instituten (A bis E) wurden die Vergleiche jeweils mit dem IGN durchgeführt, das von der Prüfstelle bei ihrer normalen Prüftätigkeit eingesetzt wird. Bei C wurden zusätzlich 5 IGN einbezogen, die von zwei Armaturenherstellern bereitgestellt worden waren (2 bzw. 3 Exemplare). Im Institut E wurden 2 institutseigene IGN einbezogen.

Seitens der PTB war zunächst geplant, ein IGN der Prüfstelle A als Bezug für alle Vergleiche heranzuziehen, daher wurden bei A nur institutseigene IGN verglichen. Bei B erfolgte dann jedoch der Vergleich mit einem PTB-eigenen IGN (jedoch nicht aus PTB-Fertigung). Bei C wurden zusätzlich Vergleiche mit einem weiteren PTB-IGN (der gleichen Fremdfertigung) ausgeführt. Bei D und E wurden 4 weitere IGN einbezogen, davon zwei aus der inzwischen erfolgten PTB-Fertigung.

Es wurden Terzpegel erfaßt und die zugehörigen Gesamtpegel als A-bewertete Pegel errechnet. Im

folgenden werden stets Pegeldifferenzen betrachtet. Zur einfachen Unterscheidung werden Terz- und Oktavpegeldifferenzen stets in dB, Gesamtschallpegeldifferenzen aber in dB(A) angegeben.

Bei den Vergleichen der prüfstandseigenen IGN mit den PTB-IGN bei den Prüfstellen B bis E ergab sich ein maximaler Unterschied im Gesamtpegel von 1,0 dB(A). Die IGN der Armaturenhersteller wiesen untereinander Unterschiede im Gesamtpegel von nur 0,1 dB(A), zum IGN der Prüfstelle C von maximal 0,4 dB(A) auf.

Alle herstellbaren Vergleiche führten zu Unterschieden im Gesamtschallpegel von maximal 1,5 dB(A) bei einer Prüfstelle und 1,3 dB(A) bei einer anderen, wobei die sehr unterschiedliche Anzahl der Vergleichsmöglichkeiten zu berücksichtigen ist.

Bei der Auswertung der Terzpegel ergab sich ein erheblich anderes Bild. Zur Analyse herangezogen werden insbesondere die Prüfstellen C bis E mit zahlreichen Vergleichsmöglichkeiten. Bei C und D zeigten jeweils die IGN aus gleicher Fertigung nur relativ geringfügige Unterschiede aller Terzpegel in der Größenordnung von 1 bis 2 dB. Bild 1 zeigt den Vergleich von drei IGN aus einer Fertigung mit einem "Bezugs-IGN" (0 dB-Linie) von einem anderen Hersteller bei Messungen bei Prüfstelle C. Zu berücksichtigen ist, daß der Frequenzbereich entsprechend der Meßnorm nur die Terzen von 100 Hz bis 5000 Hz umfaßt. Die Terzpegel unterhalb der gekennzeichneten Grenze von 100 Hz sind miterfaßt worden, um den derzeitigen Bestrebungen, den bauakustischen Meßbereich zu tiefen Frequenzen hin zu erweitern, bereits Rechnung zu tragen. Der zunächst erfaßte Bereich bis zu 25 Hz wurde im späteren Verlauf der Untersuchungen zur Reduzierung des Aufwandes auf 50 Hz eingeschränkt, da die noch tieferen Frequenzen nicht relevant sind. Jeweils mitangegeben sind bei den Terzpegeldarstellungen auch die Gesamtpegel. In Bild 1 zeigt sich hierbei erneut die sehr geringe Streubreite von nur 0,1 dB.

Zwischen IGN verschiedener Hersteller traten bei Prüfstelle C jedoch auch größere Unterschiede bis zu fast 5 dB in einzelnen Terzen auf (Bild 2), die Auswirkung auf den Gesamtpegel blieb jedoch relativ gering. Bei Institut E zeigten sich in den Terzbereichen deutlich größere Unterschiede, die bis etwa 10 dB anstiegen (Bild 3). Es handelte sich um PTB-IGN aus gleicher Fertigung, die bei Prüfstelle D keine nennenswerten Unterschiede gezeigt hatten. Zu beachten ist jedoch, daß sich die Gesamtschallpegel auch hier nur um maximal 0,6 dB(A) unterschieden. Andererseits zeigen sich in Bild 3 bei den drei unteren Terzen des Normfrequenzbereiches gleichmäßig Unterschiede von 5 bis 10 dB, die sich auch im Oktavpegel ergeben und die sich somit im Extremfall einer Armatur mit vorherrschend tiefen Frequenzanteilen auch im Gesamtpegel auswirken könnten.

Es wurde vermutet, daß für die erheblichen Terzpegelunterschiede nicht die IGN, sondern Eigenarten des Prüfstands aufbau und/oder Luftansammlung im Leitungsnetz die Ursachen sind. Die späteren Untersuchungsergebnisse haben die letztere Vermutung als sehr wahrscheinliche Ursache bestätigt.

Als Schlußfolgerung dieser Untersuchungen ergab sich der unzweifelhafte Bedarf, das Vorhaben durchzuführen und eine breite Anlage der Detailuntersuchungen vorzusehen.

4. Anfertigung von IGN

Von den Werkstätten der PTB wurden nach den Maßvorgaben der Norm 14 IGN-Grundkörper angefertigt (Nr. 1 bis 14) sowie zwei weitere Exemplare mit "Unter- bzw. Übermaß" (Nr. 19 und 20). Außerdem erfolgte die Fertigung von 20 Lochscheiben, wobei bei Nr. 1 bis 18 hochpräzises Einhalten der Sollmaße angestrebt wurde, während Nr. 19 kleinere und Nr. 20 größere Bohrungen erhielt.

Die Bohrungsdurchmesser der Grundkörper und Lochscheiben sowie die sonstigen für das Geräuschverhalten in Frage kommenden Abmessungen wurden mit einer Dreikoordinaten-Meßmaschine genau bestimmt. Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die Meßergebnisse.

Nach den Ergebnissen der Vermessung wurden von den 14 Teilesätzen alle Toleranzgrenzen eingehalten. Bei etwa der Hälfte werden halbierte Toleranzwerte nicht überschritten. Es wurden die in Tabelle 3 aufgelisteten Kombinationen gewählt. 6 IGN stellen Kombinationen dar, die in allen Maßen besonders nahe an den Sollwerten liegen (IGN 11 bis 16), 4 weitere Kombinationen zeigen relativ größere Abweichungen (IGN 5, 6 und 17, 18).

5. Aufbau eines Prüfstands für Kalibrierzwecke

Ein Prüfstandsraum als Teil eines vorhandenen PTB-Prüfstands für Schalldämmungsmessungen wurde durch Umbau bereitgestellt. Die gesamte Wasser-Installation zur Durchführung von Messungen an IGN erfolgte zunächst in provisorischer Form. Mit Fachleuten von drei Prüfinstituten (darunter zwei aus der Betreuergruppe) wurde der Aufbau des Prüfstands und der Installationen "vor Ort" diskutiert.

Der Aufbau des Prüfstands erfolgte entsprechend den Vorgaben der Norm. Bei den Leitungsinstallationen wurde zunächst angestrebt, weitgehend Änderungsmöglichkeiten durch

entsprechende Trennstellen im Rohrnetz verfügbar zu machen. Außerdem waren verschiedenartige Meßmöglichkeiten der Parameter Fließdruck, Durchflußmenge und Temperatur sowie entsprechende Regelmöglichkeiten vorgesehen. Meßergebnisse zeigten jedoch, daß Verbesserungen insbesondere hinsichtlich des Störabstands der Meßwerte und bezüglich der Entlüftungsmöglichkeit des Rohrsystems anzustreben waren. Nach eingehenden Beratungsgesprächen wurde schließlich der Aufbau mit extrem einfach aufgebauter Anordnung neu konstruiert. Es wurden sehr weitgehend die Möglichkeiten der Luftansammlung vermieden und mechanische Entkopplung der Meßanordnung vom übrigen Rohrnetz sowie zusätzliche Entlüftungsmöglichkeiten vorgesehen.

6. Voruntersuchungen an den IGN

Es folgten systematische Untersuchungen an den 14 IGN, die in Abschnitt 4 beschrieben worden sind. Vier weitere IGN aus einer Vorserie wurden einbezogen.

Das Schallfeld im Prüfraum wurde mit einem Schwenkmikrofon abgetastet. Für die Messungen stand ein Echtzeit-Terz/Oktav-Analysator (Norsonic 830) zur Verfügung. Alle Meßergebnisse wurden auf Diskette gespeichert. Die Auswertungen erfolgten sowohl mit einem im Echtzeitanalysator implementierten Programm als auch mit spezieller Meßwert-Verarbeitungssoftware auf einem PC.

6.1 Versuche zur "Entlüftung" der Leitungen

Wie bereits erwähnt, wurde zunächst das bei einigen Prüfstellen übliche Verfahren der Entlüftungsverbesserung durch "Abklopfen" der Meßleitung angewendet. Es zeigte sich jedoch, daß sich dadurch teilweise deren Halterungen gelöst hatten. Dies erscheint problematisch, da sich damit die Prüfstandsverhältnisse ändern könnten (bezüglich der Ankopplung der Meßleitung an die Meßwand). Sorgfältige, gleichmäßige Einstellungen aller Befestigungen mit Kontrolle der Schrauben-Anzugsmomente ergab jedoch keine nachweisbare Beeinflussung der IGN-Pegel.

Dennoch wurde ein weiteres, bei manchen Prüfstellen gebräuchliches Verfahren zur Abführung von Lufteinschlüssen erprobt: Es wurden Druckstöße auf die Meßleitung gegeben. Bei Erhöhung des Wasserdrucks auf Druck von ca. 0,45 MPa erfolgte mehrmaliges schnelles Öffnen und Schließen des Blockhahns. Es zeigte sich, daß hiermit zumindest der gleiche Effekt erreicht wird, wie mit dem Abklopfen der Leitungen, ohne daß eine Veränderung der Befestigungsverhältnisse befürchtet werden muß. Auf das Abklopfen der Leitungen sollte daher verzichtet und stattdessen die

"Druckstoßmethode" angewendet werden.

6.2 Untersuchungen zum "Einlaufverhalten" der IGN

Die ersten Messungen erfolgten an einem IGN unmittelbar nach der Montage und der Einstellung des Fließdrucks von 3,0 bar, der für sämtliche Messungen auf diesem Wert gehalten wurde. Alle 10 Minuten fanden Messungen statt, bei denen jeweils 45 s als Integrationszeit gewählt wurde. Im Frequenzbereich oberhalb 1 kHz erhöhten sich die Pegel kontinuierlich, bis sich erst nach 40 bis 60 min Stabilität einstellte. Dies läßt darauf schließen, daß sich zunächst Lufteinschlüsse oder auch Verunreinigungen in der Leitung befanden, die erst abgeführt werden mußten. Jedoch war, der Praxis in einigen Prüfstellen folgend, vor Beginn jeder Meßreihe die Leitung mit einem Gummihammer abgeklopft worden.

Bild 4 zeigt die Auswertung der ersten Meßreihe zur Änderung des Pegels während der Einlaufzeit. Der Bezug ist die Messung 1 unmittelbar nach dem Anschluß des IGN. Die Messungen 2, 3 und 4 sind nach 10 min, 20 min, und 30 min durchgeführt worden. Der Pegel steigt hier mit zunehmender Meßzeit im Bereich um 2 kHz um über 10 dB an. Bild 5 zeigt die Fortsetzung der Meßreihe. Hier ist die Messung nach 40 min als Bezug gewählt. Das Ergebnis der ersten Messung nach IGN-Anschluß wurde miteingetragen. Es zeigt sich, daß die Meßergebnisse nach 40, 50 und nach 90 min praktisch keine Unterschiede mehr aufweisen.

Die entsprechenden bei einem anderen IGN aufgezeichneten Messungen zeigen Bild 6 und Bild 7. Hier ist ebenfalls die Pegelerhöhung bei hohen Frequenzen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Messung erkennbar bis sich der Pegel zwischen 30 und 60 min stabilisiert. Auffällig ist, daß die Pegeländerungen hier in einem breiteren Frequenzbereich auftreten.

Bild 8 zeigt Meßergebnisse aus zwei verschiedenen Meßreihen an IGN 02, also mit Abnahme und erneuter Montage des IGN. Als Referenz wurde eine Messung aus der ersten Meßreihe nach 90 min gewählt, die darauf bezogene Messung 2 erfolgte nach 30 min "Einlaufzeit". Die Pegel weisen nur geringfügige Unterschiede auf. Die erneute Einlaufzeit ist also auf höchstens 30 min verkürzt worden.

6.3 Versuche mit "Netzmitteln"

Zur Untersuchung, ob sich die Einlaufzeit gezielt verkürzen läßt, wurde ein IGN mit einem Netzmittel (Pril) gründlich gespült. Dadurch sollten möglicherweise am IGN anhaftende

Fertigungsrückstände wie Bohrwasser oder Öle entfernt und eine bessere Benetzung erreicht werden. Die Auswertung dieser Messungen ist in Bild 9 dargestellt. Den Bezug bildet das Meßergebnis einer Meßreihe vor Anwendung des Netzmittels nach Abwarten der Einlaufzeit. Es ist das gleiche wie bisher beobachtete Verhalten zu erkennen. Das Ausspülen mit einem derartigen Netzmittel hat offenbar keinen Einfluß auf das "Einlaufverhalten" der IGN.

6.4 Versuche mit chemischer Entfettung der IGN

Es wurde der Erwartung nachgegangen, daß eventuell eine gründliche chemische Entfettung der IGN zur Verhinderung von Lufteinschlüssen in Frage kommt, wenn auf die Verwendung interner Dichtungen, die hierbei angegriffen werden könnten, verzichtet werden kann. Zu letzterem wird im folgenden Stellung genommen. Es wurde das Auswaschen in Aceton vorgesehen. Wie Bild 10 zeigt, wurde jetzt ein "Einlaufen" des IGN nicht mehr beobachtet. Es traten dabei keine Änderungen des Pegels gegenüber den Messungen ohne Auswaschen auf. In Bild 10 ist die Referenz eine Messung ohne Behandlung des IGN mit Aceton. Die darauf bezogenen Meßergebnisse wurden in 10-minütigem Abstand gewonnen.

Nach diesen Erkenntnissen wurde bei allen folgenden Messungen stets zunächst die Auswaschung des IGN mit Aceton vorgenommen.

6.5 Untersuchungen zum Einfluß der internen Dichtung

Es war zu untersuchen, ob der in der Norm vorgesehene Einbau einer internen Dichtung im IGN Einfluß auf das Geräusch- oder Einlaufverhalten hat. In Bild 11 ist das Verhalten bei Einsatz einer Vulkanfibernichtung dargestellt. Der Referenzwert ist einer Meßreihe ohne Dichtung nach "Acetonbehandlung" entnommen. Bei Verwendung einer Vulkanfibernichtung ergaben sich weitgehend die gleichen Pegel wie bei dem IGN ohne Dichtung. Das "Einlaufen" zeigt sich in gleicher Weise wie vorher, es ist nach 20 min beendet. Bild 12 zeigt das Verhalten eines anderen IGN. Auch hier wurden die Referenzwerte im Rahmen der Meßgenauigkeit erreicht, die Terzpegelunterschiede liegen maximal bei 1 bis 2 dB, die Unterschiede in den Gesamtschallpegeln bei 0,1 bis 0,3 dB(A).

Bei Verwendung eines Kupferdichtrings ändert sich ebenfalls das Verhalten nicht, wie in den Bildern 13 und 14 gezeigt wird. Die IGN erreichen wiederum denselben Schallpegel wie ohne Dichtung.

6.6 Einfluß der Bohrungsdurchmesser

Das IGN ist eine Kombination einer 1-Loch-Blende mit einer 4-Loch-Blende. Der Durchfluß durch eine Blende ist dabei abhängig vom Bohrungsdurchmesser. Die Abhängigkeit des Schallpegels vom Durchfluß wurde mit zwei IGN untersucht, deren Bohrungsdurchmesser 1/10 mm größer bzw. kleiner waren als der Sollwert. Die IGN weisen keine Unterschiede im Einlaufverhalten zu den nach Norm gefertigten IGN auf (Bild 15 und 16). Der Durchfluß des IGN mit kleineren Bohrungen betrug 0,26 l/s wie auch bei den nach Norm gefertigten IGN. Das IGN mit größeren Bohrungen wies einen Durchfluß von 0,27 l/s auf.

Bild 17 zeigt die Pegelverläufe der nicht normgerechten IGN bezogen auf ein nach Norm ausgeführtes IGN. Es wurde jeweils der Mittelwert aus drei Messungen je IGN für die Auswertung herangezogen. Die Abweichungen des IGN mit Untermaß (Messung 2) liegen bei 1 - 3,5 dB im unteren und mittleren Frequenzbereich. Die maximale Abweichung tritt bei 315 Hz auf und beträgt 3,5 dB. Der Gesamtschallpegel liegt um 1 dB (A) niedriger als bei normmäßiger Ausführung.

Das IGN mit Übermaß, Messung 3, weist im unteren und mittleren Frequenzbereich Abweichungen von 1 dB auf. Die maximale Abweichung tritt bei 3,15 kHz auf und beträgt 2 dB. Im Gesamtschallpegel zeigt sich kein Unterschied.

6.7 Langzeituntersuchung

Es erfolgte anschließend ein Dauerversuch mit einem IGN. Die Meßzeit betrug 45 s, der zeitliche Abstand zwischen den Einzelmessungen 10 min. Eine Meßreihe bestand aus vier Einzelmessungen. Nach Abschluß einer Meßreihe wurde das IGN von der Prüfleitung abgenommen, dann erneut am Anschluß befestigt und eine neue Meßreihe gestartet. Nach Beendigung der Messungen eines Tages, wurde das IGN von der Leitung gelöst und trocknete über Nacht. Es sollte hier ein Kontroll-IGN simuliert werden, das nur manchmal zum Vergleich an der Prüfleitung angeschlossen wird. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, ob sich Änderungen im Schallpegel einstellen. Im Laufe des dreiwöchigen Versuchs veränderte sich der Schallpegel des IGN's in einem Terzbereich. Bild 18 zeigt als Referenz eine Messung aus der ersten Meßreihe. Die darauf bezogenen Messungen, die drei Wochen später aufgezeichnet wurden, weisen eine Pegelverringerung bei 315 Hz von 3 dB auf, die sich jedoch im Oktavband auf eine Auswirkung von unter 1 dB reduziert. Die A-bewerteten Gesamtschallpegel weisen einen maximalen Unterschied von 0,3 dB(A) auf. Diese Messungen wurden nach einer Stunde wiederholt (Bild 19). Im Pegelverlauf und Gesamtschallpegel sind keine Unterschiede zwischen Bild 18 und Bild 19 feststellbar.

6.8 Untersuchungen zur Aufbewahrung der IGN

Bei den nachfolgenden Messungen wurde das IGN, bei Unterbrechung der Messungen, in destilliertem Wasser aufbewahrt. Damit sollte ein "Ausblühen" verhindert werden. Die Meßzeit betrug wieder 45 s, der Abstand zwischen den Einzelmessungen 10 min. Eine Meßreihe bestand aus vier Einzelmessungen. In Bild 20 ist als Referenz eine Messung aus der ersten Meßreihe benutzt worden, die darauf bezogenen Messungen wurden zwei Wochen später aufgenommen. Bei 315 Hz treten Abweichungen von bis zu -3 dB vom Bezugswert auf. In Bild 21 liegt die gleiche Referenz zugrunde. Hier treten im unteren Frequenzbereich Abweichungen bis zu -5dB auf.

Die in Bild 22 dargestellten Messungen wurden in ca. wöchentlichem Abstand durchgeführt. Als Referenz wurde eine Messung vom Ende der Versuchsreihe gewählt. Die Abweichungen verringern sich von 2 dB auf 1 dB. Durch die Aufbewahrung im destilliertem Wasser verbessert sich die Langzeitkonstanz des IGN's also nicht.

6.9 Einfluß der Meßzeit

Bei den folgenden Messungen wurde die Meßzeit verlängert. Es wurden Messungen mit 5 min 15 s und 21 min Integrationszeit durchgeführt. Für die Messungen wurden fünf IGN ausgewählt, wobei die drei oben aufgeführten Gruppen vertreten waren. Die Einzelmessungen erfolgten an unterschiedlichen Tagen und nicht, wie bisher, direkt aufeinanderfolgend. Es werden Terz- und Oktavpegel zur Auswertung herangezogen.

In Bild 23 ist die Auswertung der Messungen mit 5 min 15 s an einem IGN wiedergegeben. Der Bezugswert ist der gemeinsame Mittelwert der Messungen, hier durch die 0-Linie dargestellt. Bei 250 Hz und 5000 Hz treten Abweichungen von über 1 dB im Terzpegel auf. Ansonsten beträgt die Abweichung 0,8 dB. Im Oktavpegel beträgt die größte Abweichung 0,8 dB bei 250 Hz. Mit zunehmender Frequenz verringern sich die Abweichungen auf 0,2 dB.

Bild 24 zeigt die Ergebnisse desselben IGN's bei einer Meßzeit von 21 min. Die Abweichung bei 250 Hz liegen auch hier über 1 dB. Bei den weiteren Frequenzen beträgt die Abweichung der 21 min-Messungen 0,6 dB. Die maximale Abweichung des Oktavpegels tritt ebenfalls bei 250 Hz auf und beträgt 0,5 dB. Die weiteren Abweichungen verlaufen schmalbandiger als bei den 5 min 15 s Messungen und belaufen sich bei 4 kHz auf 0,1 dB.

Die Bilder 25 und 26 zeigen die Auswertungen der Messungen an den fünf zu diesem Versuch

herangezogenen IGN. Von jedem IGN wurden fünf Messungen mit jeweils 5 min 15 s bzw. 21 min Meßzeit durchgeführt. Für jedes IGN wurde dann der Mittelwert bei der jeweiligen Meßzeit ermittelt. Aus diesen Einzelwerten wurde dann der Gesamtmittelwert bestimmt und als Referenz benutzt. Darüber aufgetragen sind die Abweichungen der Einzelmittelwerte vom Gesamtmittelwert. Die Oktavauswertung zeigt, daß die Abweichungen bei zunehmender Meßzeit etwas kleiner werden. Bei 5 min 15 s betragen sie $\pm 0,5$ dB, die Meßzeiterhöhung auf 21 min verringert die Abweichung auf $\pm 0,3$ dB. Bei einem IGN steigt jedoch die Abweichung bei einer Frequenz von 4 kHz von 0,9 dB auf 1,1 dB an.

7. Selektion und Gruppierung der IGN

Bild 27 zeigt die in den abschließenden Messungen mit jeweils 15 min Dauer erzielten Ergebnisse an 18 IGN, dargestellt in Oktavpegeldifferenzen zum Mittelwert. Im Meßfrequenzbereich der Norm von 125 Hz bis 5000 Hz zeigt sich im wesentlichen eine Streubreite von etwa ± 1 dB, allerdings sind einige "Ausreißer" zu beobachten. Es erwies sich, daß die größten Abweichungen von den IGN aus der Vorserie stammten, bei der keine sorgfältige Kontrolle aller Maße durchgeführt worden war. Sie wurden aus den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen.

Bei den verbleibenden 14 IGN ergab sich eine Streubreite von 0,9 dB für den dB(A)-Wert, zusammengesetzt aus + 0,32 dB und - 0,58 dB um den Mittelwert ($s = 0,25$ dB). Zur genaueren Analyse wurden Terzwerte mitherangezogen und die IGN entsprechend der Größe der Abweichungen in 3 Gruppen unterteilt. Sie umfassen 5 IGN "erster Wahl", 5 IGN zweiter und 4 IGN dritter Wahl. Die Bilder 28 bis 30 zeigen die Ergebnisse sowohl als Terz- wie als Oktavpegel. In der ersten Gruppe zeigen sich nur geringe Streuungen von maximal $\pm 0,3$ dB in den Oktavpegeln. Auch in der zweiten Gruppe liegen die Streuungen, abgesehen von einem Wert in einer Randoktave, deutlich unter ± 1 dB.

Bei Wiederholungsmessungen, auch unter verschiedenen Betriebsbedingungen, blieb die Zuordnung zu den Gruppen, insbesondere die zu der dritten Gruppe, erhalten. Es zeigte sich aber auch, daß die Wiederholstreuungen des einzelnen IGN weitgehend die gleichen Werte erreichten wie die Streuung in der ersten Gruppe. Hieraus folgt, daß eine Ermittlung von Korrekturwerten für die 10 IGN in den ersten Gruppen nicht sinnvoll sein kann. Vielmehr müßte sichergestellt werden, daß nur IGN verwendet werden, die innerhalb des Streubereiches liegen wie er durch die 10 selektierten IGN vorgegeben ist.

8. Folgerungen aus den Vorversuchen und weiteres Vorgehen

Aus den dargelegten Untersuchungen ergibt sich, daß mit normgerechten IGN zwar hinreichende Präzision der Messungen erreichbar ist, daß aber neben der Einhaltung der Norm ein vorschriftsmäßiger Einsatz und vorgegebene Handhabung unbedingt sichergestellt werden müssen. Hieraus folgt, daß die Einführung von IGN-Prüfungen und die Verpflichtung, Anweisungen zum Gebrauch der IGN zu beachten, erfolgen muß, was im Rahmen künftiger Qualitätssicherungsmaßnahmen der Prüfstellen geregelt werden muß.

Die Verwendbarkeit der Gebrauchs-IGN muß durch die Rückführbarkeit auf eine präzise Kalibriermethode über Transfernormale auf ein Primärnormal gewährleistet sein. Daher stellte sich für das weitere Vorgehen die Aufgabe, ein zeitlich hochstabiles System zur Kalibrierung von Transfer-IGN zu schaffen, indem eine Anzahl von Primär-IGN vorgehalten und gepflegt wird. Dies erfolgt im Laboratorium für bauakustische Meßtechnik der PTB, die als unabhängige und neutrale Stelle die Qualität und Verfügbarkeit von Meßmitteln in höchstem Maße gewährleisten kann. Die Verwendbarkeit von Gebrauchs-IGN ist durch einen Vergleich zu Transfernormalen sicherzustellen.

9. Schaffung von Primärnormalen

Es mußte eine Gruppe von besonderen IGN zu entwickelt werden, die, unabhängig von Einflüssen des Prüfstandes oder anderen Parametern, zeitlich stabil sind, die durch intensiven Gebrauch nicht "abnutzen" oder sich in anderer Weise verändern. Diese Gruppe sollte IGN enthalten, die nicht unterscheidbar sind, d.h. die Streuung bei Wiederholungsmessungen an einem IGN sollte gleichzeitig ein Maß für die Vergleichbarkeit verschiedener IGN sein. Das ist dann gegeben, wenn die Fertigungsunterschiede der IGN sehr klein sind im Vergleich zu den statistischen Schwankungen bei der Messung des Geräuschverhaltens.

Um eine extreme Langzeitstabilität zu erzielen und um ein Anlaufen, Verkalken oder ähnliche elektrochemische Effekte zu vermeiden, wurden Vorversuche mit keramischen Materialien unternommen, die sehr erfolgreich verliefen. Es wurde daher entschieden, 20 keramische Grundkörper mit Lochscheiben für IGN zu beschaffen und das Geräuschverhalten zu messen. Diese keramischen Teile wurden in die üblichen Gehäuse aus Messing eingesetzt. Das gewählte Material ist MACOR®. Es handelt sich um eine spezielle Glaskeramik, die elektrisch isolierend, porenfrei, formstabil (extrem hart) und insbesondere flüssigkeitsabweisend ist. Die Bestandteile sind SiO₂ (46%), MgO (17%), Al₂O₃ (16%), K₂O (10%), B₂O₃ (7%) und F (4%). Wichtigste Eigenschaft ist

die extreme Unveränderlichkeit durch Temperatur-, Feuchteeinwirkung oder sonstige Langzeiteffekte wie Oxidation oder "Abrieb".

Es ist jedoch anzumerken, daß die von den Prüfstellen zu verwendenden Transfernormale und Gebrauchs-IGN weiterhin - wie in der Norm vorgesehen - aus Messing hergestellt werden (siehe unten). Erst bei einer zukünftigen Revision der europäischen Norm kann über alternative Materialien diskutiert werden.

9.1 Messungen des Geräuschverhaltens von Primärnormalen

Die Grundkörper aus Keramik wurden beidseitig mit Teflondichtungen in die Gehäuse eingebaut. Die Messungen erfolgten in genau der gleichen Weise wie bei den Voruntersuchungen. Jedoch wurde der Meßplatz hinsichtlich einer automatischen Kontrolle von Fließdruck, Durchfluß und Körperschallsignalen ergänzt. Ein Blockschaltbild ist in Bild 31 gezeigt. Eine genaue Messung und Regelung des Fließdrucks und des Durchflusses war insbesondere erforderlich, da festgestellt wurde, daß in der Wasserversorgung der PTB Schwankungen des Drucks um $\pm 5 \%$ nicht ausgeschlossen werden können. Entsprechend ändert sich der Durchfluß in einem nicht normgerechten Maße.

Die parallele Aufzeichnung von Körperschallsignalen und Schalldruckpegeln im Prüfstand diene zur Überwachung des Einlaufens und zur Beurteilung von Störgeräuschen oder Fehlern in der Anlage. Eine gleichzeitige Aufzeichnung von Schalldruck- und Schwingungssignal hat sich bei den teilweise recht umfangreichen Messungen als sehr hilfreich erwiesen, besonders dann, wenn festgestellt werden mußte, ob ein Effekt vom IGN herrührte oder ob in der Anlage andere Parameter verändert waren. Entgegen den Erwartungen zeigte sich jedoch, daß in problemlosen Fällen in den Körperschallsignalen keine zusätzlichen Informationen enthalten sind, die nicht auch das im Meßraum als Luftschall gemessene Signal signifikant bestimmen. Daher wurde der Meßaufbau dahingehend vereinfacht, daß nur ein einziger Körperschallaufnehmer verwendet wird. Er ist als Kontrollsonde auf der Leitung etwa 1 m oberhalb des IGN angebracht.

Der Meßablauf ist der folgende:

Die Meßapparatur zeichnete simultan die in Bild 32 gezeigten Werte über eine Periode von 5 min auf. Anschließend wurde manuell (oder automatisch) ein Bereich von 45 s festgelegt, in welchem der Fließdruck innerhalb von $0,3 \text{ MPa} \pm 1 \%$ stabil ist. Für diesen Zeitraum werden Terz-, Oktav- und A-Pegel des Schalldrucksignales bestimmt. Dabei sei erwähnt, daß bei einer Meßzeit von 45 s eines Rauschsignales die Standardabweichung durch Signalstatistik im ungünstigsten Fall (100

Hz- Terzband) 0,15 dB beträgt. Im 100 Hz-Oktavband beträgt diese Schwankung schon nur noch 0,1 dB. Es kommt daher nicht auf eine längere Meßdauer als vielmehr auf die präzise Kontrolle und Regelung der geräuschbestimmenden Parameter (Druck und Durchfluß) an. Bei einer Regelung des Fließdruckes im Bereich von $0,3 \text{ MPa} \pm 1\%$ kann auf eine Festlegung des Auswertebereiches verzichtet werden. In diesem Fall wird die gesamte Meßperiode ausgewertet.

9.1.1 Eigenschaften von Keramik-IGN

Eine Messung von 10 Keramik-IGN zeigte signifikante Materialeinflüsse auf das Geräuschverhalten sowie auf den Durchfluß. Der Durchfluß ergab sich bei konstant gehaltenem Fließdruck von $0,3 \text{ MPa}$ zu $0,29 \text{ l/s}$ gegenüber mittleren Werten von $0,26 \text{ l/s}$ bei IGN aus Messing. Dieses Verhalten wird darauf zurückgeführt, daß aufgrund der wasserabweisenden Oberfläche des MACOR eine bessere laminare Strömung durch die Lochscheiben und dadurch ein geringerer Strömungswiderstand auftritt. Gleichzeitig ist das Geräuschverhalten im Detail anders als im Falle von Messing (Bild 33). Zur Berechnung von Norm-IGN-Schallpegeln müssen daher Korrekturen als frequenzabhängigen "Materialkonstanten" vorgesehen werden.

Über die Behandlung der Oberfläche wurden bisher in der Norm keine Angaben gemacht oder Festlegungen getroffen. Der doch erhebliche Einfluß der Oberflächeneigenschaften ist eventuell auch eine Erklärung für manchmal bei IGN aus Messing festgestellte Anomalien bei Durchfluß und Geräuschspektrum, welche nicht durch geometrische Toleranzen zu erklären waren.

Bei Regelung des Fließdruckes innerhalb $0,3 \text{ MPa} \pm 1\%$ traten bei Messungen an Keramik-IGN mittlere Durchfluß-Werte von $(0,286 \pm 0,004) \text{ l/s}$ auf. Entsprechende Werte für eine Reihe von Messing-IGN betragen $(0,262 \pm 0,005) \text{ l/s}$.

9.2 Statistische Auswertung - Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit

Um eine Gruppe von Keramik-IGN als Primärnormale zu qualifizieren, mußten zunächst statistische Untersuchungen zur Wiederholbarkeit des Geräuschverhaltens eines Exemplares durchgeführt werden (Bild 34). Es wurde ein IGN (Nr. 6) dreißig mal ein- und ausgebaut und gemessen (zwei Meßergebnisse waren unbrauchbar und wurde daher ausgesondert). Aufgetragen ist die Abweichung der Einzelergebnisse vom Mittelwert und der Bereich der Wiederholgrenze r_k ($\pm 1,4$ -fache Standardabweichung). Dieser Bereich entspricht demjenigen Intervall, in welchem 95 % aller Ergebnisse unter Wiederholbedingungen liegen. Man erkennt, daß der Streubereich etwa demjenigen der Messing-IGN (Bild 28) entspricht, selbst wenn unterschiedliche Exemplare

gemessen werden. Das bestätigt noch einmal das Ergebnis der Voruntersuchungen, daß der maßgebliche Faktor der Meßunsicherheit nicht aus Fertigungs-schwankungen stammt, sondern in statistischen Einflüssen der Messung selbst begründet ist. Daher sollte es auch möglich sein, mehrere IGN aus der Gesamtheit zu finden, die sich "wie eines" verhalten.

Es wurden 5 Keramik-IGN ausgewählt, und jedes wurde mit 5-maliger Wiederholung gemessen. In Bild 35 (a) in Terzen und b) in Oktaven) ist das Ergebnis hinsichtlich des Toleranzbereiches analog zu demjenigen in Bild 34 aufgetragen. Es ist nun die Vergleichsgrenze R_K (in der Form $\pm R_K/2$) dargestellt. Offensichtlich sind Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit soweit identisch, daß die zuvor genannte Vermutung bewiesen ist. Die Einzelkurven in Bild 35 entsprechen der Mittelwerten aus 5-maliger Wiederholung der Messung an jeweils einem IGN.

Schließlich kann anhand der Gruppe von Keramik-IGN, die nun als Primärnormal dienen sollen, die Vergleichbarkeit R_K zur Festlegung des Toleranzbereiches der Kalibrierung von Transfer-IGN dienen, und der Mittelwert L_K im Vergleich zum Mittelwert L_M der "besten" Gruppe der Messing-IGN (Bild 35) ist die Basis für die Korrektionstabelle für die Materialeigenschaften:

$$\Delta L = L_K - L_M \quad (\text{siehe Tabelle 4}).$$

Die Gruppe der besten Messing-IGN wurde ebenfalls bei fünfmaliger Wiederholung gemessen (Bild 36). Die Vergleichsgrenze R_M dieser Gruppe ist derjenigen der Keramik-IGN sehr ähnlich. Das verdeutlicht wiederum, daß tatsächlich nicht die IGN, sondern andere Faktoren der Messung die statistischen Schwankungen bestimmen. Dies sind insbesondere die Konstanz des Anschlusses der IGN an die Leitung, der Grad der Entlüftung (der nie hundertprozentig sein kann) und andere Faktoren des Prüfstandes.

Bild 37 zeigt den Vergleich der Mittelwerte und der Vergleichsgrenzen von Keramik- und Messing-IGN. Man erkennt, daß die signifikanten Materialunterschiede größer sind als die Vergleichsgrenzen. Die Vergleichsgrenze der Keramik-Primärnormale ist bis auf den Oktavbereich bei 125 Hz kleiner als derjenige der Messing-IGN. Im A-Pegel beträgt der absolute Unterschied 0,3 dB, und die Vergleichsgrenzen betragen 0,5 dB (Keramik) und 0,6 dB (Messing).

9.3 Festlegung von Fertigungs- und Meßtoleranzen für Serienkalibrierungen

Bei Kalibrierungen beliebiger IGN-Prüflinge ist folgendermaßen vorzugehen: Die Messung muß im Vergleich zu den Daten der Primärnormale durchgeführt werden. Die Messung ist bei jedem IGN-Prüfling mindestens 5 mal zu wiederholen. Der Mittelwert dieser 5 Ergebnisse sei L_M , der in Oktavbereichen von 125 Hz bis 4 kHz sowie für den A-Pegel registriert werden muß. Der entsprechende Armaturengeräuschpegel im Verhältnis zum Primärnormal wird durch Berücksichtigung der Korrektur ΔL ermittelt. Falls das Resultat L_M für alle Oktavbänder und für den A-Pegel innerhalb des Toleranzfeldes liegt, gilt das IGN als qualifiziert, d.h. kalibriert:

$$L_M \geq L_K - \Delta L - R_K/2 \quad \text{und} \quad L_M \leq L_K - \Delta L + R_K/2 \quad ,$$

mit ΔL und R_K nach Tabelle 4 (siehe Spalten "Transfornormale"). Diese Forderung betrifft zunächst nur die Mittelwerte aus 5 Einzelmessungen. Falls in mehr als 3 Oktavbändern eine Abweichung der Einzelergebnisse größer als $R_K/2$ ist (siehe auch Bild 36b), müssen weitere Einzelmessungen durchgeführt werden, um auszuschließen, daß diese Effekte systematischer Natur sind. Gegebenfalls ist der 5er-Mittelwert neu zu bestimmen. Weiterhin muß bei einem Fließdruck von $(0,3000 \pm 0,0006)$ MPa der Durchfluß bei $(0,262 \pm 0,005)$ l/s liegen.

9.4 Eigenschaften des Prüfstandes

Solange nur Differenzen von Schallpegeln zwischen Prüflingen und Primärnormalen in kurz aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten gemessen werden, sind andere Faktoren des Schallfeldes irrelevant. Das ist insofern von Bedeutung, als eine Messung der Primärnormale nur "selten" erfolgen sollte, d.h. nicht unbedingt jeden Tag oder gar mehrmals am Tag. Es ist weniger eine Frage der Konstanz der Primärnormale als der des Prüfstandes. Wenn sich die geräuschbestimmenden Parameter des Prüfstandes (die Absorption) nicht ändern, können Bezugswerte L_K der Primärnormale über längere Zeiträume hinweg verwendet werden, ohne jedesmal L_K neu bestimmen zu müssen. Eine etwaige Änderung der Absorption wird durch Addition eines Korrekturtermes $10\lg(A/A_0)$ (ähnlich der Verfahrensweise in DIN 52219 /5/) berücksichtigt. Daher sollten die Bezugswerte für die PTB-interne Datenverwaltung in der Form

$$L_{K, \text{ref}} = L_K + 10\lg(A/A_0)$$

in Terzbändern zwischen 100 Hz und 5 kHz formuliert werden. Alle weiteren Kenngrößen können aus diesen Daten abgeleitet werden. Beispiele sind in Tabellen 5 (a-c) angegeben.

Falls sich die raumakustischen Eigenschaften des Prüfstandes nicht ändern, kann bei der vergleichenden Messung von Primärnormal und Prüfling auf eine Nachhallzeitmessung und Bestimmung der äquivalenten Absorptionsfläche verzichtet werden. Im Rahmen der Toleranzbereiche (Tabelle 4) kann sogar über längere Zeiträume hinweg auf eine Nachhallzeitmessung verzichtet werden, wenn die klimatischen Bedingungen und dadurch die Luftabsorption nicht extrem geändert ist.

Bei größeren Abweichungen der Umgebungsbedingungen, bei Änderungen im Prüfstand, wenigstens aber einmal jährlich, ist der Armaturengeräuschpegel des Primärnormals mit Normierung auf die Absorptionsfläche zu messen und als Bezug $L_{K,ref}$ zu aktualisieren.

10. Rückführbarkeit von Gebrauchs-IGN auf Primärnormale

Folgendes System wird empfohlen:

Die Primärnormale werden in der PTB gepflegt und dienen als letztes Glied in der Kette der Installationsgeräuschnormale. Transfornormale werden durch Vergleichsmessungen an die Primärnormale angeschlossen. Alle Transfornormale besitzen das gleiche Geräuschverhalten. Sie verhalten sich "wie ein individuelles Exemplar". Als dritte Stufe sind Gebrauchs-IGN anzusehen. Gebrauchs-IGN können sich hinsichtlich Geräuschverhalten, Druck- oder Durchfluß mehr unterscheiden als Transfornormale.

Stellen, die Prüfungen an Geräten der Wasserinstallation durchführen, sollen zwei Klassen von IGN besitzen: die Gebrauchs-IGN und eine Anzahl von kalibrierten Transfornormalen (mindestens zwei). Die Gebrauchs-IGN werden nach internen Vorschriften der Prüfstellen (oder nach zukünftigen Normen) regelmäßig mit den Transfornormalen verglichen. Abweichende IGN sind auszusondern. Nur wenn sichergestellt ist, daß das Geräuschverhalten des Gebrauchs-IGN konstant ist, können eventuelle Unterschiede im Geräuschverhalten durch eine Korrektur der Oktav-Schallpegel der Gebrauchs-IGN aus einem Vergleich zum Transfer-IGN abgeleitet werden. Allerdings sind Korrekturen, die kleiner als die in Tabelle 4 angegebenen Werte der Vergleichsgrenze R_K sind, nicht sinnvoll, da selbst bei der Wiederholungsmessung an einem Exemplar diese Streubereiche vorhanden sind. Bei der Ermittlung der Korrekturwerte für die Gebrauchs-IGN muß der Mittelwert des Gebrauchsnormal zum Mittelwert des Transfornormal aus mindestens 10 Messungen bestimmt werden. Die Differenz dieser Mittelwerte entspricht unmittelbar den Korrektionsdaten des Gebrauchsnormal.

Bei weiteren regelmäßigen Überprüfungen der Gebrauchs-IGN ist dann nur noch zu prüfen, ob sich das Gebrauchs-IGN verändert hat. Der dazu verwendete Toleranzbereich ist noch im einzelnen festzulegen. Die hohe Vergleichbarkeit der Kalibrierung von Transfornormalen und Primärnormalen kann nicht bei der Prüfung von Gebrauchs-IGN zugrundegelegt werden, da die Meßunsicherheit mit jeder Stufe der Weitergabe von Kalibrierdaten anwächst. Es wird empfohlen, zunächst den in Tabelle 4 in den rechten Spalten aufgeführten Toleranzbereich zu verwenden. Wenn weitere Erfahrungen vorliegen, ist zu prüfen, ob dieser Bereich verringert werden kann.

In der PTB wird die Kette der Rückführung der Meßmittel schließlich mit der Verwahrung der IGN-Primärnormale vervollständigt. Die Transfornormale werden in der PTB erstmalig und in weiterer Folge im Rahmen von Vergleichsmessungen gemäß der Vorgaben von Tabelle 4 kalibriert. Dies kann beispielsweise in Verbindung mit den im dreijährigen Turnus stattfindenden Vergleichsmessungen mit den Prüfstellen der Gruppe I für Eignungsprüfungen für DIN 4109 stattfinden.

Dieses System wird nicht nur für Deutschland, sondern auch für den europäischen und internationalen Bereich im Zuge der Qualitätssicherung bauakustischer Prüfungen und der gegenseitigen Anerkennung von Prüfberichten dringend empfohlen. Abweichungen bei Vergleichen zwischen verschiedenen Prüfstellen werden durch vereinheitlichte IGN auf andere Parameter des Prüfstandes beschränkt. Erst damit können umfangreiche Untersuchungen zu Einflüssen der speziellen Leitungsführung, der Montageteile sowie anderer Prüfstandseigenschaften durchgeführt werden.

Nach einer gewissen Zeit, wenn genügend Erfahrungen mit dem System der Transfornormale vorliegen, kann daran gedacht werden, die IGN-Kalibrierung auch bei anderen Stellen als der PTB durchzuführen. Dadurch würde in der Kette der Normalien ein weiteres Glied eingeführt. Diese Kalibrierstelle würde, wie die PTB, Keramik-IGN als Sekundärnormale vorhalten und daran die Transfornormale anschließen. Die Kalibrierstelle müßte für diese Aufgabe beim Deutschen Kalibrierdienst (DKD) akkreditiert sein und sich regelmäßigen Überprüfungen und Vergleichsmessungen der Keramik-IGN mit den Primärnormalen der PTB unterziehen. Ein solches Verfahren wird dann interessant sein, wenn so viele Kalibrierungen von Transfornormalen notwendig würden, daß dies in der PTB nicht mehr mit vertretbarem Aufwand geleistet werden kann.

11. Literatur

- /1/ DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau. November 1989.
- /2/ DIN 52 218 - Akustik; Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium; Teil 1 - Meßverfahren. November 1986.
- /3/ Ergebnisprotokoll der Besprechung der Leiter der Prüfstellen für die Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation am 23.02.1988 beim FhG-IBP in Stuttgart.
- /4/ Gösele, K. Voigtsberger; C.A. : Vereinfachte Anordnung zur Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen. Sanitär- und Heizungstechnik 3 (1979).
- /5/ DIN 52219 - Bauakustische Prüfungen; Messung von Geräuschen der Wasserinstallation in Gebäuden. September 1985.

Nr.	drm 5	drm 24	drm 22	1,5	drm 14	20 H7	12,7	1,2	10
1	5,006	24,010	22,010	1,524	14,020	20,015	12,712	1,186	9,978
2	5,006	23,993	21,994	1,501	14,019	20,012	12,700	1,197	9,973
3	5,012	23,988	21,989	1,515	14,023	20,018	12,713	1,198	9,979
4	5,008	23,984	21,984	1,503	14,018	20,011	12,703	1,199	9,975
5	5,007	23,987	21,988	1,507	14,024	20,012	12,706	1,198	9,974
6	5,004	23,986	21,985	1,507	14,009	20,015	12,706	1,198	9,989
7	5,006	23,987	21,985	1,509	14,021	20,008	12,707	1,198	9,978
8	5,007	24,011	22,011	1,514	14,021	20,013	12,700	1,185	9,991
9	5,006	23,985	21,985	1,494	14,023	20,015	12,694	1,198	9,976
10	5,011	23,988	21,986	1,522	14,022	20,014	12,721	1,197	9,972
11	5,010	23,987	21,987	1,498	14,024	20,014	12,695	1,198	9,982
12	5,008	23,989	21,988	1,523	14,022	20,008	12,719	1,197	9,979
13	5,008	24,008	22,008	1,509	14,021	20,014	12,696	1,186	9,987
14	5,004	23,991	21,991	1,505	14,019	20,008	12,704	1,198	9,979
19	4,927	24,034	21,981	1,596	13,934	20,047	12,690	1,170	10,016
20	5,103	24,031	21,884	1,390	14,120	20,041	12,703	1,220	10,020

Tabelle 1: IST-Maße der IGN-Grundkörper, ermittelt mit einer Drei-Koordinaten-Meßmaschine

Nr.	1,5	drm 20	drm 8	drm 2,5 (4x)			
1	1,498	20,040	8,044	2,520	2,514	2,512	2,502
x 2	1,514	20,038	8,045	2,506	2,505	2,499	2,493
3	1,473	20,038	8,040	2,506	2,505	2,492	2,489
4	1,490	20,033	8,037	2,517	2,514	2,513	2,507
5	1,492	20,040	8,052	2,518	2,509	2,503	2,503
6	1,515	20,040	8,047	2,514	2,511	2,508	2,507
7	1,493	20,041	8,033	2,509	2,506	2,500	2,500
8	1,474	20,041	8,030	2,515	2,512	2,507	2,504
9	1,489	20,045	8,048	2,518	2,510	2,509	2,507
10	1,496	20,037	8,028	2,517	2,515	2,511	2,505
11	1,488	20,042	8,045	2,521	2,512	2,512	2,506
12	1,490	20,041	8,042	2,522	2,516	2,512	2,508
13	1,506	20,042	8,038	2,502	2,498	2,495	2,460
14	1,520	20,033	8,048	2,512	2,510	2,505	2,504
15	1,486	20,036	8,035	2,522	2,514	2,510	2,505
16	1,481	20,032	8,036	2,524	2,518	2,515	2,512
17	1,485	20,035	8,035	2,517	2,517	2,508	2,507
18	1,536	20,039	8,045	2,532	2,518	2,518	2,518
19	1,367	20,065	7,950	2,410	2,410	2,409	2,408
20	1,607	20,069	7,940	2,595	2,593	2,592	2,591

Tabelle 2: IST-Maße der IGN-Lochscheiben, ermittelt mit einer Drei-Koordinaten-Meßmaschine

Bezeichnung	Lochscheibe-Nr.	Grundkörper-Nr.
IGN 05 +/-	1	4
X IGN 06 +/-	2	8
IGN 07 +	16	3
IGN 08 +	3	5
IGN 09 +	18	11
IGN 10 +	13	10
IGN 11 -	4	1
IGN 12 -	8	2
IGN 13 -	7	6
IGN 14 -	10	7
IGN 15 -	14	9
IGN 16 -	17	14
IGN 17 +/-	6	12
IGN 18 +/-	11	13
IGN 19	19	19
IGN 20	20	20

Tabelle 3: Kombinationen von Grundkörpern und Lochscheiben

- + : große Abweichungen von den Sollmaßen
- +/- : mittlere Abweichungen von den Sollmaßen
- : kleine Abweichungen von den Sollmaßen

IGN 19: 1/10 mm kleinere Bohrungen als normmäßig
IGN 20: 1/10 mm größere Bohrungen als normmäßig

Tabelle 4: Korrektur delta L zur Berechnung von Norm-IGN-Pegeln aus Pegeln der Primärnormale (Materialkonstante), Wiederholgrenze rk und Vergleichsgrenze Rk für Primärnormale sowie Toleranzbereich für Transfornormale in Oktavbändern und für den A-bewerteten Gesamtschallpegel. Rechts: empfohlener Toleranzbereich für Vergleiche zwischen Gebrauchs-IGN und Transfornormalen.

Frequenz Hz	Primärnormale			Transfornormale		Gebrauchs-IGN	
	delta L dB	rk dB	Rk dB	minDiffP dB	maxDiffP dB	minDiffT dB	maxDiffT dB
125	0,0	0,7	1,0	-0,5	0,5	-0,5	0,5
250	1,1	0,5	0,5	-1,3	-0,8	-0,5	0,5
500	1,5	0,5	0,4	-1,7	-1,3	-0,5	0,5
1000	0,3	0,7	0,7	-0,7	0,1	-0,5	0,5
2000	-1,8	1,5	0,9	1,4	2,3	-1,0	1,0
4000	0,2	2,0	1,9	-1,2	0,7	-1,5	1,5
A	0,3	0,5	0,5	-0,5	-0,0	-0,7	0,7

Ergebnisse der Vergleichbarbeits-Messungen an den Keramik-IGN
Jeweils Mittelwerte aus fünf Messungen. Die Absolutpegel entsprechen den gemessenen Schalldruckpegeln mit Addition von 10lg(A/Ao) als "Raumkorrektur" (s. Tab. 5c) und Mikrofonkorrekturen (Typ B+K 4145)

Tabelle 5a: Keramik-IGN (Primärnormale)

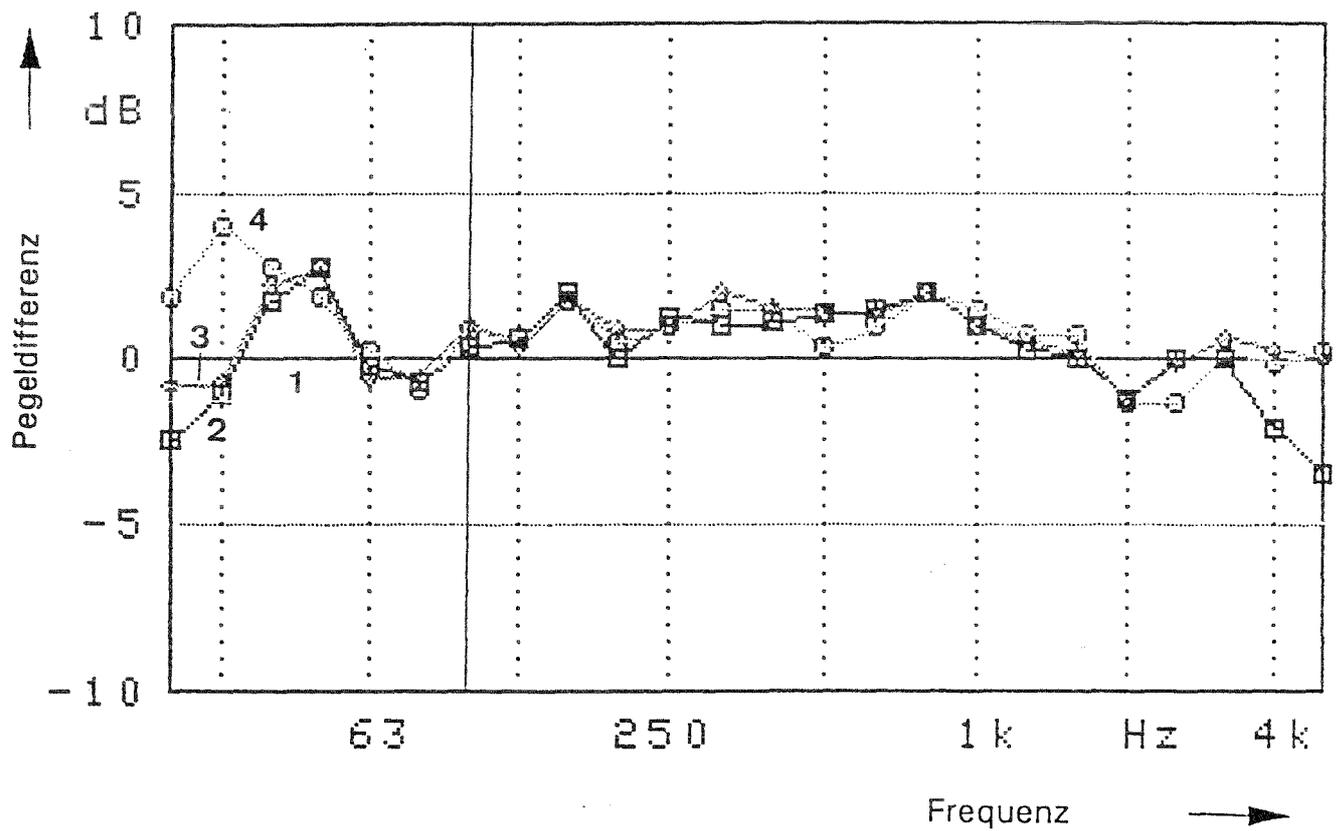
Frequenz Hz	Keramik-IGN 4		Keramik-IGN 5		Keramik-IGN 6		Keramik-IGN 7		Keramik-IGN 10		alle 5 Keramik-IGN	
	Mittelwert dB	Stdabw. dB	Mittelwert dB	Stdabw. dB								
125	58,5	0,3	58,5	0,3	58,2	0,1	57,9	0,4	58,1	0,2	58,2	0,3
250	48,3	0,1	48,3	0,1	48,4	0,1	48,1	0,1	48,4	0,2	48,3	0,2
500	53,1	0,1	53,1	0,1	53,4	0,1	53,2	0,2	53,3	0,1	53,2	0,2
1000	53,1	0,2	53,3	0,3	53,4	0,1	53,5	0,3	53,6	0,1	53,4	0,3
2000	45,7	0,2	45,8	0,2	45,8	0,3	45,7	0,5	45,9	0,2	45,8	0,3
4000	40,0	0,7	39,9	0,4	40,6	0,6	39,7	0,5	40,0	0,6	40,0	0,7
A	55,8	0,2	56,0	0,2	56,1	0,0	56,0	0,2	56,1	0,1	56,0	0,2

Tabelle 5b: Messing-IGN (Transfornormale)

Frequenz Hz	Messing-IGN 6		Messing-IGN 11		Messing-IGN 12		Messing-IGN 14		Messing-IGN 16		alle 5 Messing-IGN	
	Mittelwert dB	Stdabw. dB	Mittelwert dB	Stdabw. dB								
125	58,0	0,1	58,2	0,2	58,3	0,3	58,1	0,2	58,3	0,1	58,2	0,2
250	47,2	0,1	47,1	0,2	47,2	0,2	47,3	0,2	47,2	0,1	47,2	0,2
500	51,6	0,2	51,8	0,3	51,6	0,1	51,9	0,1	51,8	0,2	51,8	0,2
1000	53,2	0,2	52,7	0,2	52,9	0,2	53,3	0,1	53,4	0,2	53,1	0,3
2000	47,4	0,3	47,1	0,5	48,0	0,5	47,7	0,3	47,8	0,4	47,6	0,5
4000	39,1	0,8	39,9	0,4	40,0	0,5	39,7	0,5	40,2	0,2	39,7	0,7
A	55,7	0,1	55,5	0,2	55,7	0,1	55,9	0,1	56,0	0,1	55,7	0,2

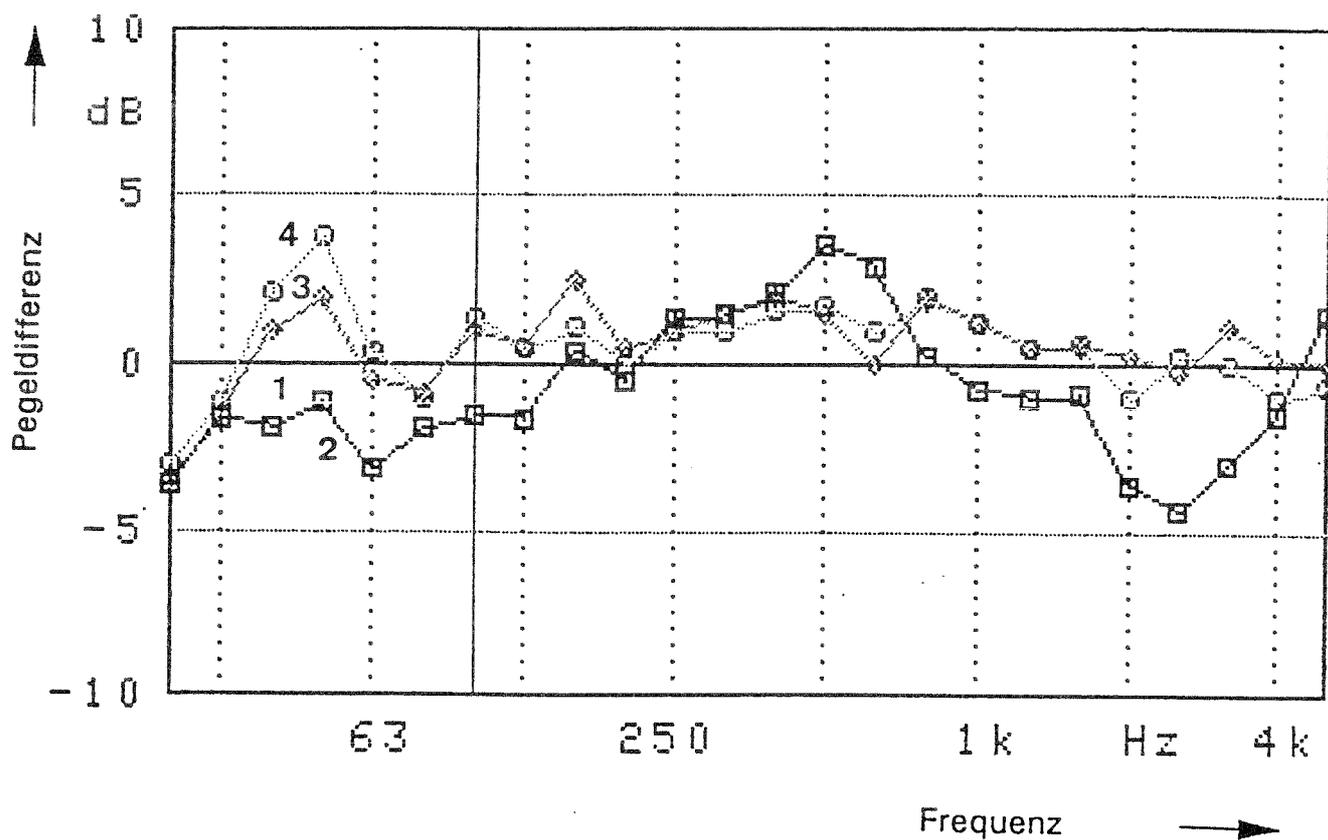
Tabelle 5c: Nachhallzeiten im Prüfraum und Raumkorrekturen 10lg(A/Ao), Ao=10 m² sowie Mikrofon-Korrekturen (PTB-Kalibrierung).

Frequenz Hz	T30 s	Raumkorr. dB	Mikrokkorr. dB
100	1,59	-3,08	-0,05
125	2,39	-4,85	0,05
160	2,35	-4,78	0,00
200	1,97	-4,01	-0,10
250	1,83	-3,69	0,00
315	2,15	-4,39	0,01
400	1,94	-3,94	0,02
500	1,74	-3,47	0,02
630	1,29	-2,17	0,17
800	1,49	-2,80	0,18
1000	1,57	-3,02	0,38
1250	1,60	-3,11	0,52
1600	1,57	-3,02	0,81
2000	1,71	-3,40	1,00
2500	1,59	-3,08	1,47
3150	1,46	-2,71	2,12
4000	1,32	-2,27	2,63
5000	1,10	-1,48	3,34



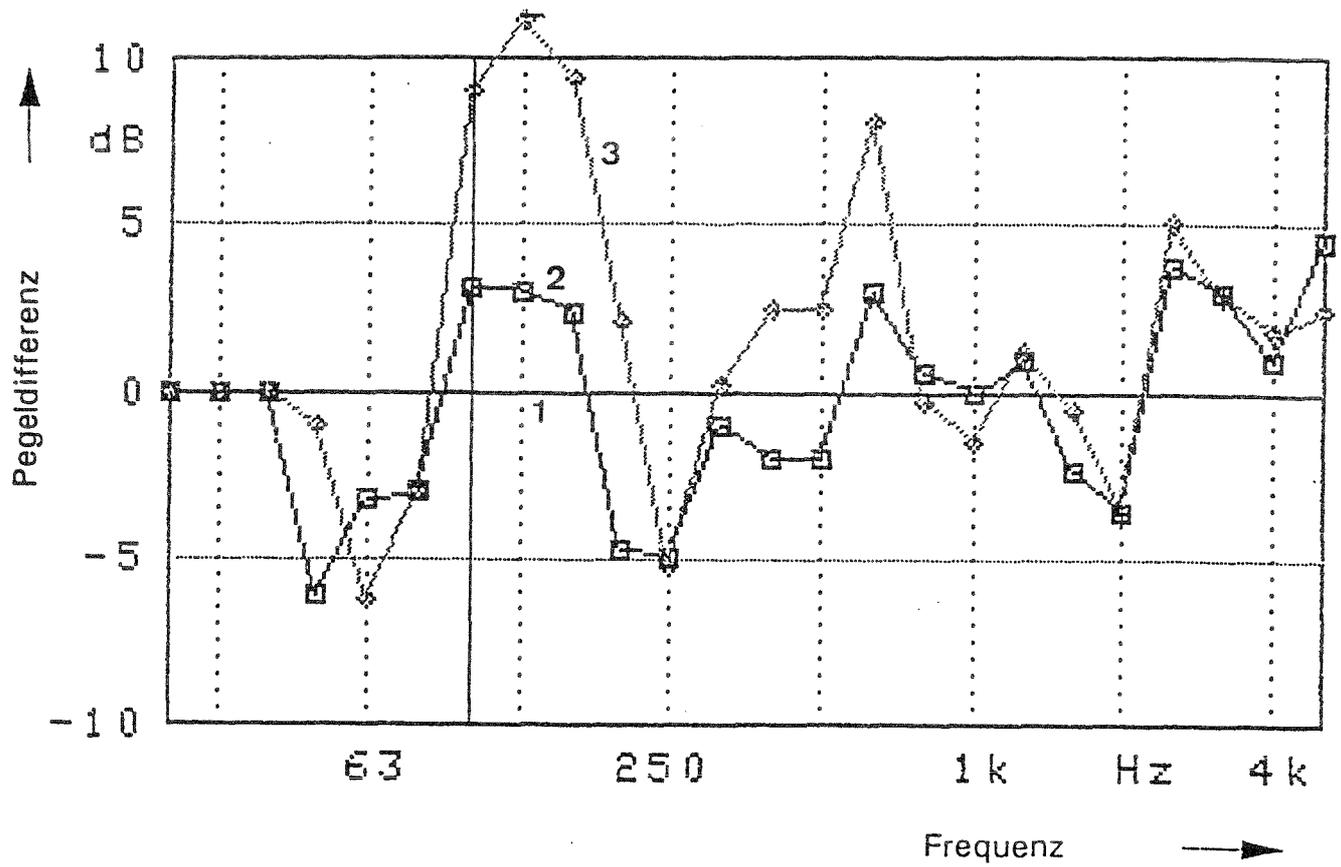
Gesamtpegel 1: 62,1 dB(A)
 " 2: 63,0 dB(A)
 " 3: 63,1 dB(A)
 " 4: 63,0 dB(A)

Bild 1: Vergleich von drei IGN aus einer Fertigung eines Armaturenherstellers mit einem IGN der Prüfstelle C in deren Prüfstand



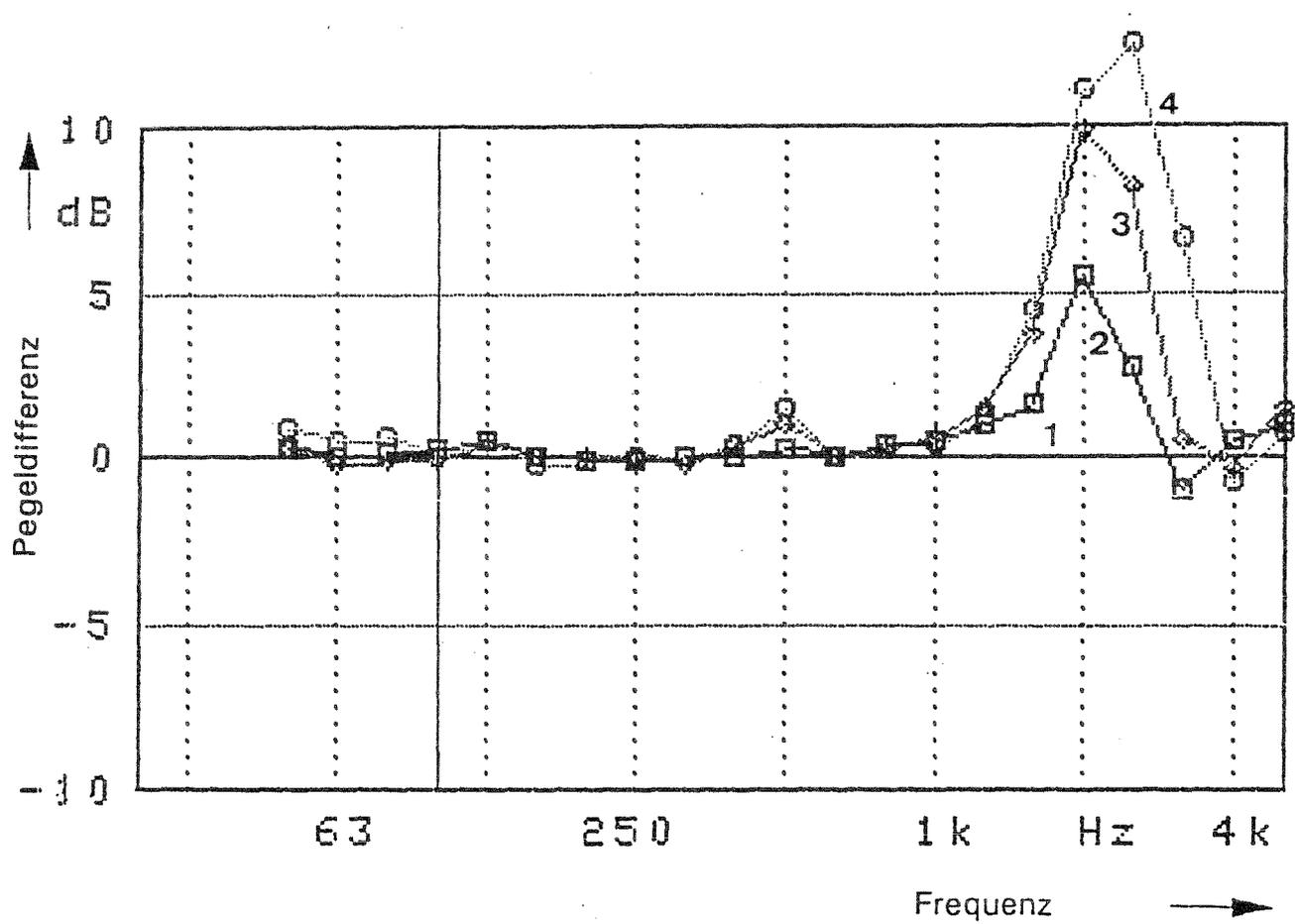
Gesamtpegel 1: 62,1 dB(A)
 " 2: 62,7 dB(A)
 " 3: 63,1 dB(A)
 " 4: 63,1 dB(A)

Bild 2: Vergleich von drei IGN verschiedener Hersteller mit einem IGN der Prüfstelle C in deren Prüfstand



Gesamtpegel 1: 51,4 dB(A)
 " 2: 51,3 dB(A)
 " 3: 51,9 dB(A)

Bild 3: Vergleich von zwei IGN aus PTB-Fertigung mit einem IGN der Prüfstelle E in deren Prüfstand

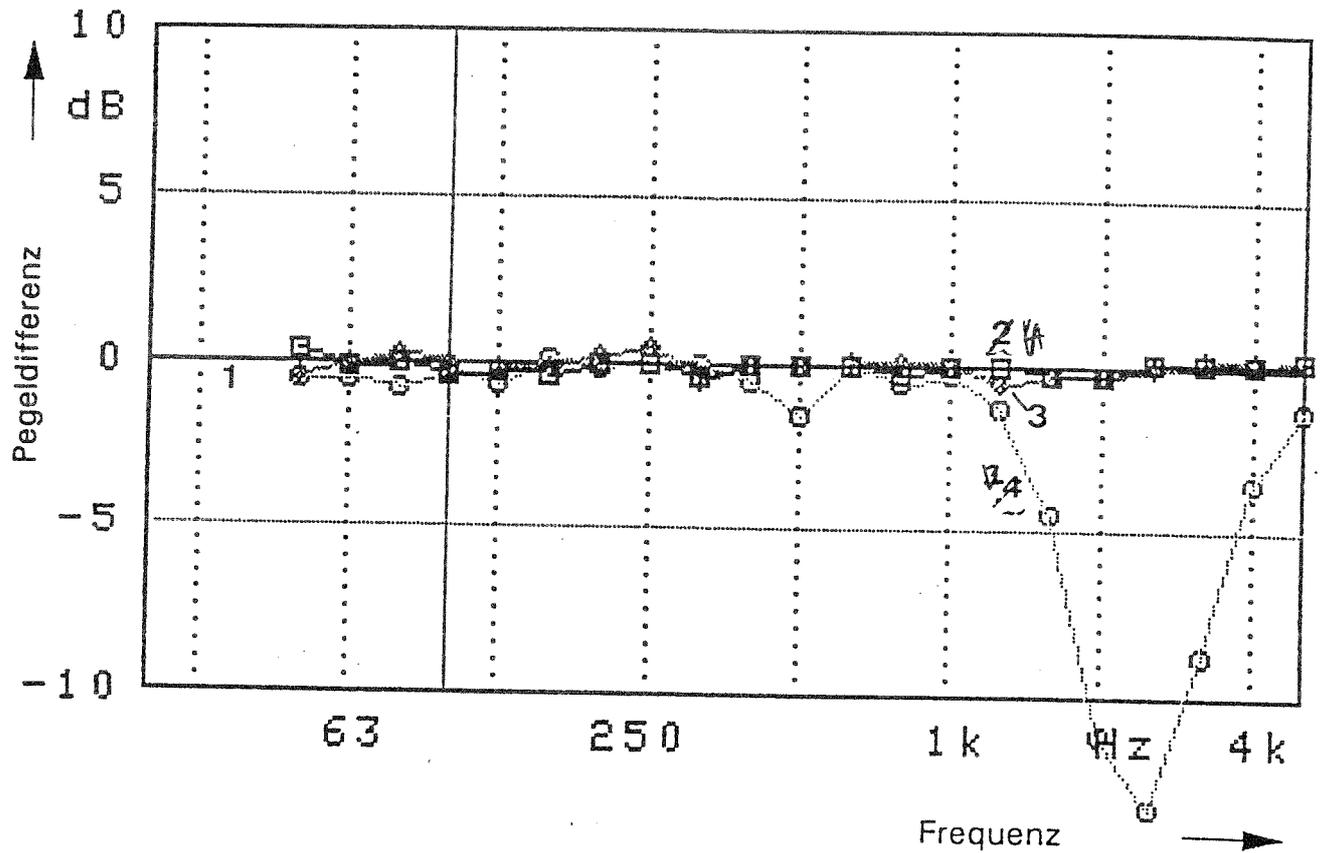


Gesamtpegel 1: 56,4 dB(A)
 " 2: 57,5 dB(A)
 " 3: 58,8 dB(A)
 " 4: 59,5 dB(A)

Bild 4: Erste Messungen nach Inbetriebnahme des Prüfstands mit dem IGN 02

Referenz : Messung 1 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 2 nach 10 min
 Messung 3 nach 20 min
 Messung 4 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

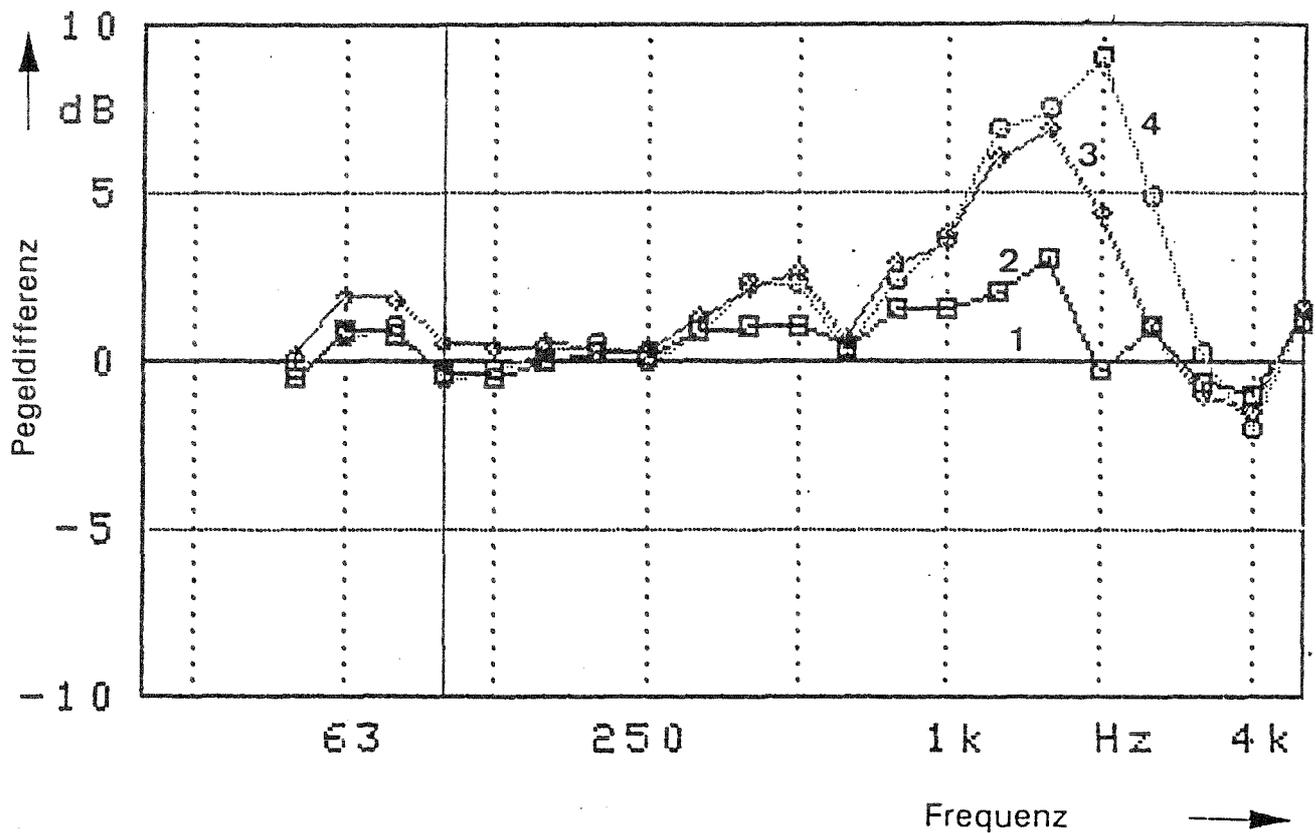


Gesamtpegel 1: 59,5 dB(A)
 " 2: 59,5 dB(A)
 " 3: 59,4 dB(A)
 " 4: 56,4 dB(A)

Bild 5: Erste Messungen nach Inbetriebnahme des Prüfstands mit dem IGN 02

Referenz: Messung 1 nach 40 min
 Messung 4 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 2 nach 50 min
 Messung 3 nach 90 min

Meßzeit jeweils 45 s

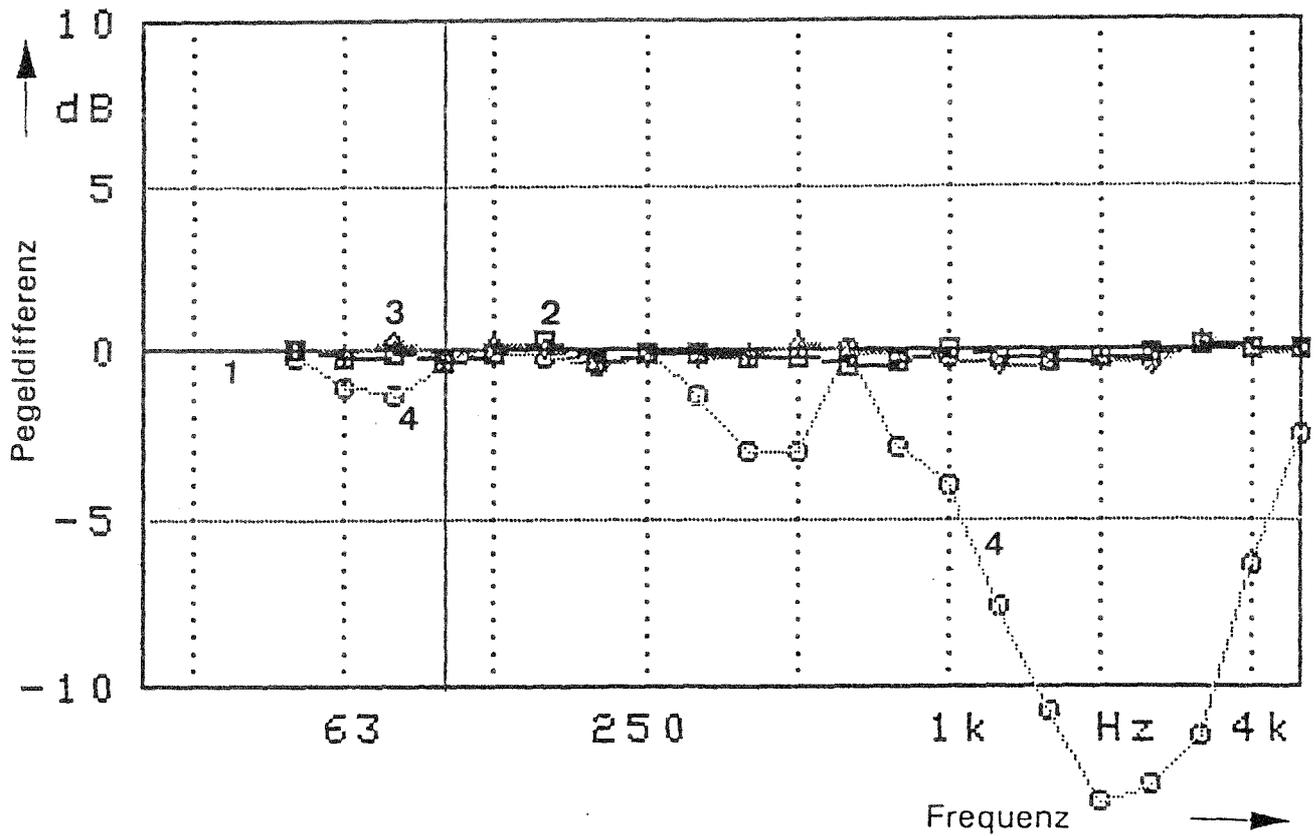


Gesamtpegel 1: 54,0 dB(A)
 " 2: 54,0 dB(A)
 " 3: 57,1 dB(A)
 " 4: 57,4 dB(A)

Bild 6: Erste Messungen nach Inbetriebnahme des Prüfstands mit dem IGN 04

Referenz: Messung 1 unmittelbar nach Montage des IGN
 Messung 2 nach 10 min
 Messung 3 nach 20 min
 Messung 4 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

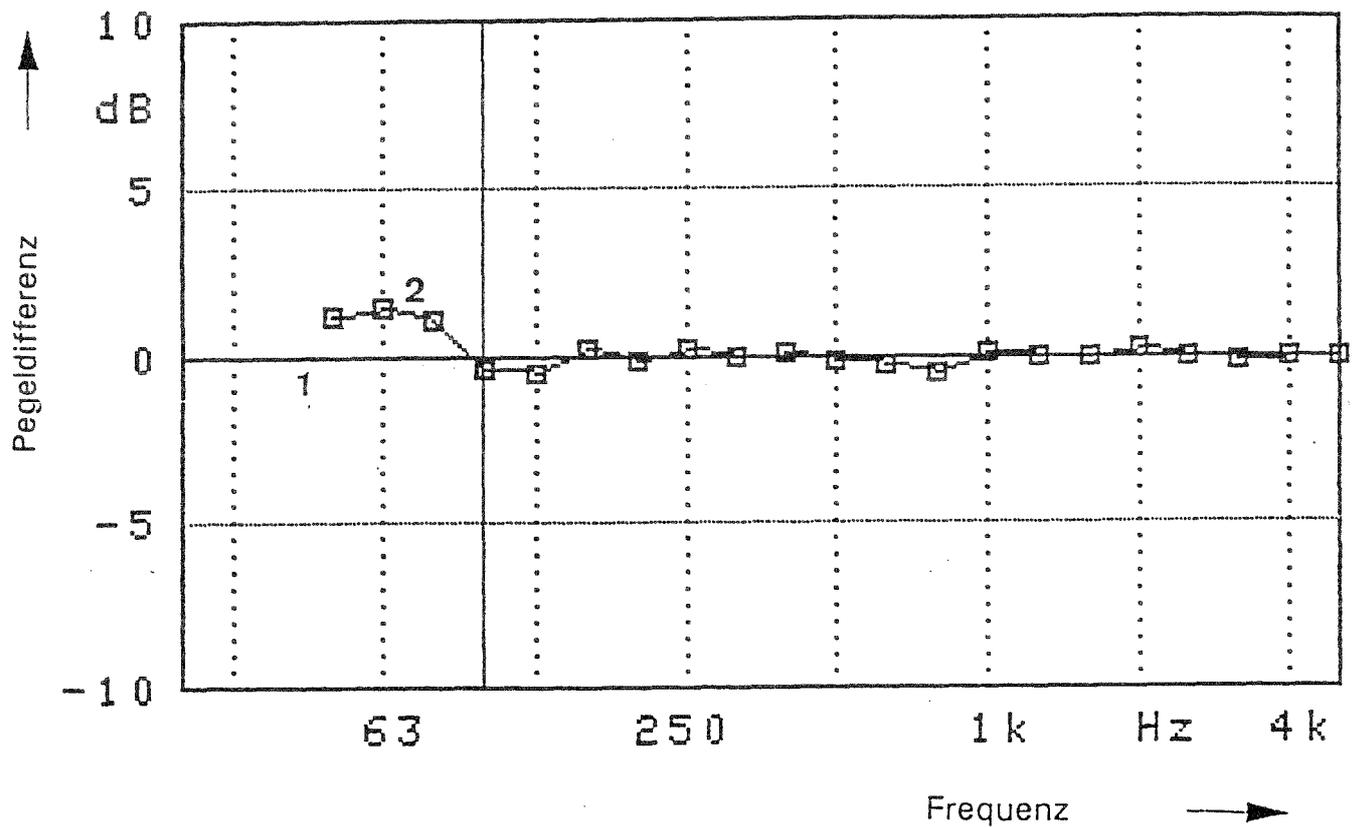


Gesamtpegel 1: 59,5 dB(A)
 " 2: 59,2 dB(A)
 " 3: 59,2 dB(A)
 " 4: 54,0 dB(A)

Bild 7: Erste Messungen nach Inbetriebnahme des Prüfstands mit dem IGN 04

Referenz: Messung 1 nach 60 min
 Messung 4 unmittelbar nach Montage des IGN
 Messung 2 nach 70 min
 Messung 3 nach 90 min

Meßzeit jeweils 45 s

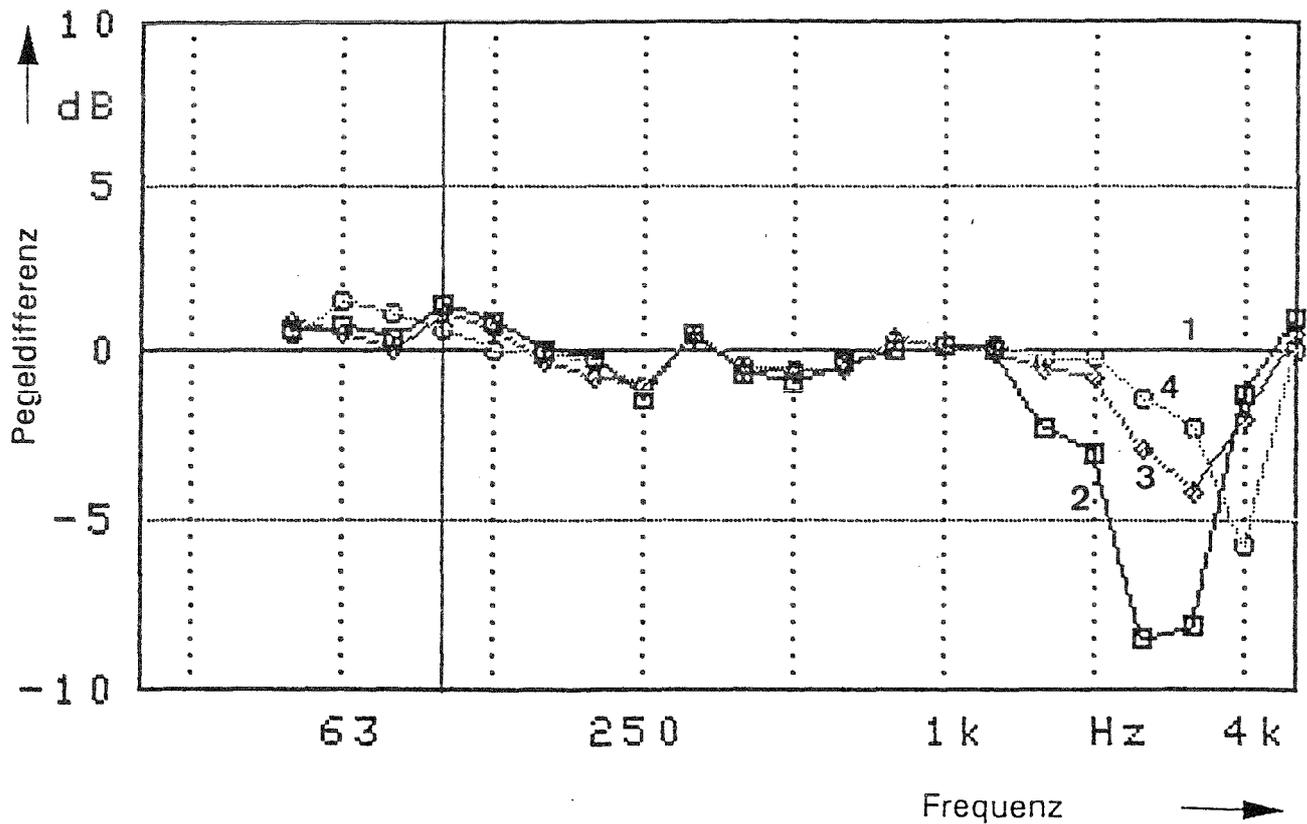


Geamtpegel 1: 59,6 dB(A)
 " 2: 59,8 dB(A)

Bild 8: Vergleich von Messungen aus verschiedenen Meßreihen des IGN 02. Das IGN war zwischen den Messungen vom Prüfstand gelöst. Zeitlicher Abstand der Messungen: 2 Stunden.

Referenz: Messung 1 nach 90 min
 Messung 2 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s



Gesamtpegel	1:	59,3	dB(A)
"	2:	57,9	dB(A)
"	3:	58,7	dB(A)
"	4:	59,1	dB(A)

Bild 9: Messungen nach Ausspülen des IGN 04 mit einem Netzmittel

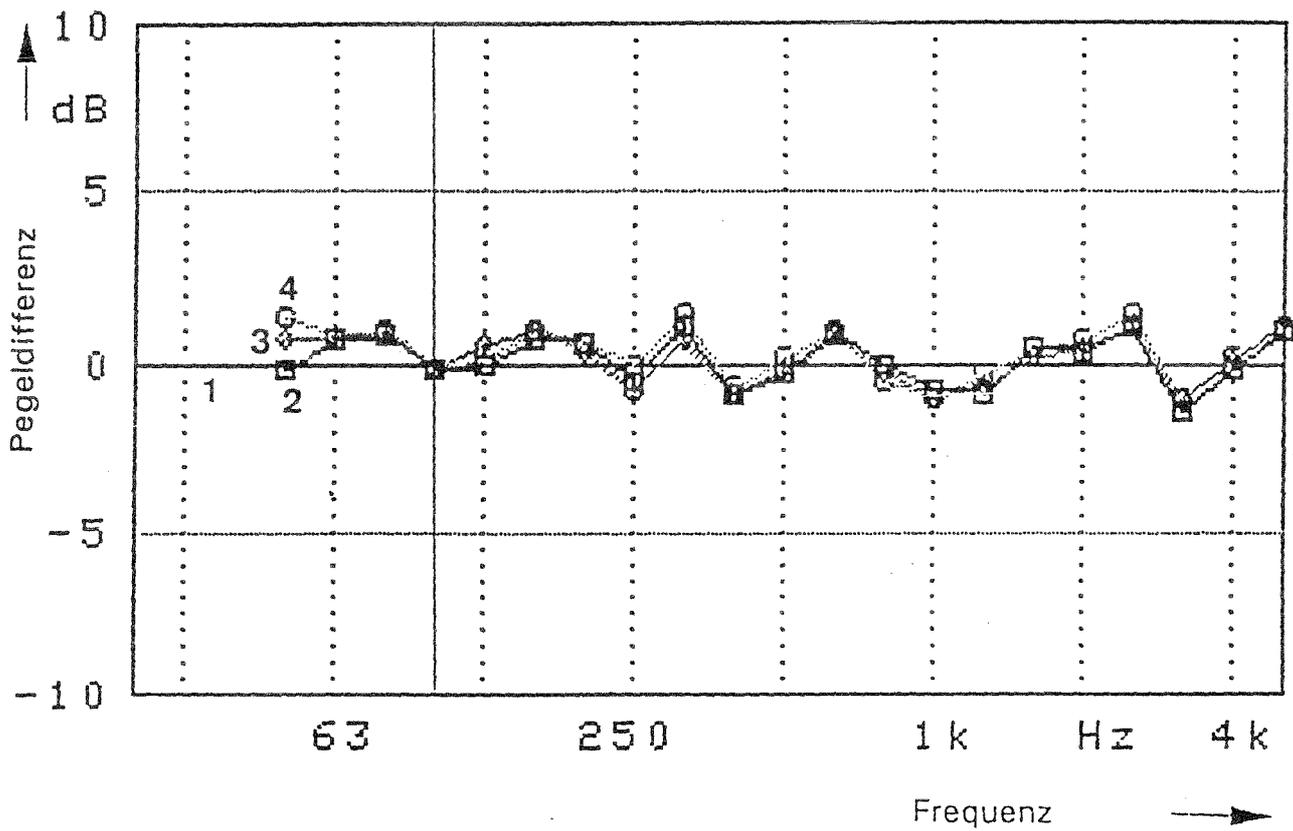
Referenz: Messung 1 ohne Netzmittel nach Abschluß der Einlaufzeit

Messung 2 unmittelbar nach Montage des IGN

Messung 3 nach 10 min

Messung 4 nach 20 min

Meßzeit jeweils 45 s

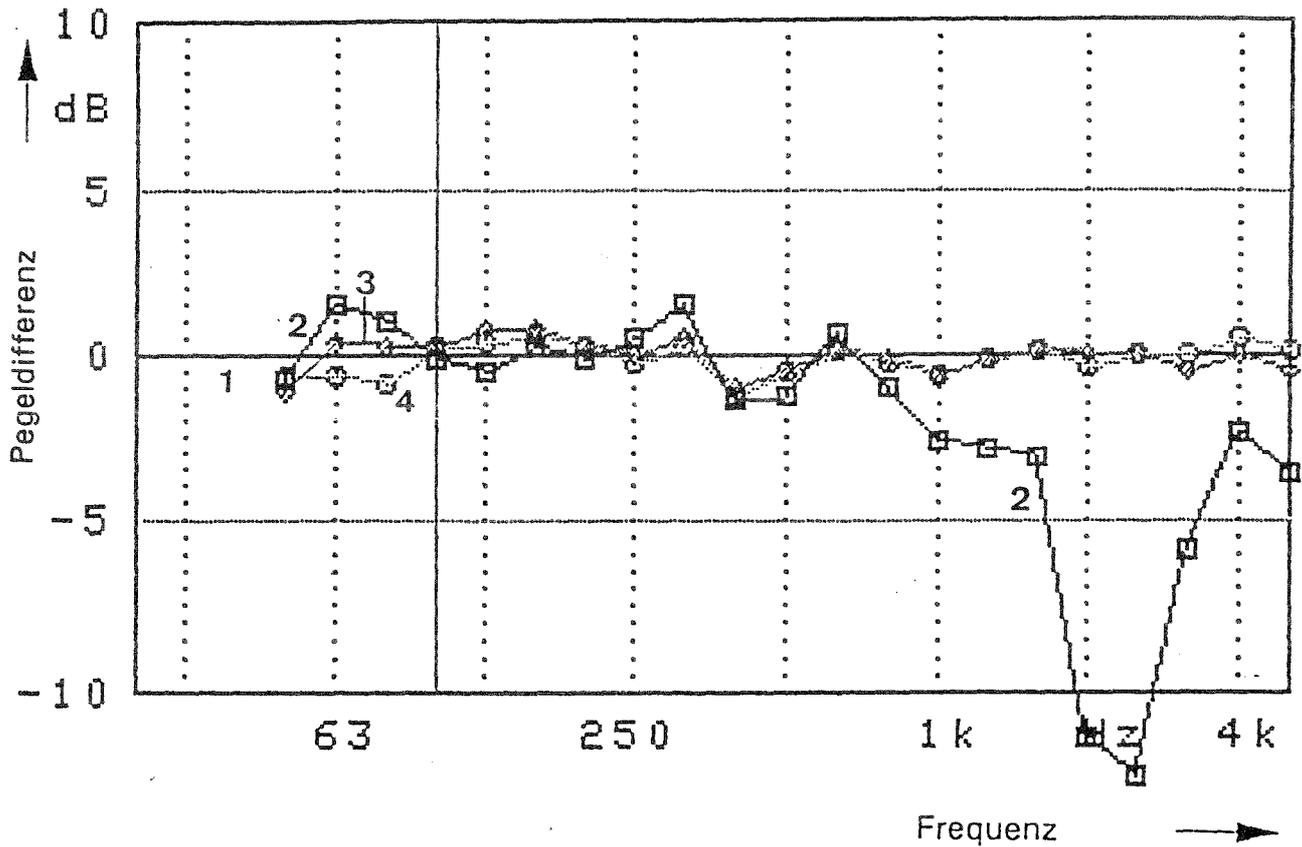


Gesamtpegel	1:	58,0 dB(A)
"	2:	58,0 dB(A)
"	3:	58,0 dB(A)
"	4:	58,1 dB(A)

Bild 10: Ausspülen des IGN 05 in Aceton

Referenz: Messung 1 ohne Behandlung
 Messung 2 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 nach 10 min
 Messung 4 nach 20 min

Meßzeit jeweils 45 s

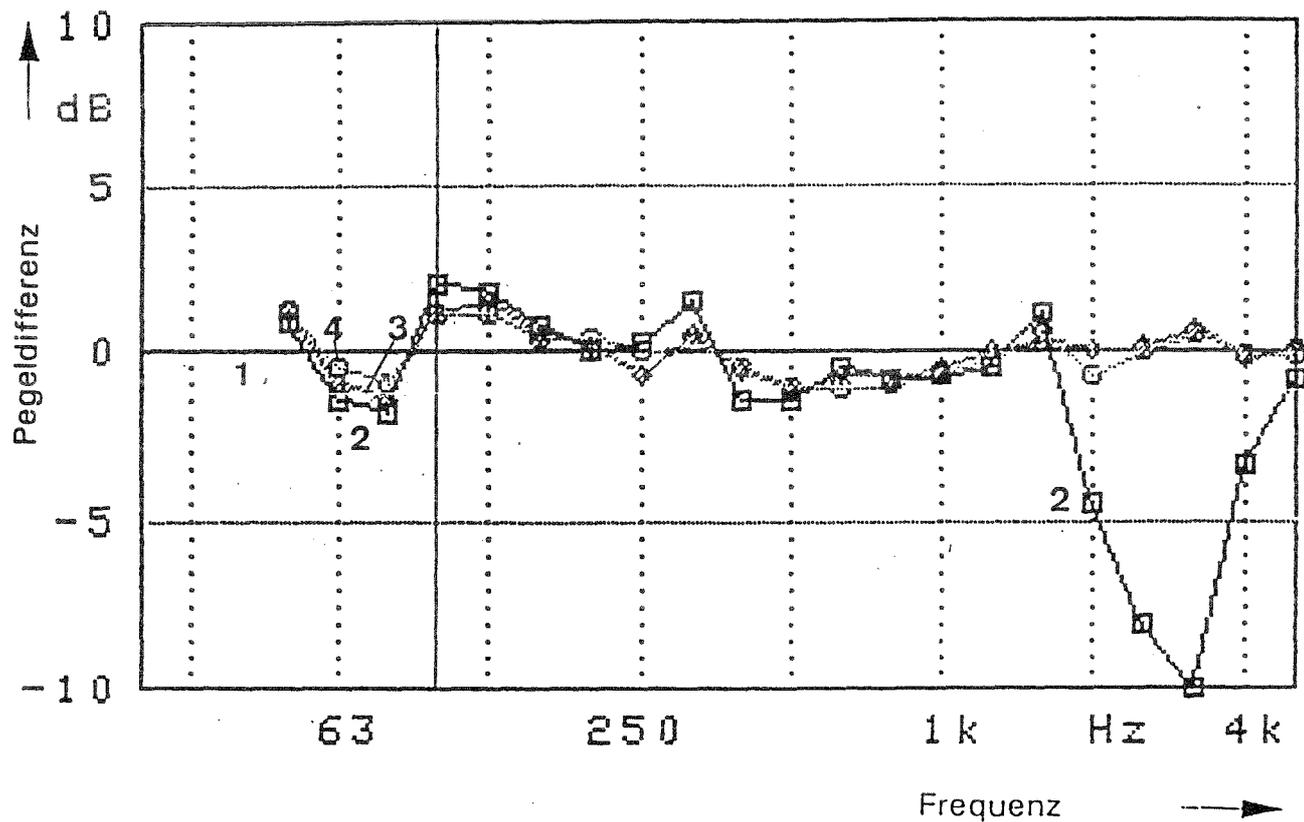


Gesamtpegel	1:	58,0	dB(A)
"	2:	55,7	dB(A)
"	3:	57,9	dB(A)
"	4:	57,9	dB(A)

Bild 11: Einbau des IGN 05 mit Vulkanfiberdichtung

Referenz: Messung 1 ohne Dichtung
 Messung 2 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 nach 20 min
 Messung 4 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

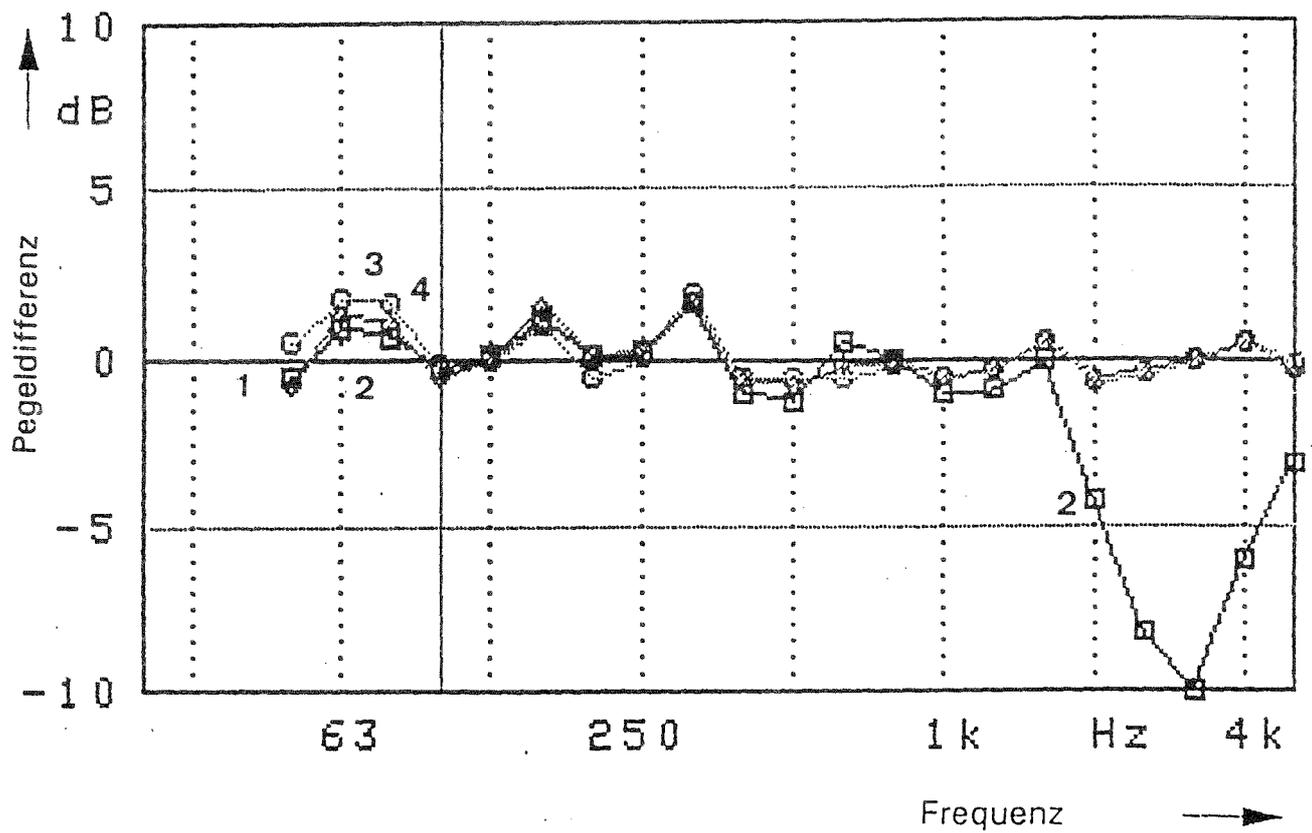


Gesamtpegel 1: 58,2 dB(A)
 " 2: 57,5 dB(A)
 " 3: 58,0 dB(A)
 " 4: 57,9 dB(A)

Bild 12: Einbau des IGN 06 mit Vulkanfiberdichtung

Referenz: Messung 1 ohne Dichtung
 Messung 2 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 nach 20 min
 Messung 4 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

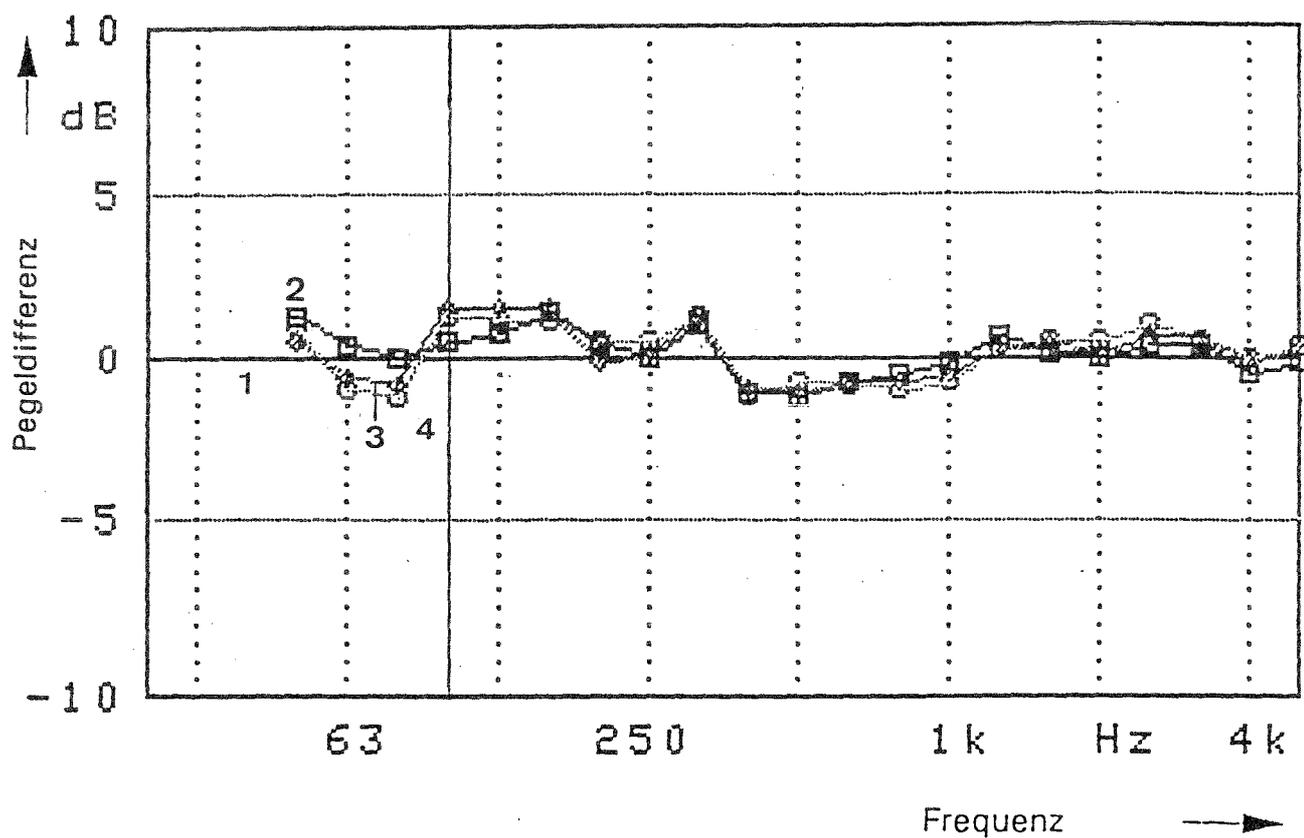


Gesamtpegel 1: 58,0 dB(A)
 " 2: 57,0 dB(A)
 " 3: 58,0 dB(A)
 " 4: 58,0 dB(A)

Bild 13: Einbau des IGN 05 mit Kupferdichtring

Referenz: Messung 1 ohne Dichtung
 Messung 2 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 nach 10 min
 Messung 4 nach 20 min

Meßzeit jeweils 45 s

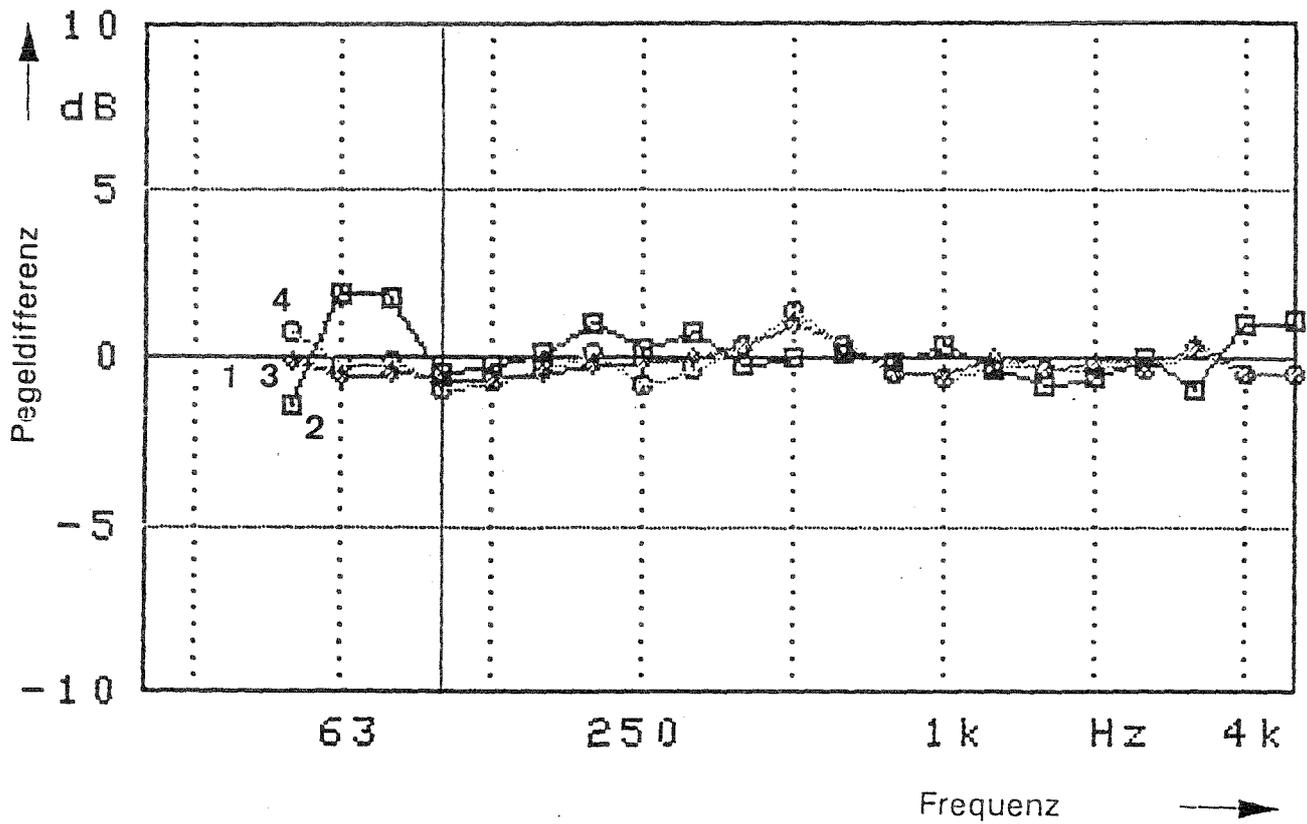


Gesamtpegel 1: 58,2 dB(A)
 " 2: 58,2 dB(A)
 " 3: 58,2 dB(A)
 " 4: 58,2 dB(A)

Bild 14: Einbau des IGN 06 mit Kupferdichtring

Referenz: Messung 1 ohne Dichtung
 Messung 2 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 nach 10 min
 Messung 4 nach 20 min

Meßzeit jeweils 45 s

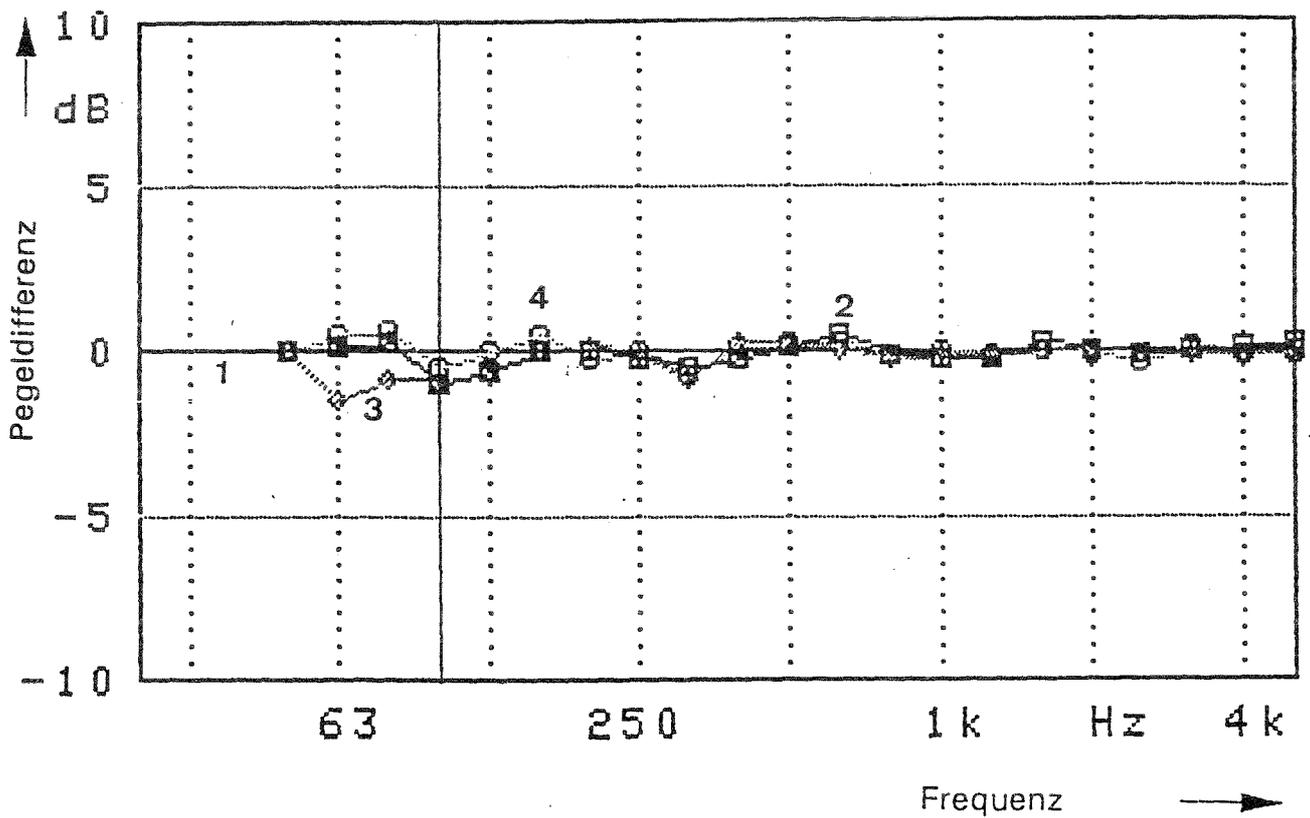


Gesamtpegel	1:	57,3 dB(A)
"	2:	57,1 dB(A)
"	3:	57,2 dB(A)
"	4:	57,1 dB(A)

Bild 15: Messungen an IGN 19 mit von der Norm abweichenden Bohrungsdurchmessern (-1/10 mm)

Referenz: Messung 1 nach 10 min Laufzeit
 Messung 2 unmittelbar nach Montage des IGN
 Messung 3 nach 30 min
 Messung 4 nach 40 min

Meßzeit jeweils 45 s

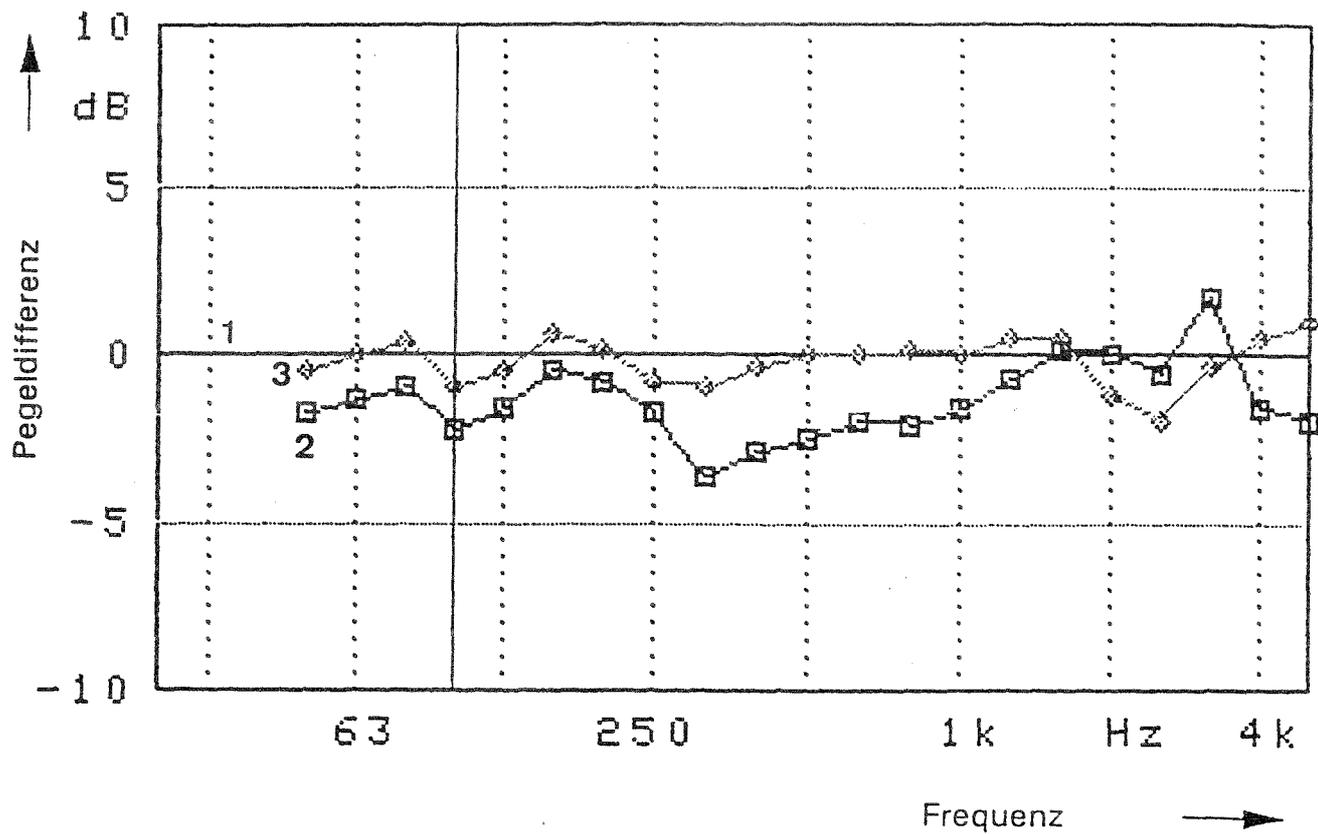


Gesamtpegel	1:	58,3	dB(A)
"	2:	58,2	dB(A)
"	3:	58,2	dB(A)
"	4:	58,2	dB(A)

Bild 16: Messungen an IGN 20 mit von der Norm abweichenden Bohrungsdurchmessern (+1/10 mm)

Referenz: Messung 1 nach 10 min Laufzeit
 Messung 2 unmittelbar nach Montage des IGN
 Messung 3 nach 30 min
 Messung 4 nach 40 min

Meßzeit jeweils 45 s

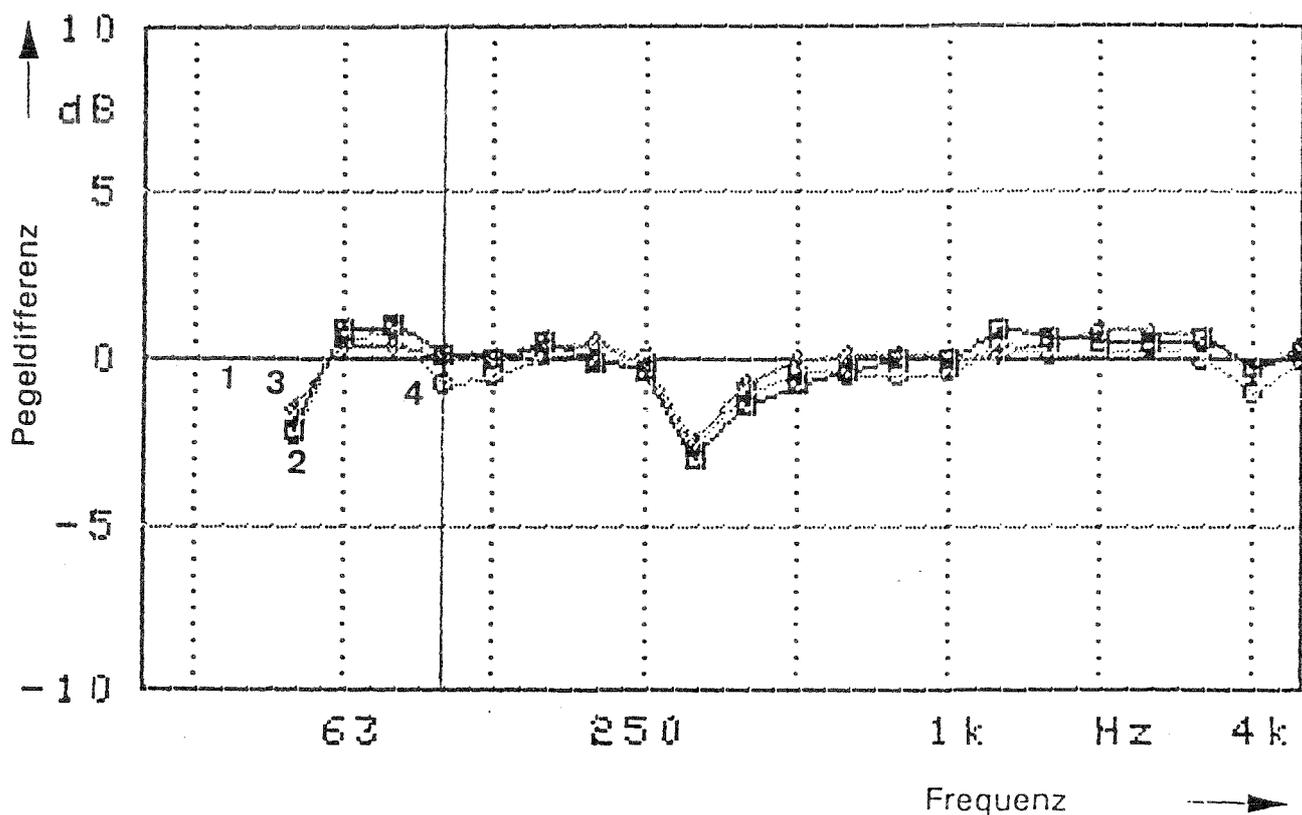


Gesamtpegel 1: 58,1 dB(A)
 " 2: 57,2 dB(A)
 " 3: 58,2 dB(A)

Bild 17: Vergleich von IGN mit normgerechten Bohrungen und abweichenden Bohrungsdurchmessern. Mittelwertbildung der Meßwerte über drei Messungen.

Referenz: Messung 1, IGN 11 mit normgerechten Bohrungen
 Messung 2, IGN 19 mit abweichenden Bohrungsdurchmessern (-1/10 mm)
 Messung 3, IGN 20 mit abweichenden Bohrungsdurchmessern (+1/10 mm)

Meßzeit jeweils 45 s

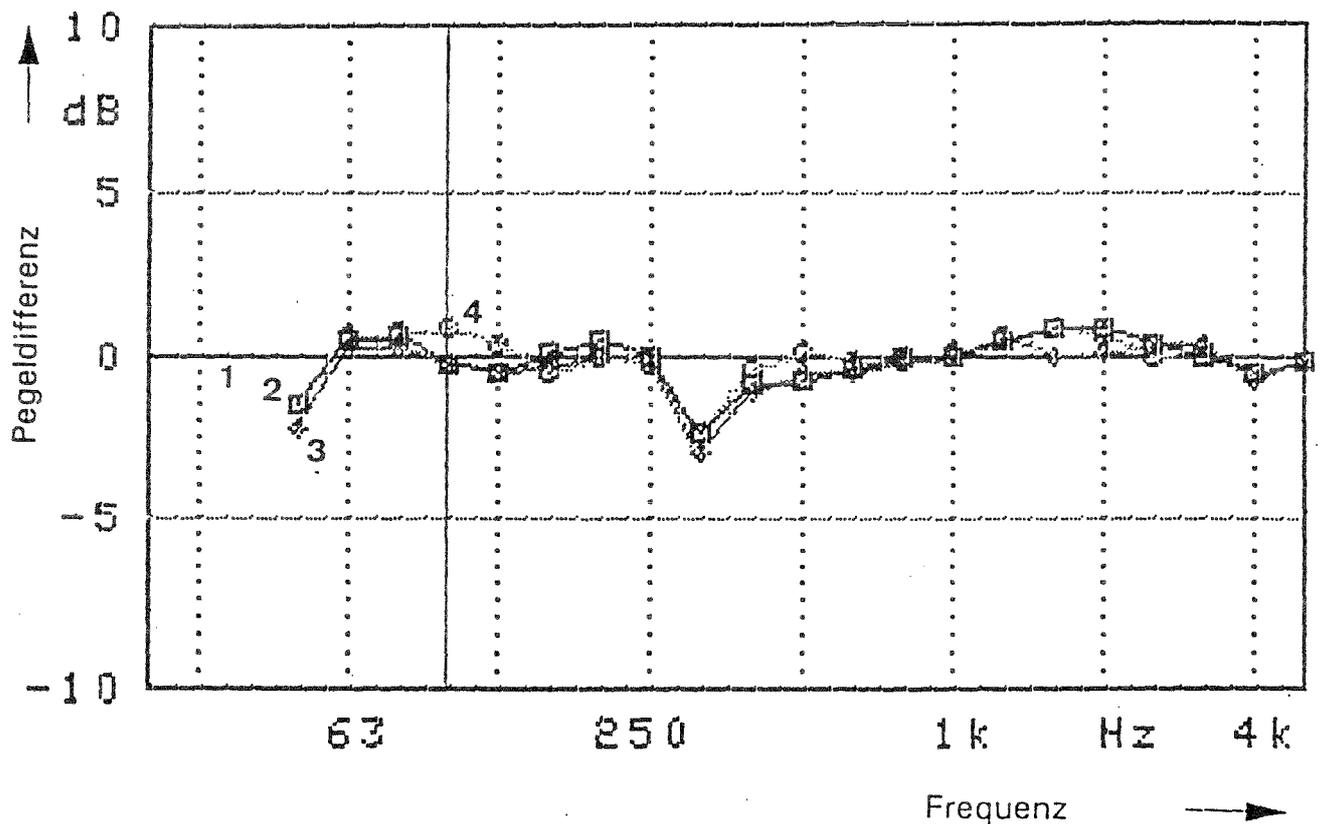


Gesamtpegel	1:	58,3	dB(A)
"	2:	58,5	dB(A)
"	3:	58,6	dB(A)
"	4:	58,2	dB(A)

Bild 18: Dauerversuch mit IGN 11, das nach jeder Meßreihe vom Prüfstand abgenommen wurde

Referenz: Messung 1 vom 22.2.91, Einlaufzeit 20 min
 Messung 2 vom 4.3.91 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 vom 4.3.91 nach 10 min
 Messung 4 vom 4.3.91 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

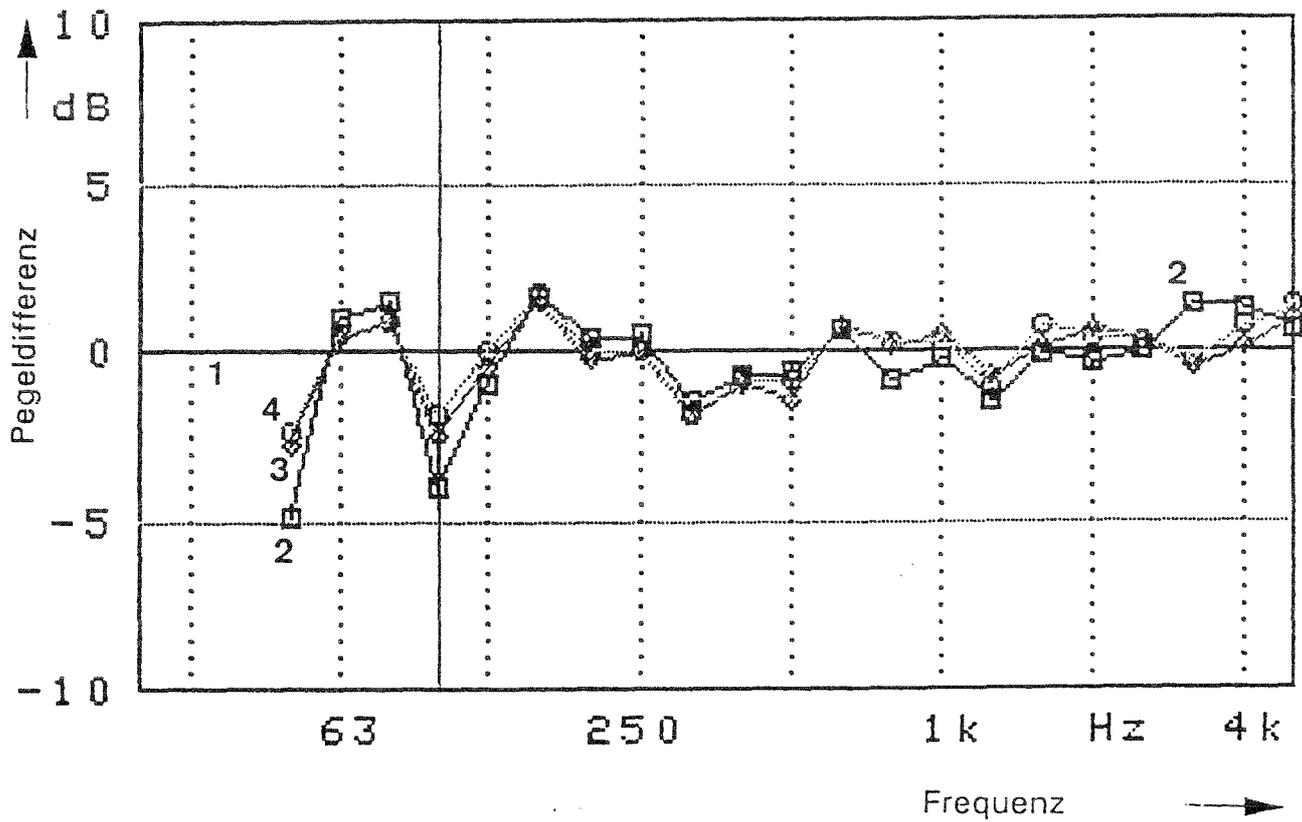


Gesamtpegel	1:	58,3	dB(A)
"	2:	58,5	dB(A)
"	3:	58,3	dB(A)
"	4:	58,6	dB(A)

Bild 19: Dauerversuch mit IGN 11, das nach jeder Meßreihe vom Prüfstand abgenommen wurde. Es liegt die gleiche Referenz wie in Bild 18 zu Grunde. Der zeitliche Abstand der darauf bezogenen Messungen beträgt eine Stunde.

Referenz: Messung 1 vom 22.2.91, Einlaufzeit 20 min
 Messung 2 vom 4.3.91 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 vom 4.3.91 nach 10 min
 Messung 4 vom 4.3.91 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

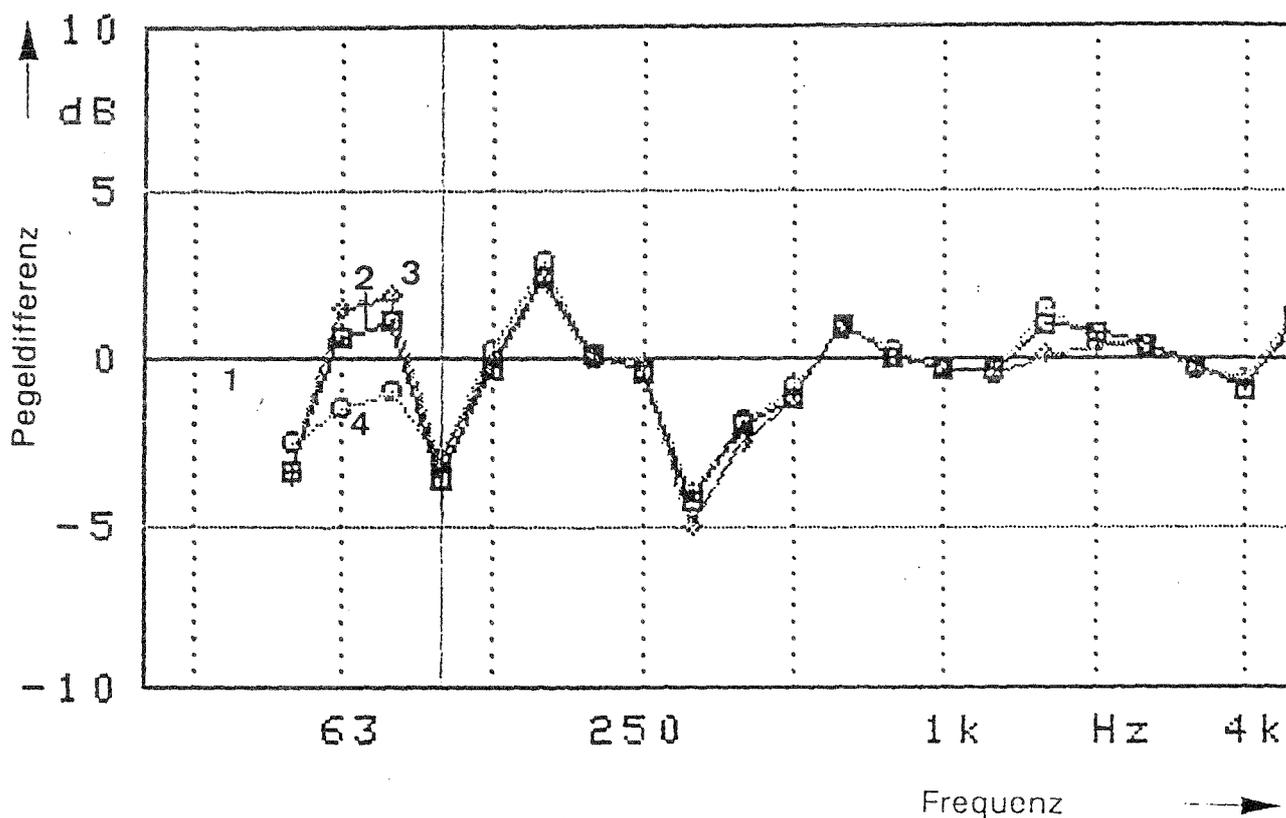


Gesamtpegel	1:	58,3	dB(A)
"	2:	57,9	dB(A)
"	3:	58,3	dB(A)
"	4:	58,4	dB(A)

Bild 20: Aufbewahrung des IGN 11 in destilliertem Wasser nach Abnahme vom Prüfstand

Referenz: Messung 1 vom 22.2.91, Einlaufzeit 20 min
 Messung 2 vom 11.3.91 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 3 vom 11.3.91 nach 10 min
 Messung 4 vom 11.3.91 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

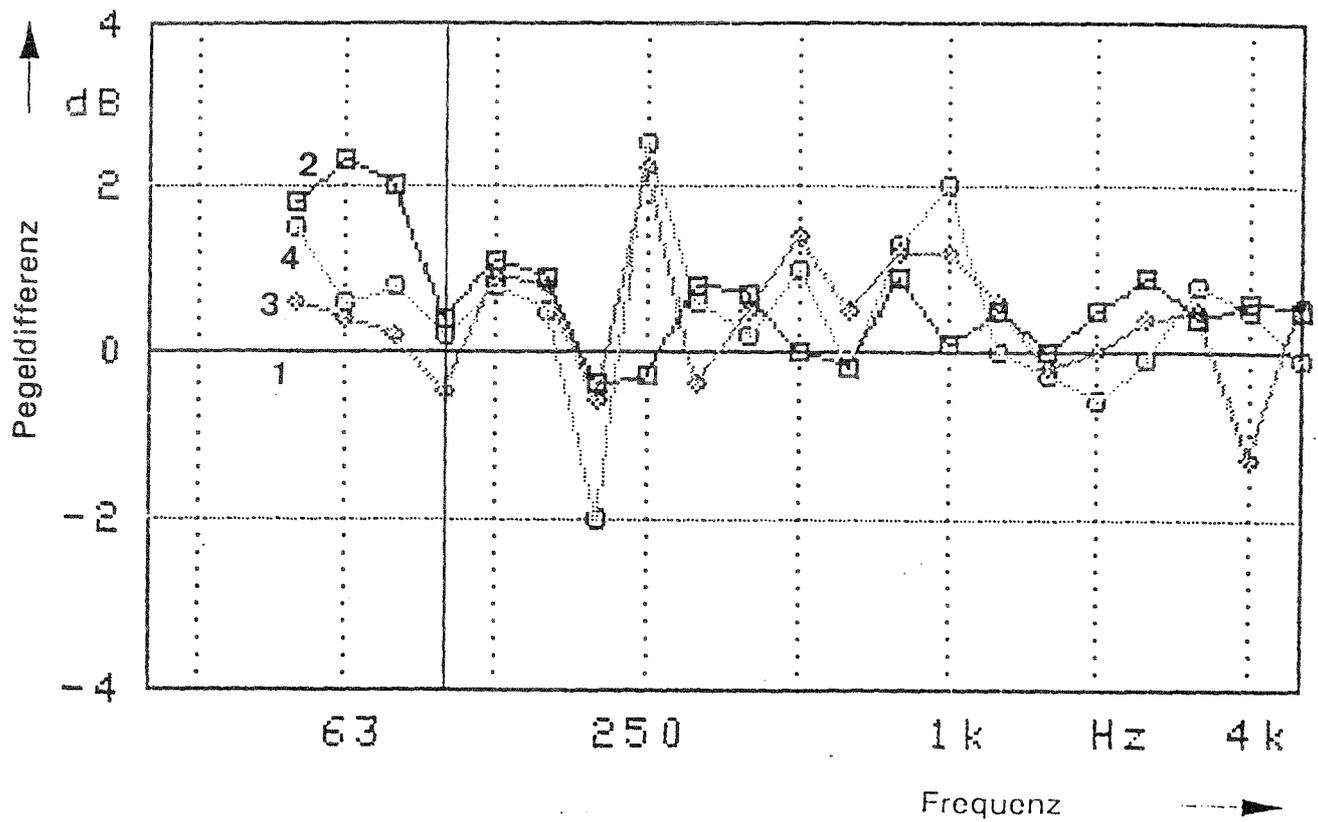


Gesamtpegel 1: 58,3 dB(A)
 " 2: 57,3 dB(A)
 " 3: 58,1 dB(A)
 " 4: 58,4 dB(A)

Bild 21: Aufbewahrung des IGN 11 in destilliertem Wasser nach Abnahme vom Prüfstand

Referenz: Messung 1 vom 22.2.91, Einlaufzeit 20 min
 Messung 2 vom 20.3.91 nach 10 min
 Messung 3 vom 20.3.91 unmittelbar nach Anschluß des IGN
 Messung 4 vom 20.3.91 nach 30 min

Meßzeit jeweils 45 s

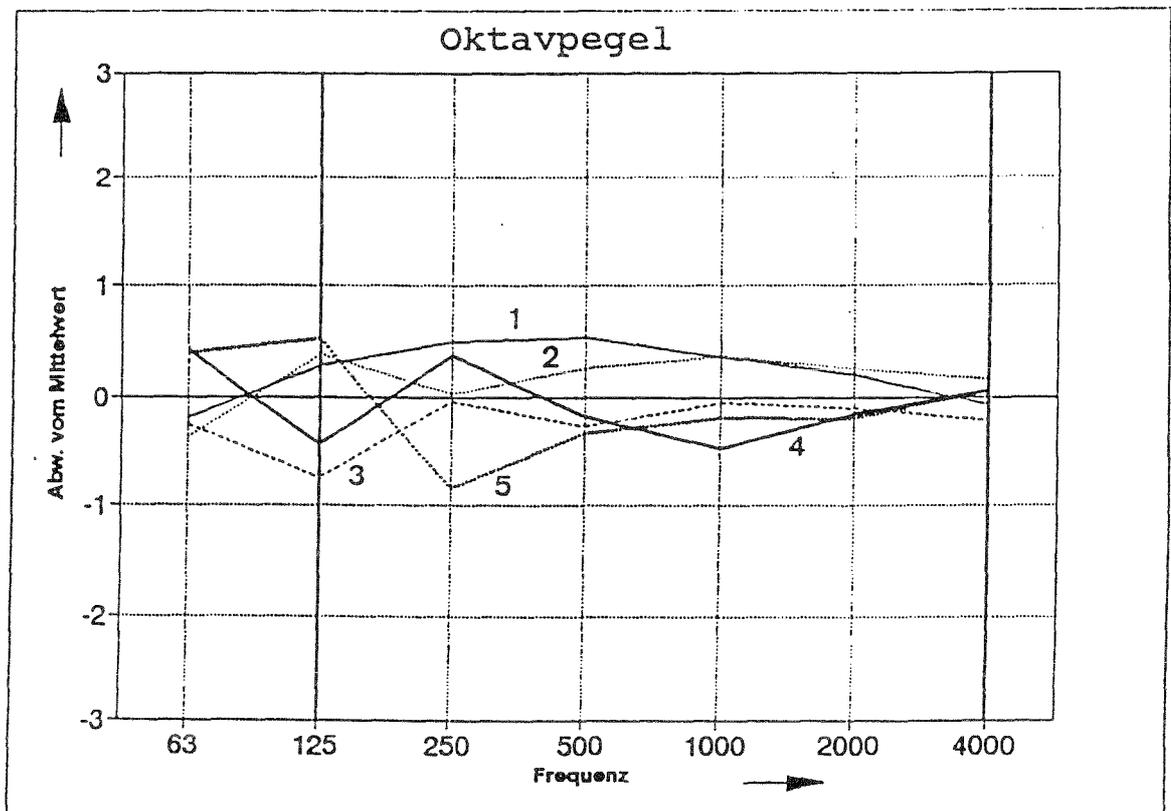
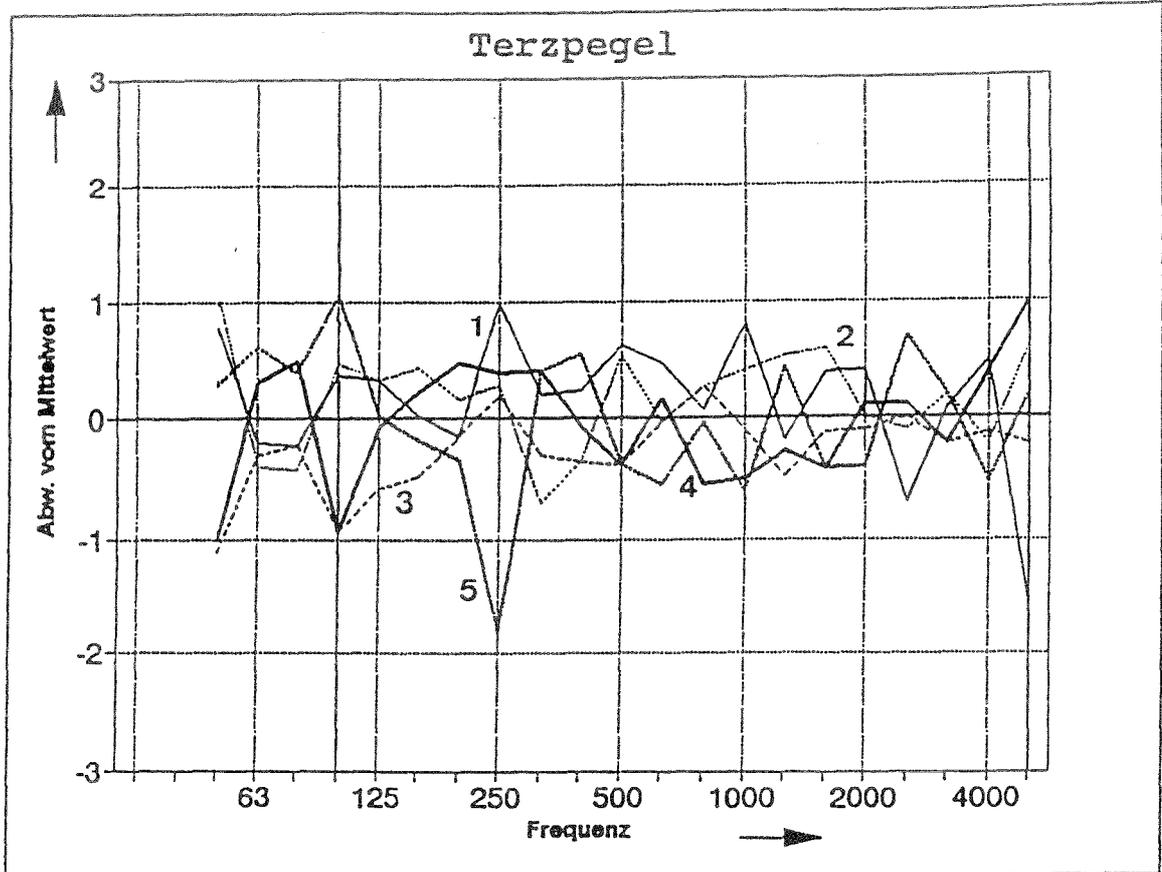


Gesamtpegel 1: 57,9 dB(A)
 " 2: 58,2 dB(A)
 " 3: 58,5 dB(A)
 " 4: 58,4 dB(A)

Bild 22: Aufbewahrung des IGN 11 in destilliertem Wasser nach Abnahme vom Prüfstand

Referenz: Messung 1 vom 5.4.91
 Messung 2 vom 27.3.91
 Messung 3 vom 22.3.91
 Messung 4 vom 15.3.91

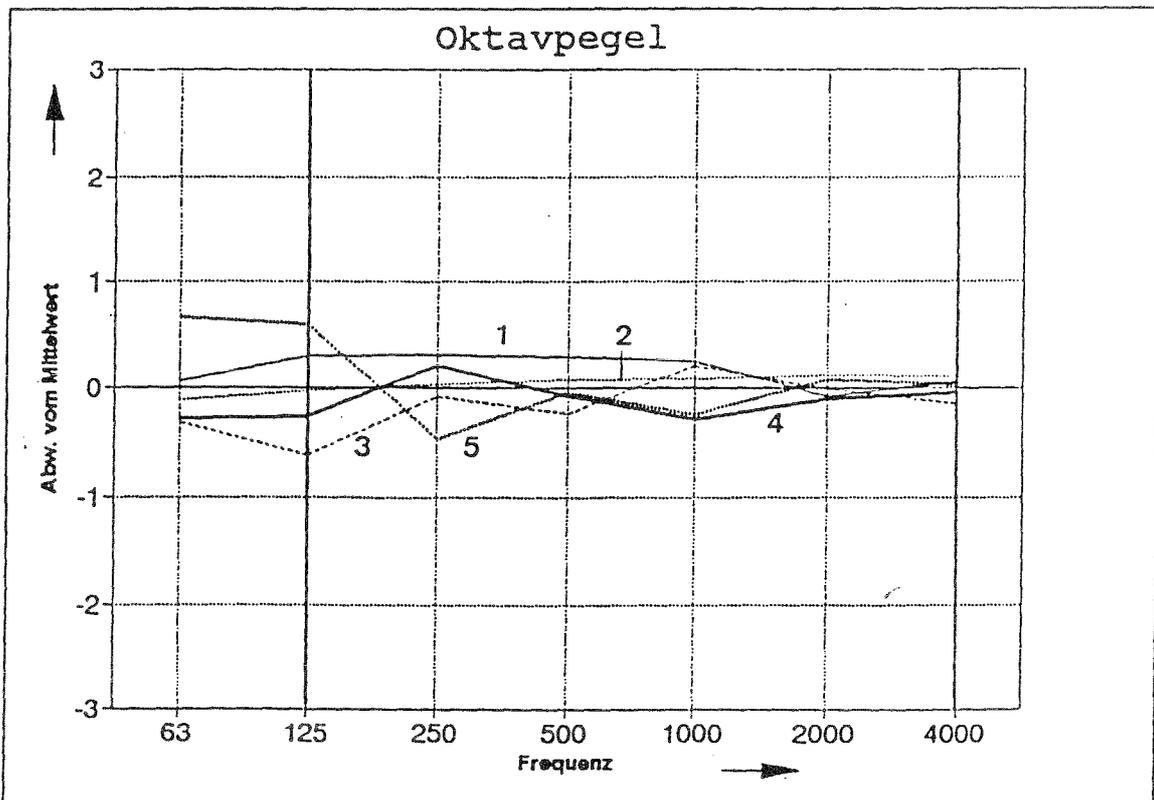
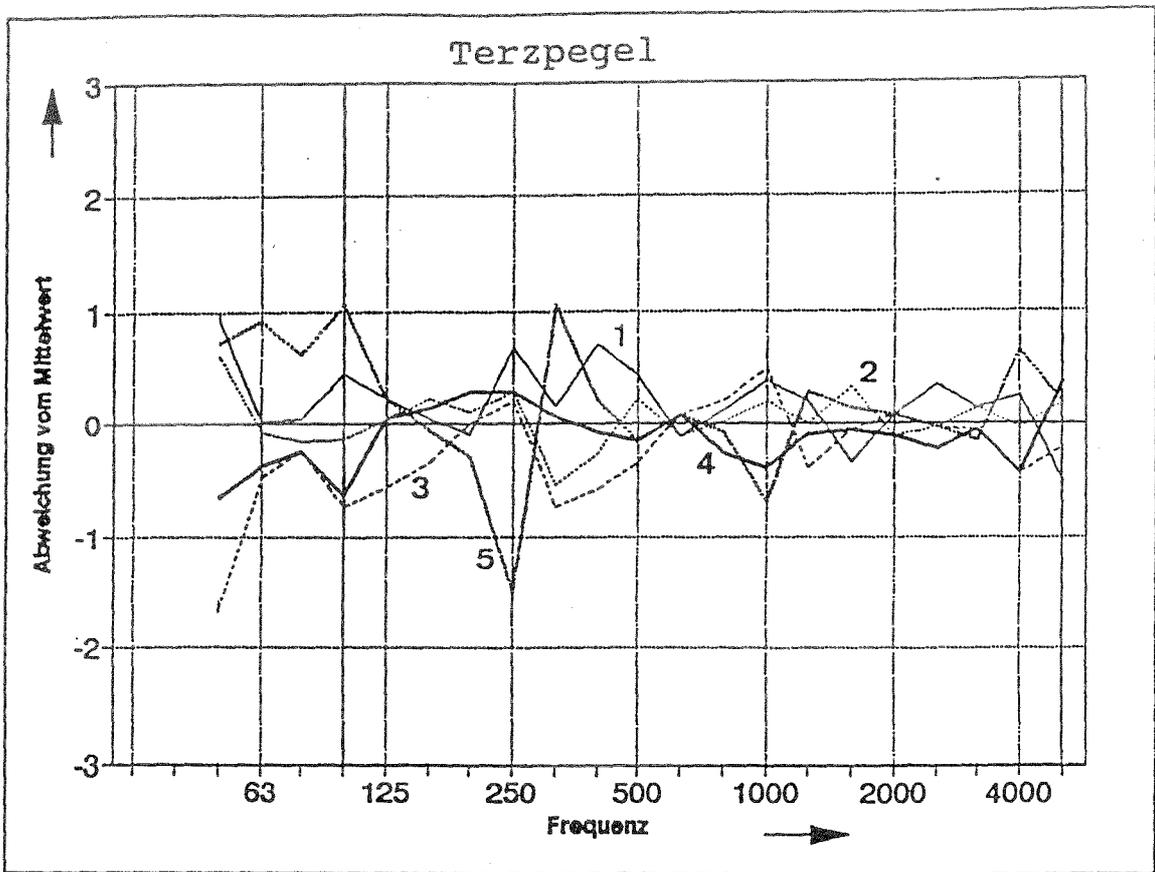
Meßzeit jeweils 45 s



Gesamtpegel	1:	58,4	dB(A)
"	2:	58,4	dB(A)
"	3:	58,0	dB(A)
"	4:	57,9	dB(A)
"	5:	57,9	dB(A)

Bild 23: Abweichungen vom Mittelwert aus fünf Messungen mit
IGN 12

Meßzeit jeweils 5 min 15 s



Gesamtpegel	1:	58,4	dB(A)
"	2:	58,3	dB(A)
"	3:	58,2	dB(A)
"	4:	58,1	dB(A)
"	5:	58,4	dB(A)

Bild 24: Abweichungen vom Mittelwert aus fünf Messungen mit
IGN 12

Meßzeit jeweils 21 min

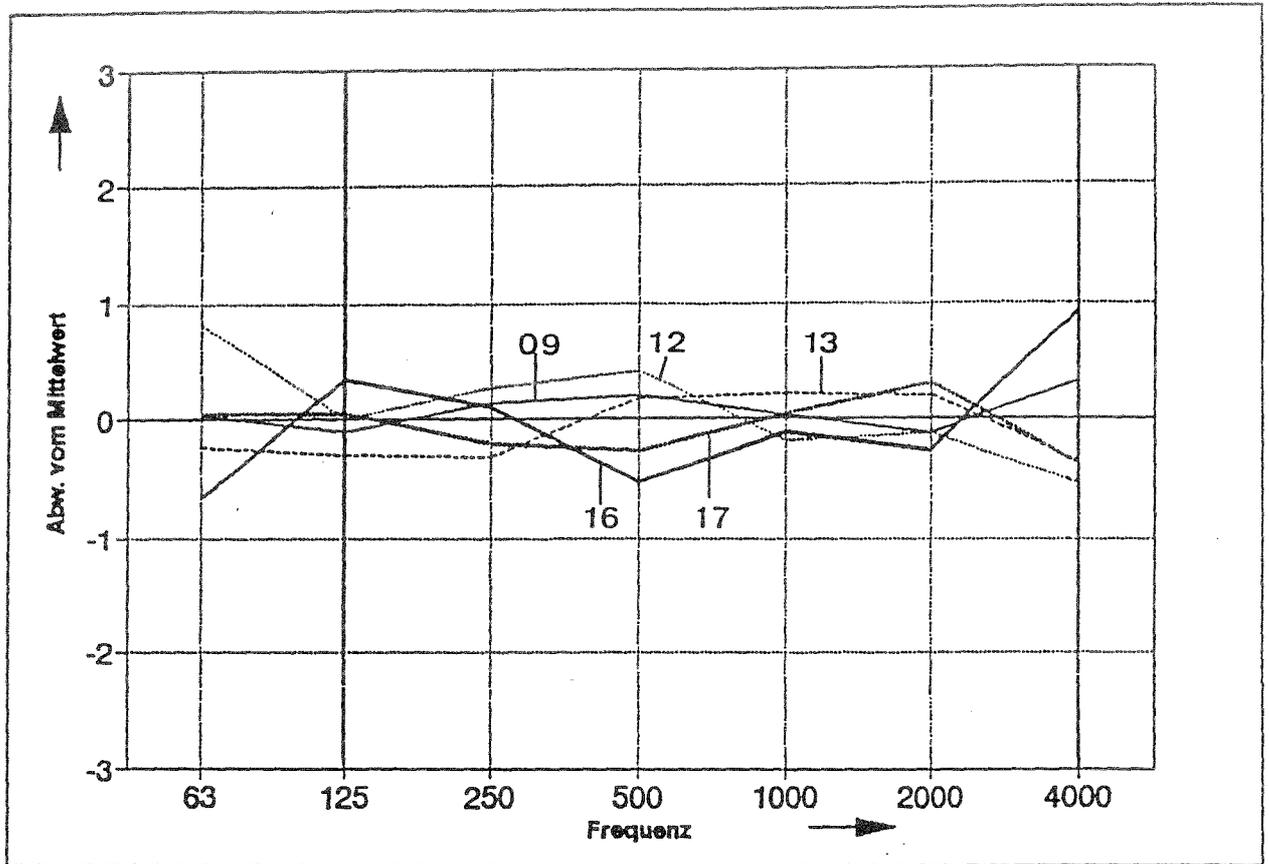


Bild 25: Abweichungen vom Mittelwert aus Messungen an fünf IGN

Meßzeit jeweils 5 min 15 s

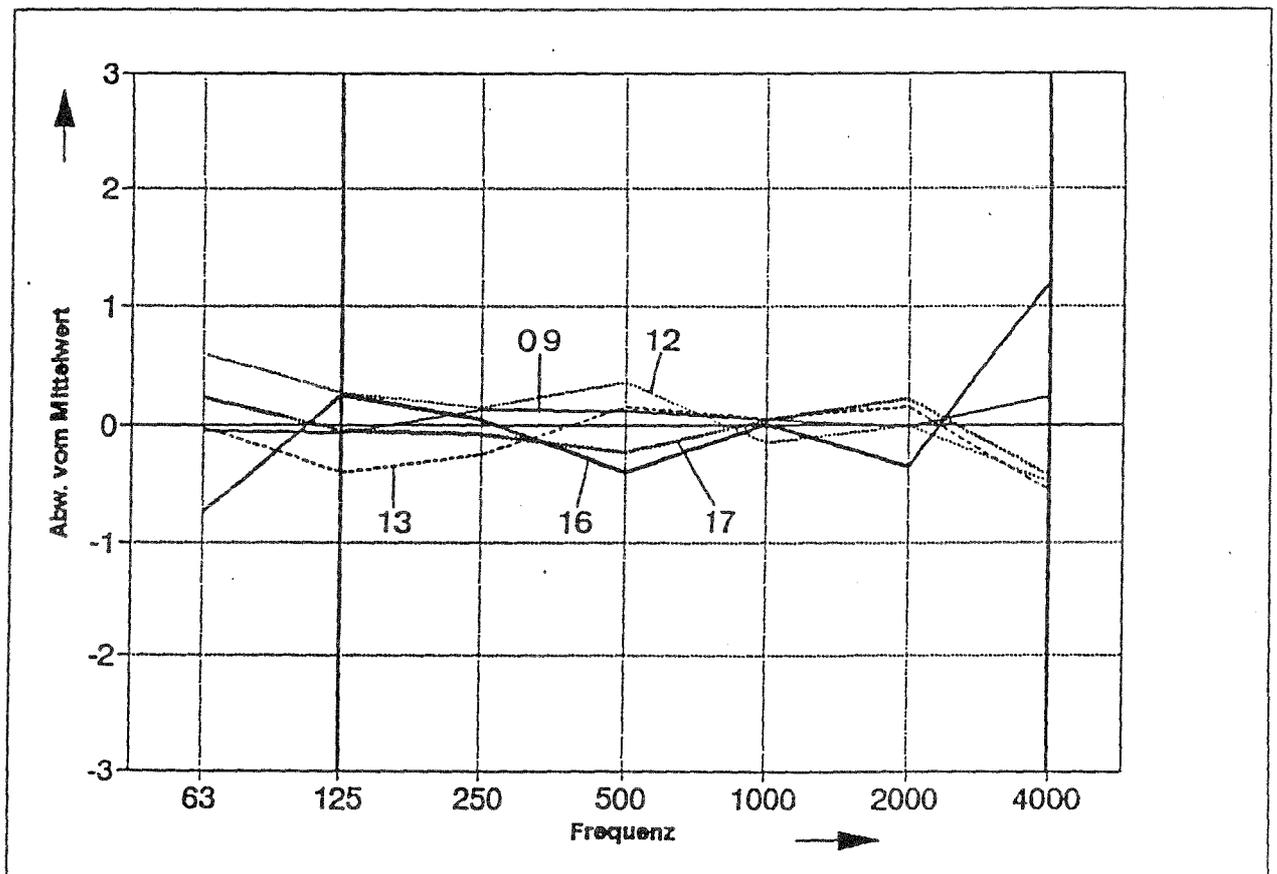
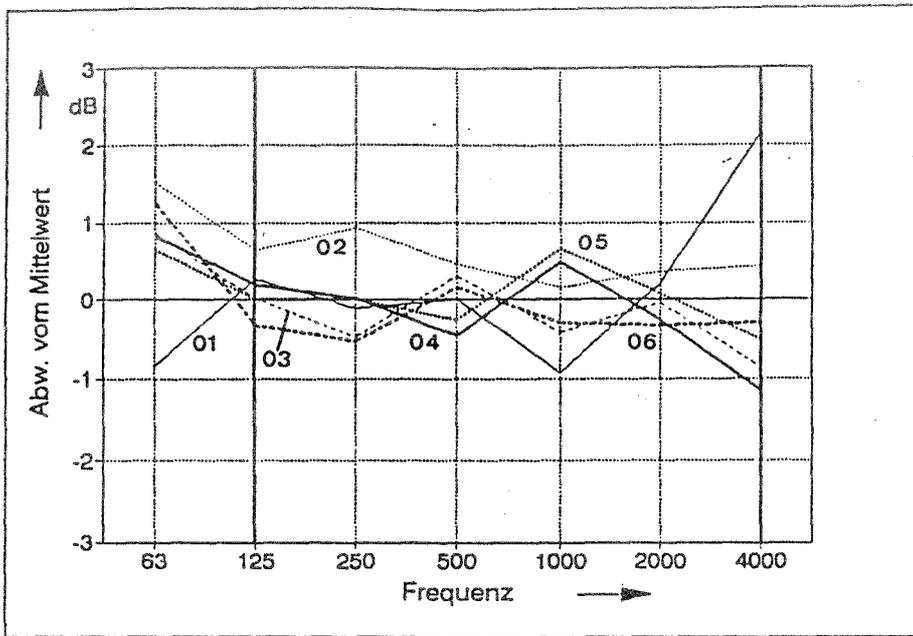
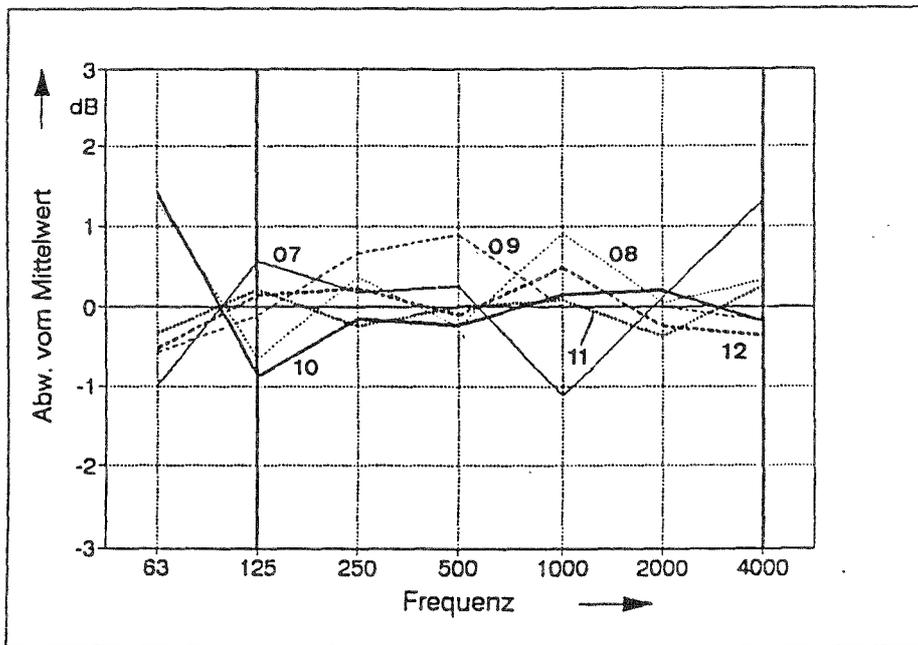


Bild 26: Abweichungen vom Mittelwert aus Messungen an fünf IGN

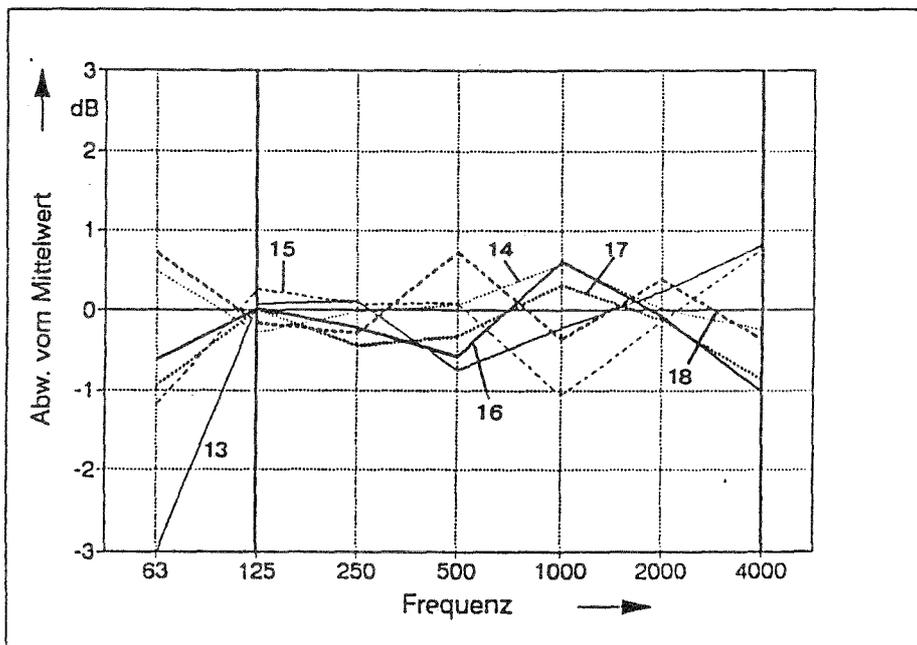
Meßzeit jeweils 21 min



IGN 01: 57,4 dB(A)
 IGN 02: 57,9 dB(A)
 IGN 03: 57,4 dB(A)
 IGN 04: 57,7 dB(A)
 IGN 05: 57,9 dB(A)
 IGN 06: 57,4 dB(A)



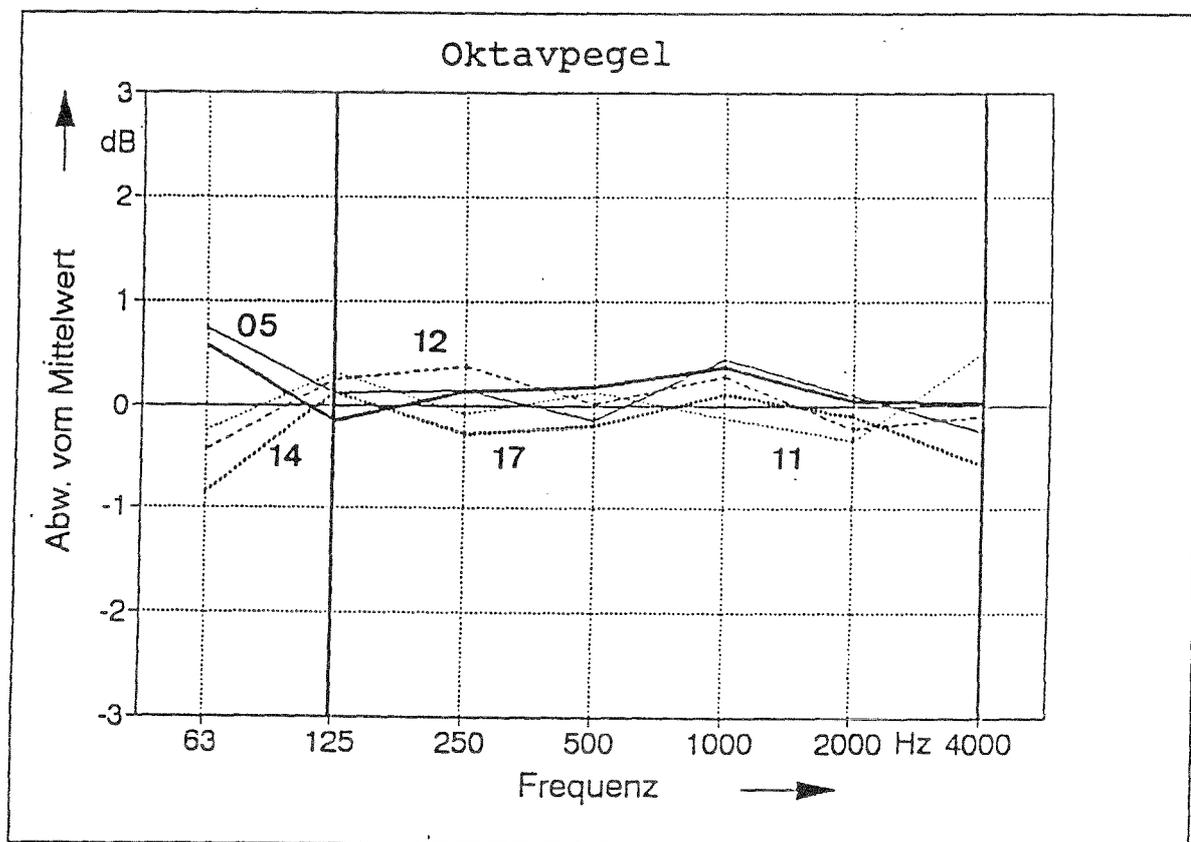
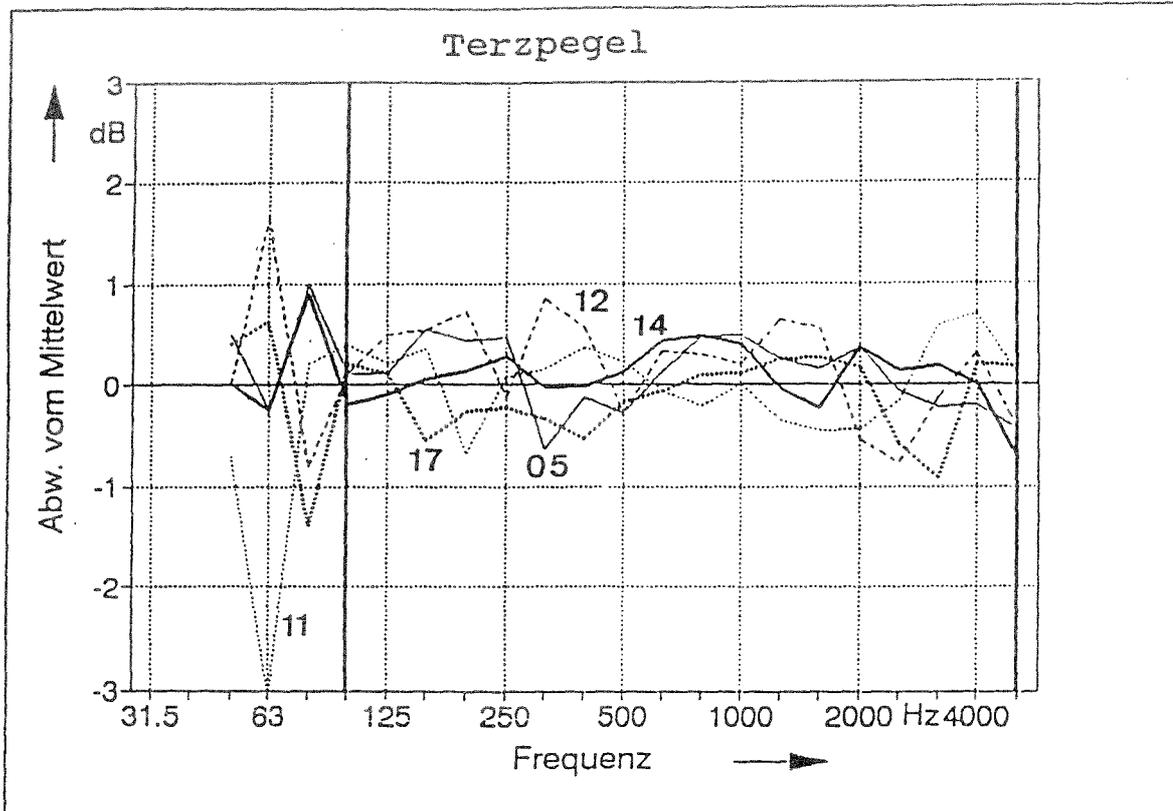
IGN 07: 57,3 dB(A)
 IGN 08: 58,1 dB(A)
 IGN 09: 57,8 dB(A)
 IGN 10: 57,7 dB(A)
 IGN 11: 57,6 dB(A)
 IGN 12: 57,8 dB(A)



IGN 13: 57,6 dB(A)
 IGN 14: 57,9 dB(A)
 IGN 15: 57,2 dB(A)
 IGN 16: 57,8 dB(A)
 IGN 17: 57,7 dB(A)
 IGN 18: 57,6 dB(A)

Bild 27: Abschließende Messungen an 18 IGN. Abweichungen vom Gesamtmittelwert.

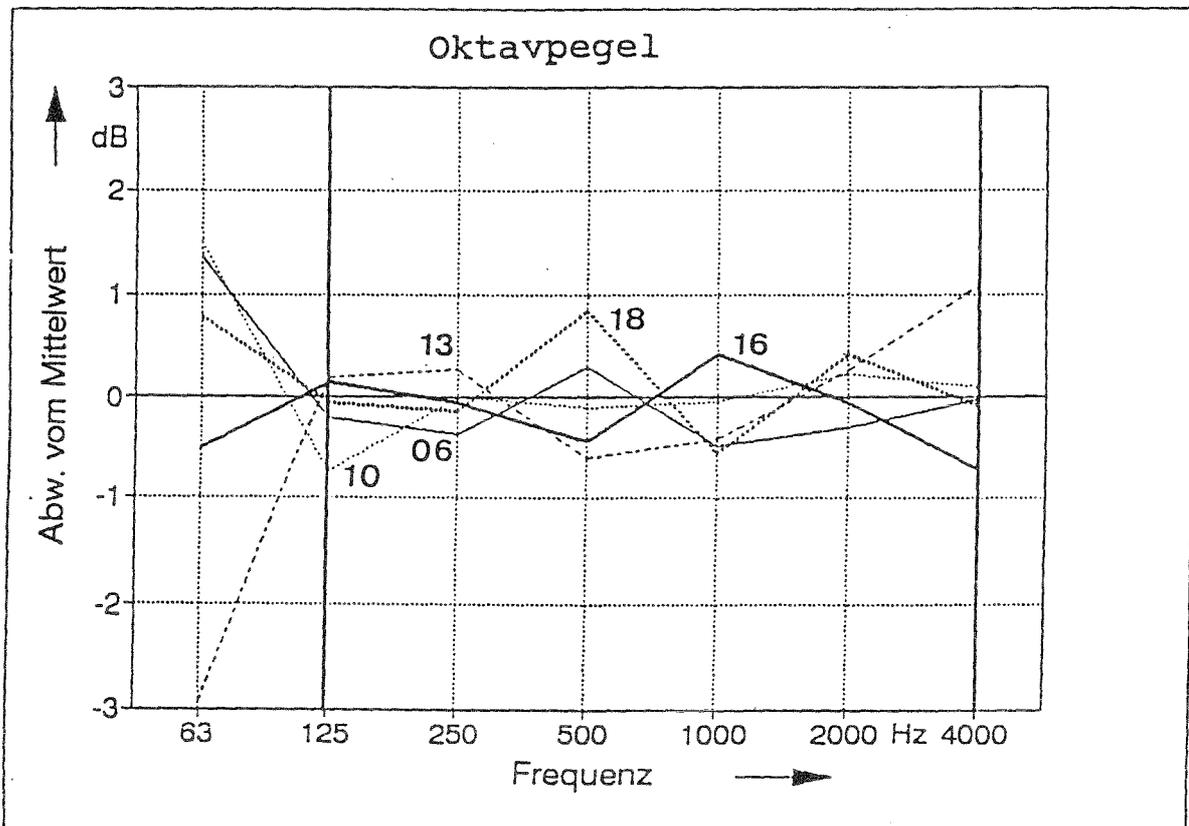
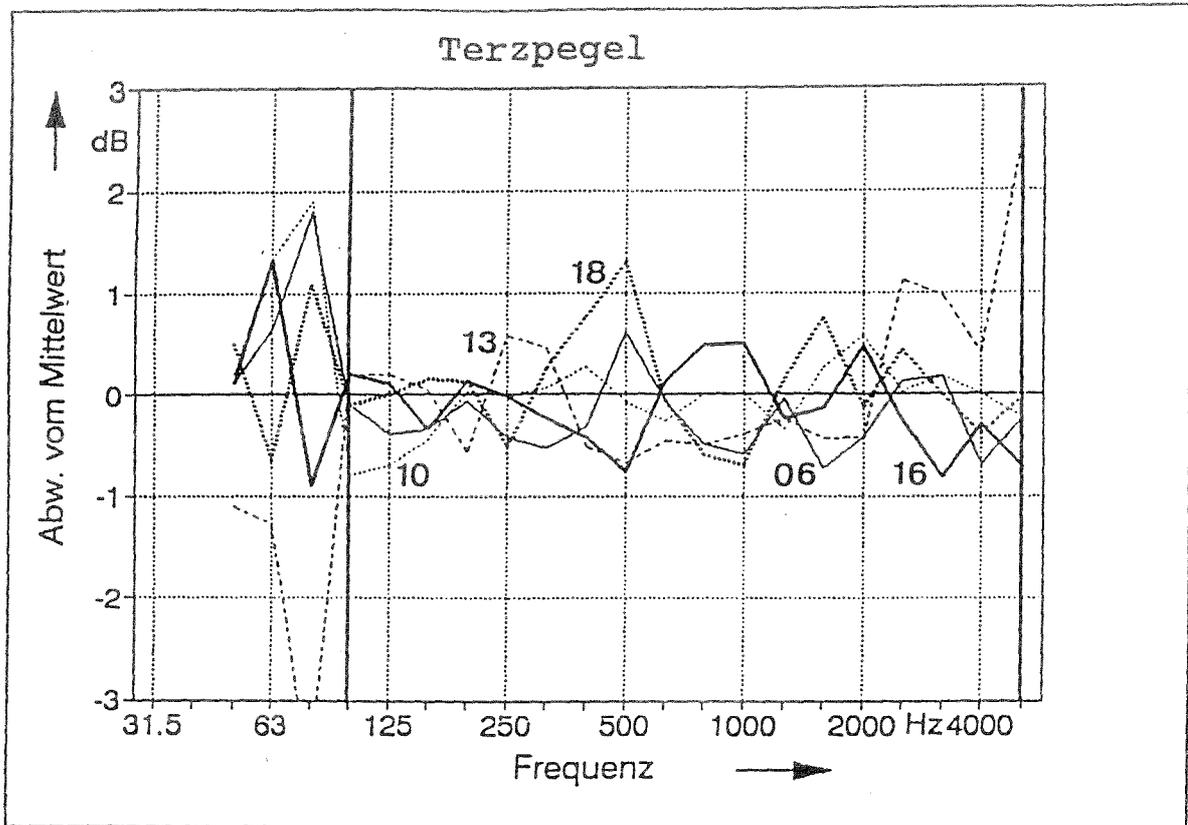
Meßzeit jeweils 15 min



Gesamtpegel	IGN 05:	57,9	dB(A)
"	IGN 11:	57,6	dB(A)
"	IGN 12:	57,8	dB(A)
"	IGN 14:	57,9	dB(A)
"	IGN 17:	57,7	dB(A)

Bild 28: IGN-Meßgruppe 1, minimale Abweichungen vom Gesamtmittelwert aus Messungen an 14 IGN

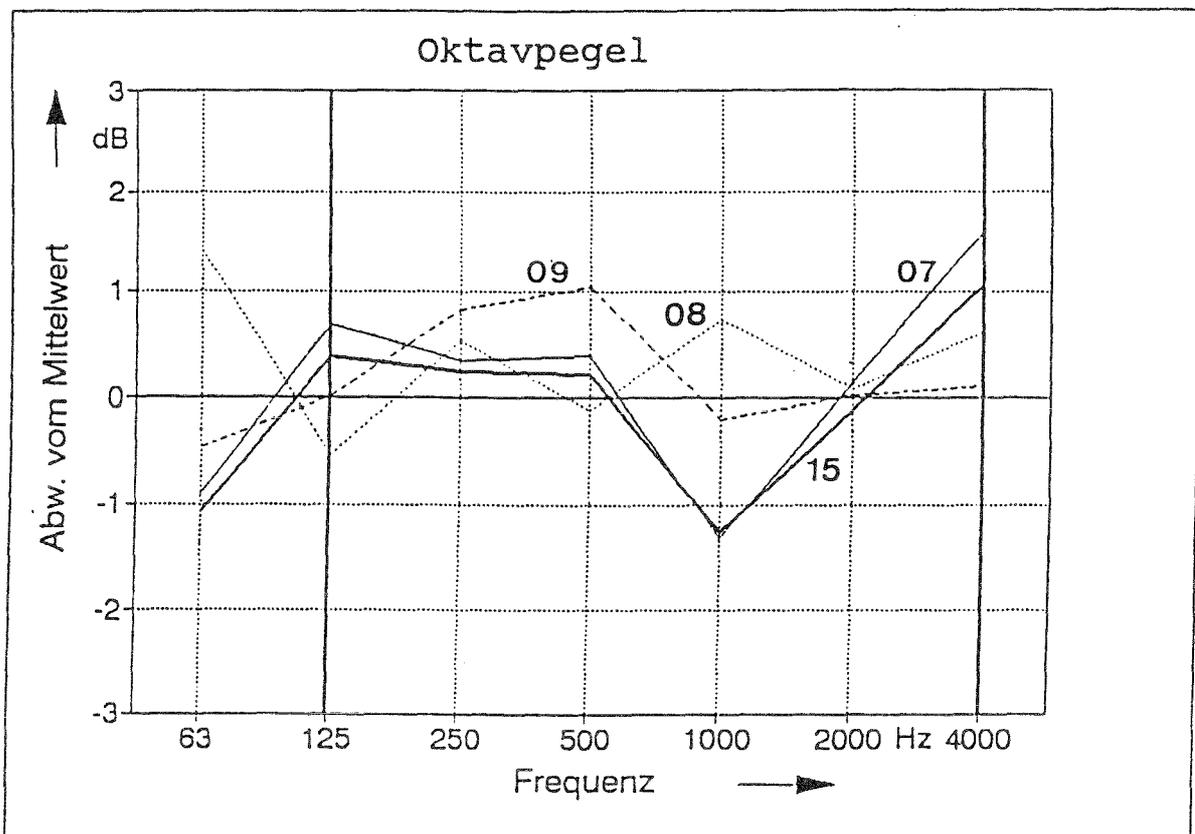
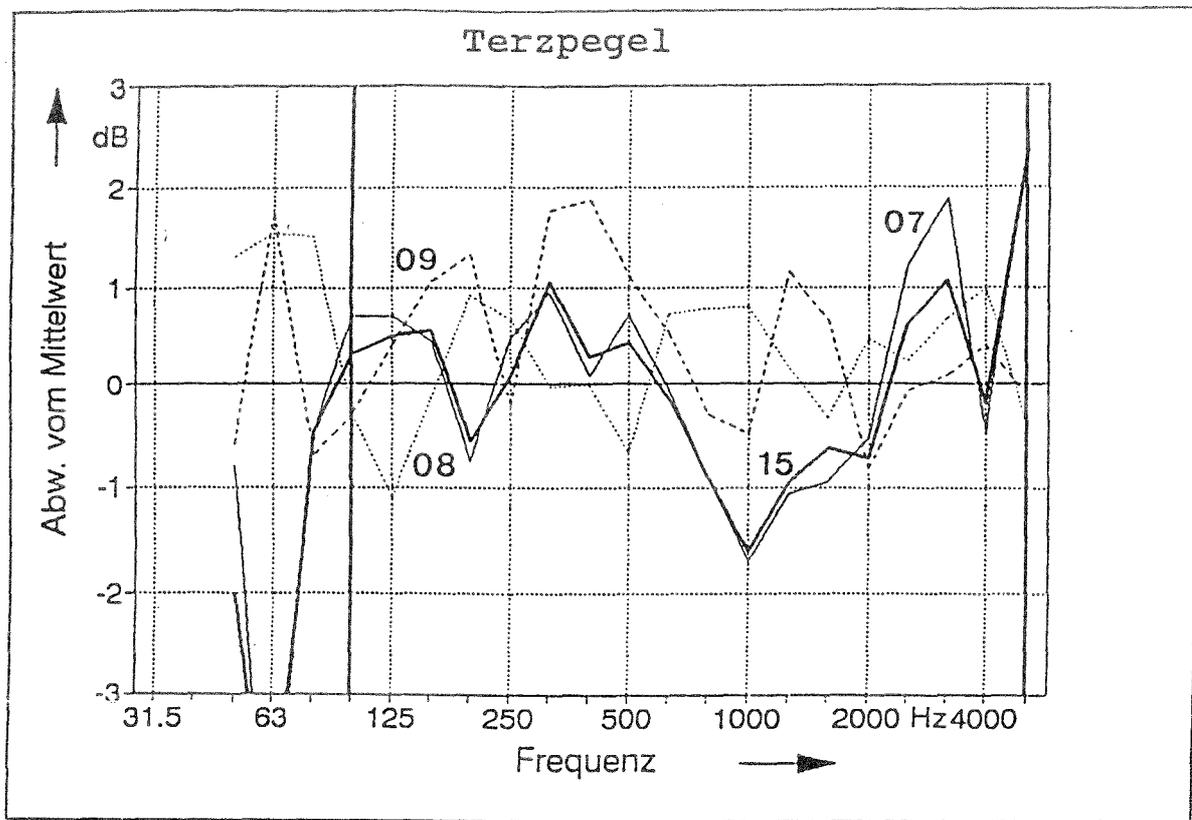
Meßzeit jeweils 15 min



Gesamtpegel	IGN 06:	57,4 dB(A)
"	IGN 10:	57,7 dB(A)
"	IGN 13:	57,6 dB(A)
"	IGN 16:	57,8 dB(A)
"	IGN 18:	57,6 dB(A)

Bild 29: IGN-Meßgruppe 2, mittlere Abweichungen vom Gesamtmittelwert aus Messungen an 14 IGN

Meßzeit jeweils 15 min



Gesamtpegel	IGN 07:	57,3 dB(A)
"	IGN 08:	58,1 dB(A)
"	IGN 09:	57,8 dB(A)
"	IGN 15:	57,2 dB(A)

Bild 30: IGN-Meßgruppe 3, maximale Abweichungen vom Gesamtmittelwert aus Messungen an 14 IGN

Meßzeit jeweils 15 min

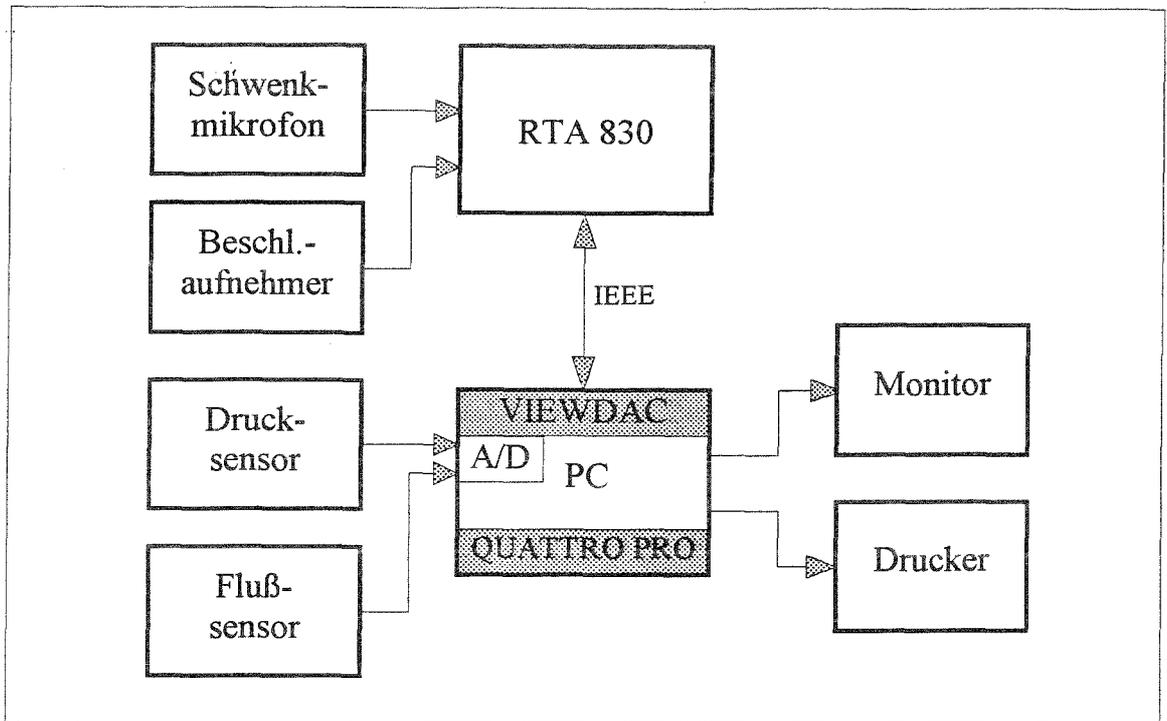


Bild 31: Blockschaltbild der Meßapparatur des IGN-Prüfstandes der PTB

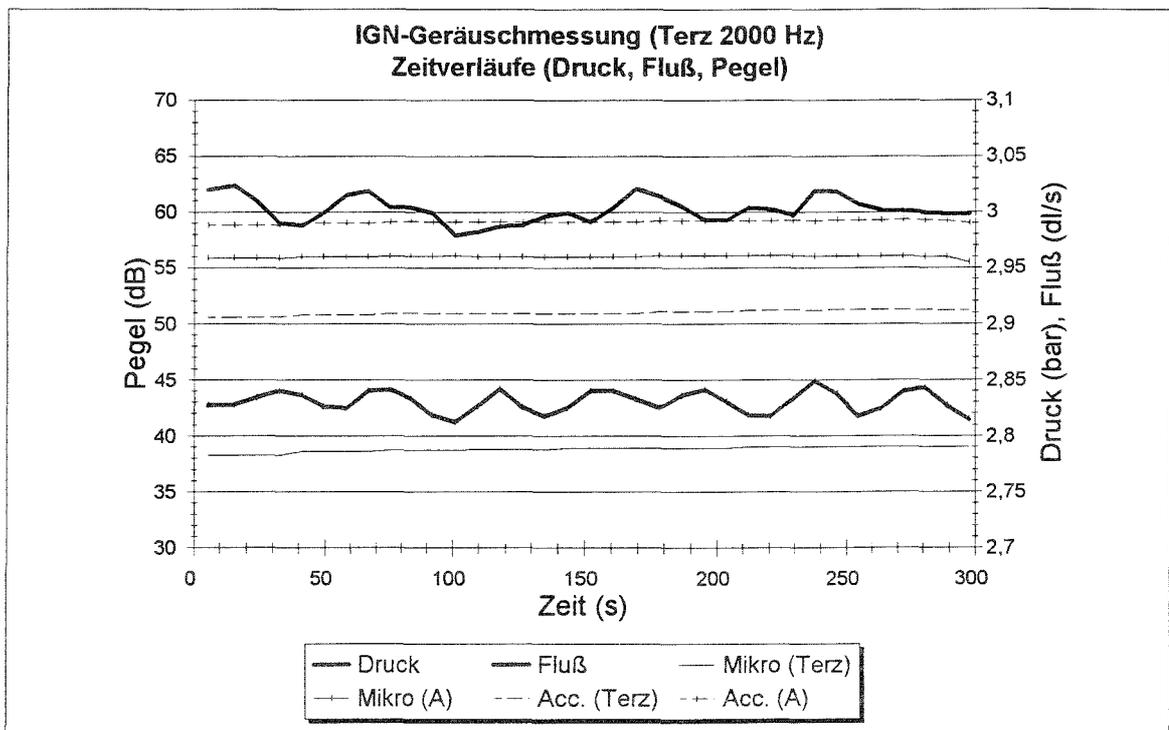
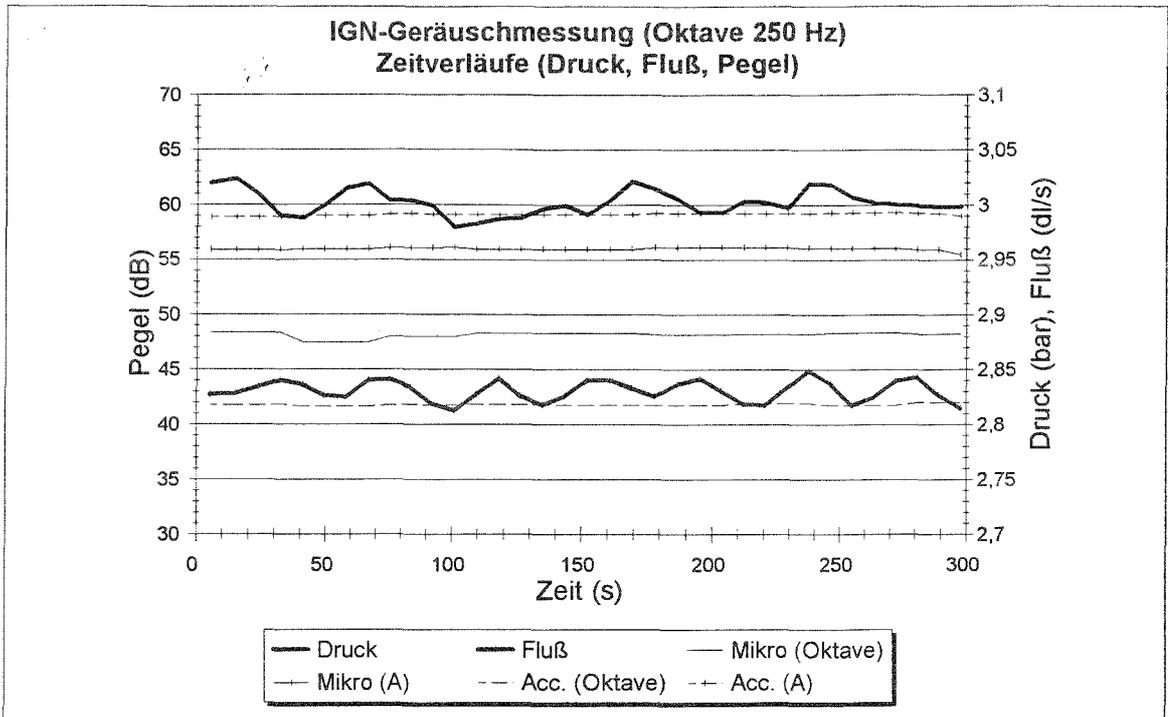


Bild 32: Beispiel eines Protokolls einer IGN-Messung mit Aufzeichnung von Schalldruck, Körperschallsignal (Beschleunigung), Fließdruck und Durchfluß. Der Schalldruckpegel und das Körperschallsignal werden in Terzbändern von 100 Hz bis 5000 Hz aufgezeichnet und wahlweise in Terzen oder Oktaven dargestellt.

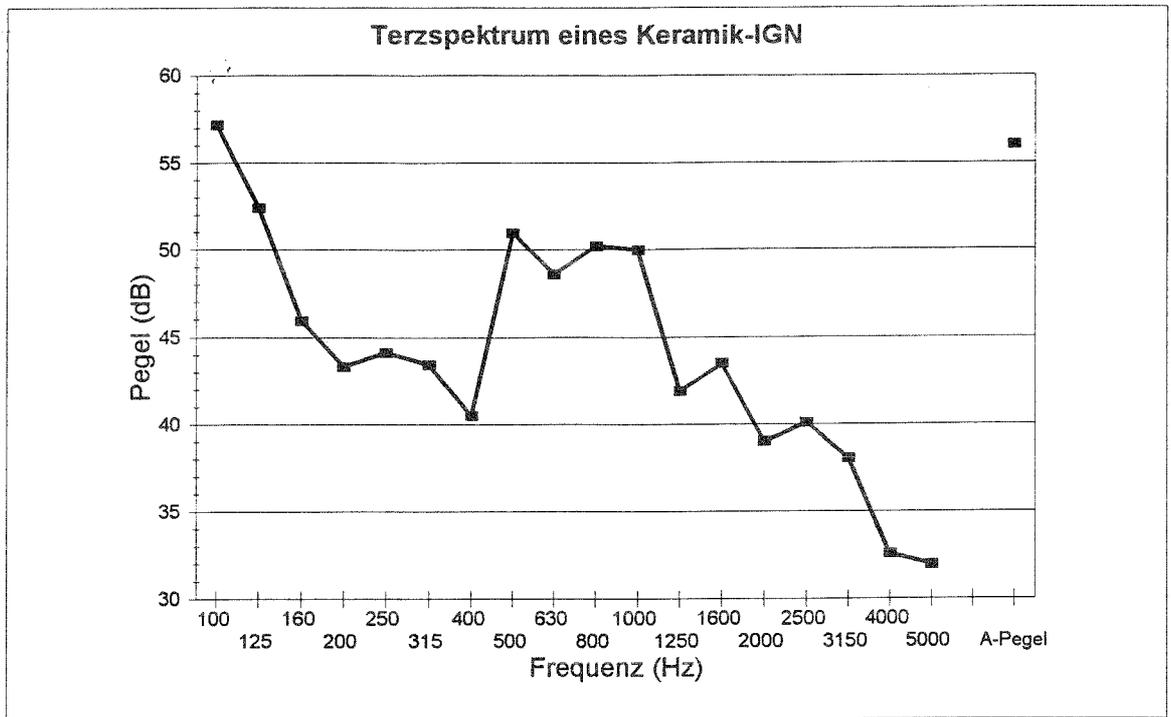


Bild 33a: Terzspektrum eines Keramik-IGN (Beispiel)

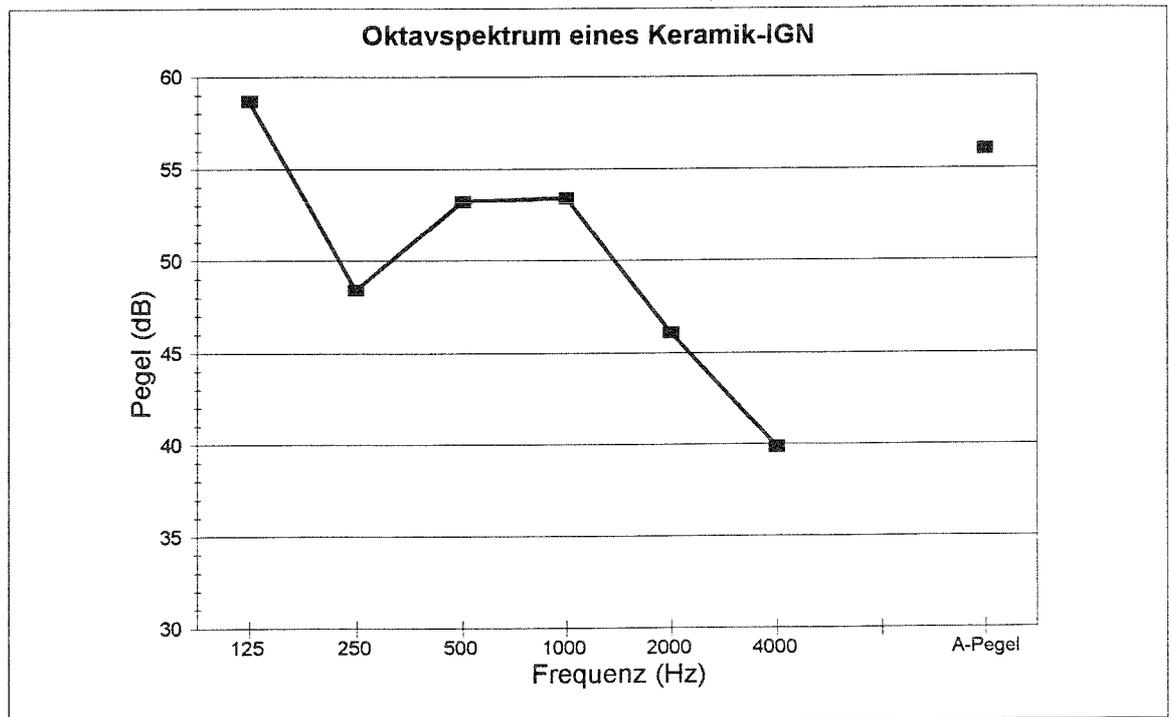


Bild 33b: Oktavspektrum eines Keramik-IGN (Beispiel)

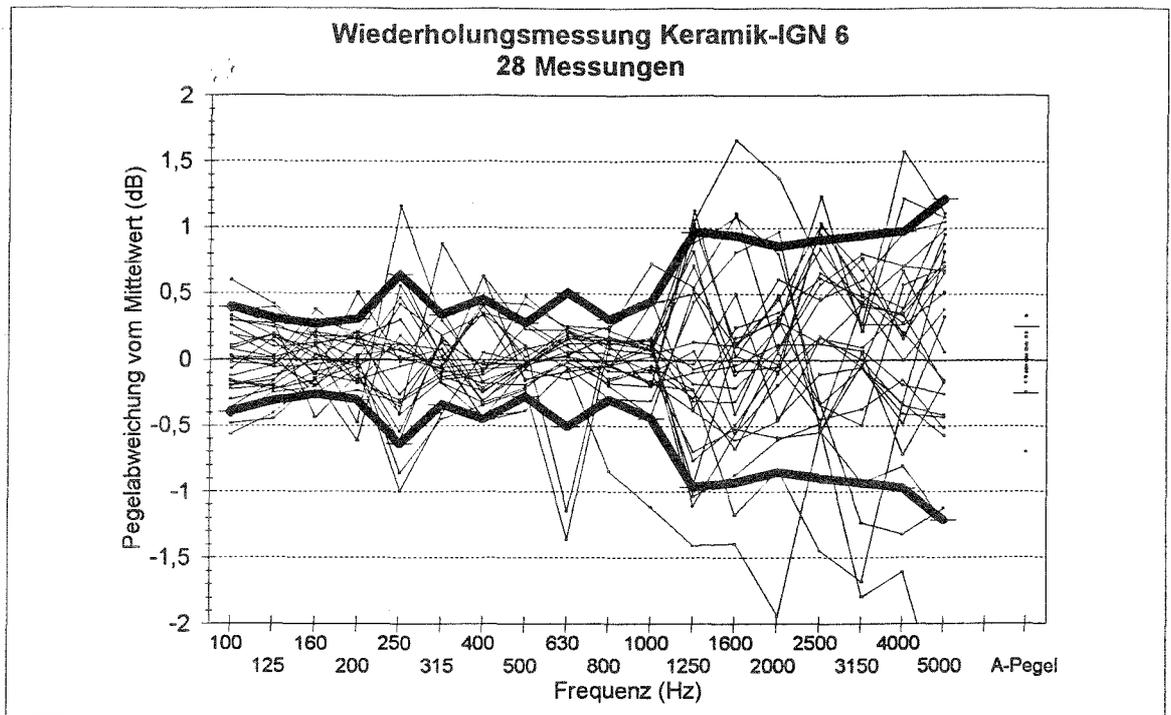


Bild 34a: Terzspektrum der Wiederholungsmessung eines Keramik-IGN. Einzelergebnisse und Wiederholgrenze bezogen auf den Mittelwert.

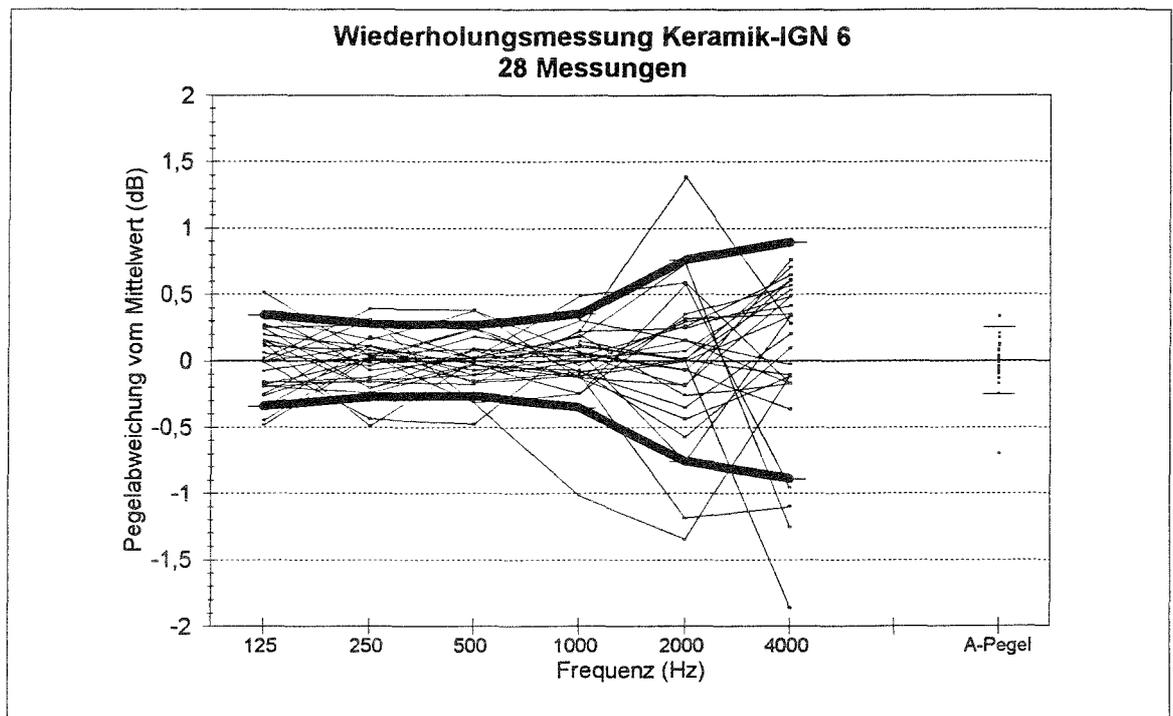


Bild 34b: Oktavspektrum der Wiederholungsmessung eines Keramik-IGN. Einzelergebnisse und Wiederholgrenze bezogen auf den Mittelwert.

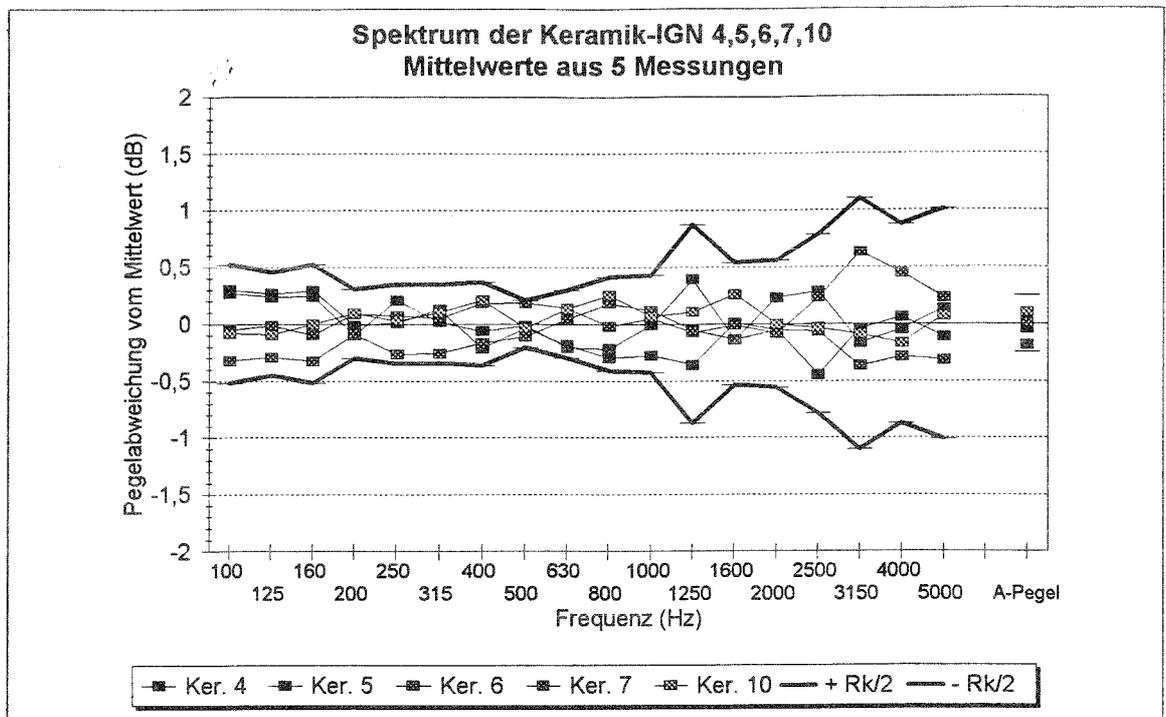


Bild 35a: Terzspektrum der Vergleichsmessung von 5 Keramik-IGN aus je 5-maliger Messung. Individuelle Ergebnisse und Vergleichsgrenze bezogen auf den Mittelwert.

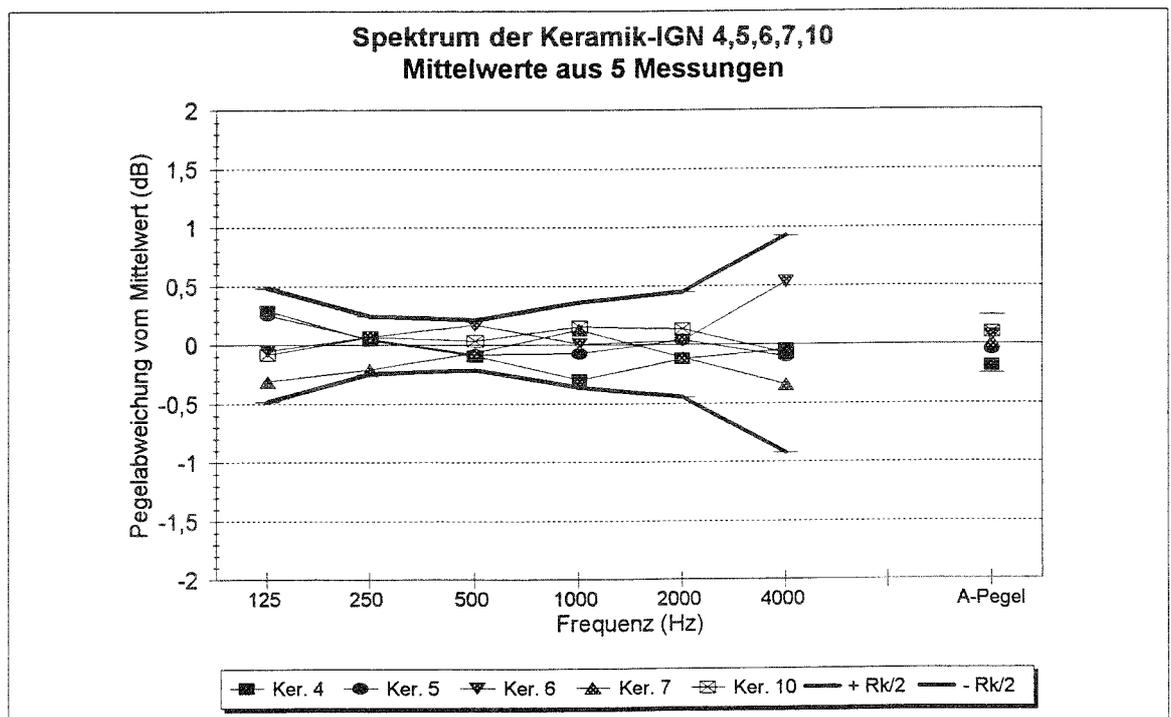


Bild 35b: Oktavspektrum der Vergleichsmessung von 5 Keramik-IGN aus je 5-maliger Messung. Individuelle Ergebnisse und Vergleichsgrenze bezogen auf den Mittelwert.

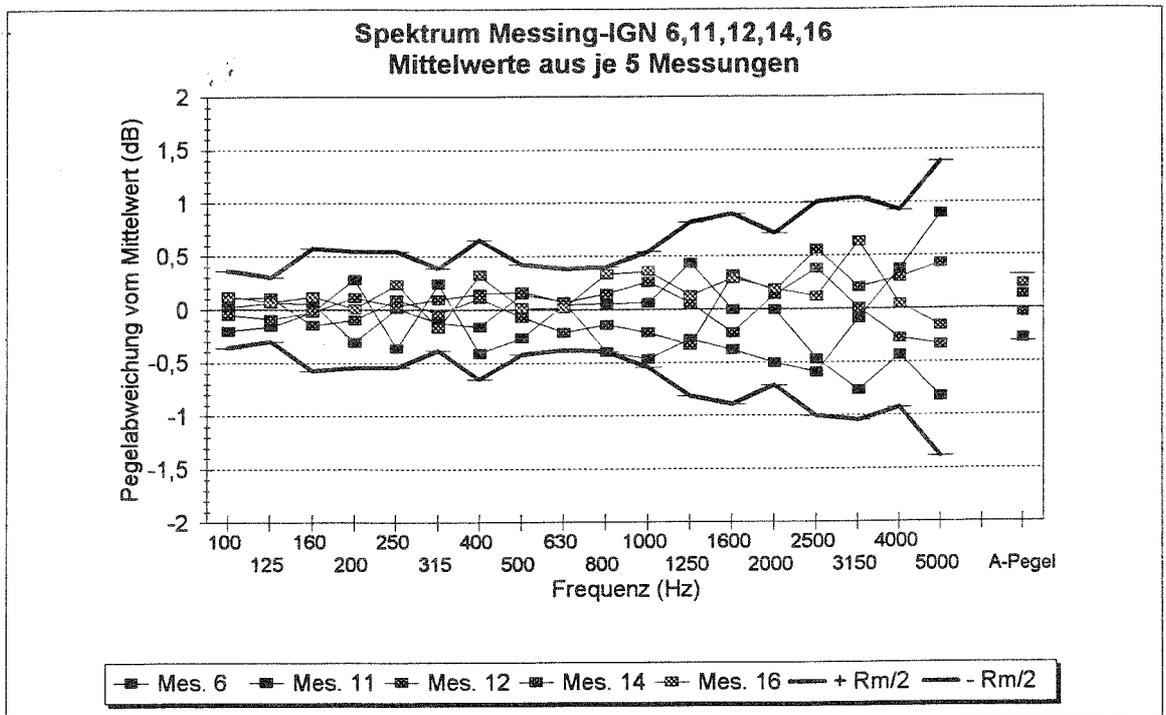


Bild 36a: Terzspektrum der Vergleichsmessung von 5 Messing-IGN aus je 5-maliger Messung. Individuelle Ergebnisse und Vergleichsgrenze bezogen auf den Mittelwert.

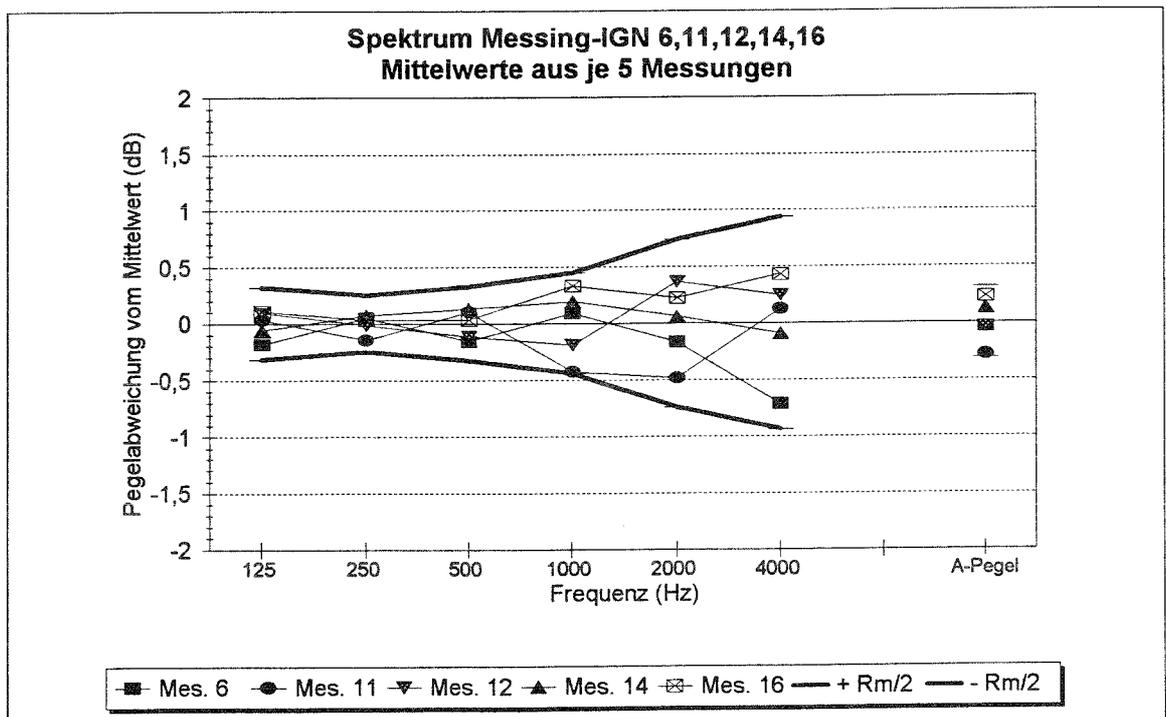


Bild 36b: Oktavspektrum der Vergleichsmessung von 5 Messing-IGN aus je 5-maliger Messung. Individuelle Ergebnisse und Vergleichsgrenze bezogen auf den Mittelwert.

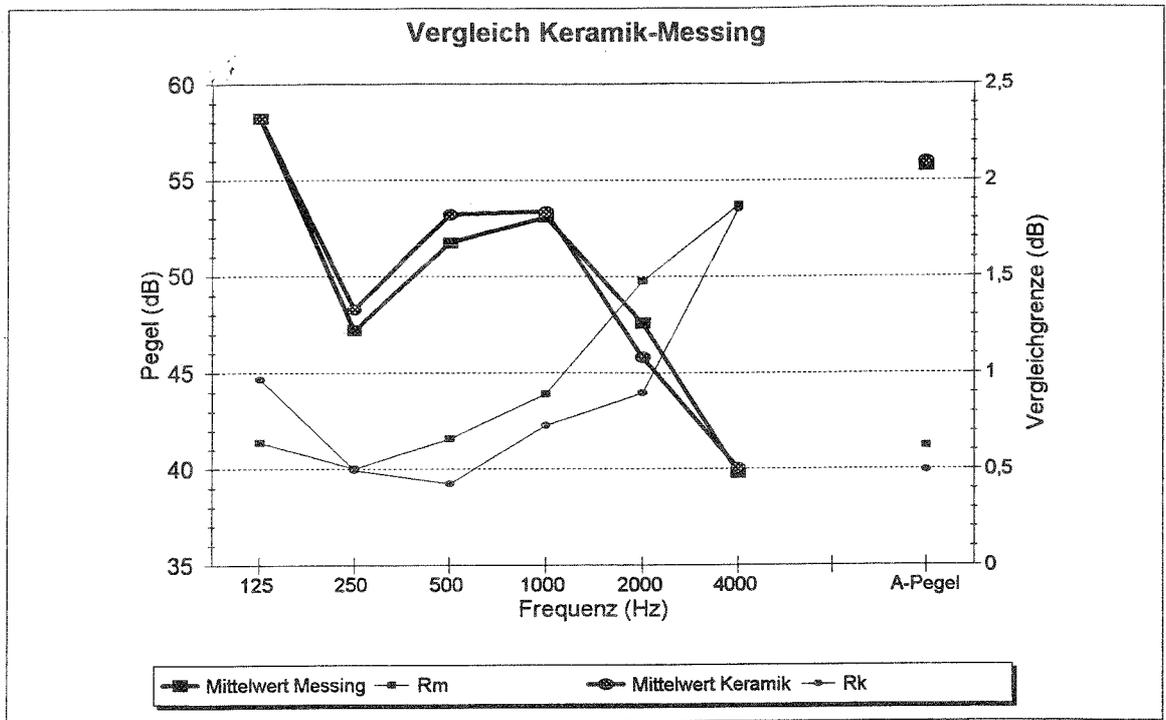


Bild 37: Vergleich der Mittelwerte von Primärnormalen (Keramik-IGN) und Transfernormalen (Messing-IGN) und der Vergleichsgrenzen.

Establishing of a reference installation noise standard to match standard test facilities with regard to the noise behaviour of appliances and equipment of the water supply installation

PTB research project 1542
promoted by the Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin

Dr. Michael Vorländer, Dipl.-Ing. Malte Kob
Laboratory for Building Acoustics Metrology, Physikalisch-Technische Bundesanstalt

This project was tackled on account of the rather great errors of comparison measurements conducted with installation noise standards (INS) in various test laboratories. The objective was to clarify and eliminate the differences in the noise behaviour of INS and to find out whether these differences can be taken into account by calibration of the INS.

It could be shown that the errors of the INS encountered in the preliminary tests will not occur if the INS are carefully manufactured, the standard dimensions adhered to and certain instructions for use followed. The errors of the INS still remaining are of an order of magnitude in which a "numerical" calibration is not reasonable. The repeatability limit for repeat measurements of an INS rather is not substantially higher than the reproducibility limit for the measurement of various INS. Various INS then behave "like one".

To ensure that INS are as comparable as possible, they should be checked in a noise measurement and compared with a group of primary standards (i.e. calibrated). The development of the primary standards was one of the main objectives of this research project. To provide a complete system for the calibration of INS, groups of primary standards were developed which excel by extreme long-term stability and high agreement within the group. INS primary standards are kept at the PTB to realize the last stage of the calibration chain.

20 high-stability ceramic INS were procured; these were combined to form groups of five which serve as primary standards.

Test centres carrying out noise behaviour tests with devices of the water supply installation should ensure the usability of their INS within the scope of their internal quality system; this can be achieved within the scope of accreditation or recognition procedures and by link-up of the INS with transfer and primary standards. Every test centre should have calibrated transfer standards at its disposal which should be checked at intervals of three years within the scope of comparison measurements with the PTB (or with other institutes which keep primary standards). Should a European concept provide that several test centres use primary standards, these should also carry out intercomparisons (e.g. in EUROMET).

When primary standards are used, the uncertainty of measurement is so small that influences of individual INS are no longer of importance. It is thus ensured that the noise measurements using INS can be carried out in future with a substantially higher comparability than in the past.

T 2021

Constitution d'un générateur étalon de référence pour l'accord de bans d'essai standard à l'égard du comportement de bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau

Projet de recherche PTB 1542
encouragé par le Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin

Dr. Michael Vorländer, Dipl.-Ing. Malte Kob
Laboratoire de métrologie d'acoustique du bâtiment, Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Le présent projet a été entamé en raison des erreurs assez importantes des mesures comparatives effectuées par divers centres d'essai au moyen de générateurs étalons. Il a eu pour but d'élucider et d'éliminer les différences de comportement de bruit de divers générateurs étalons. Il devait être examiné s'il est possible de tenir compte de ces différences par étalonnage des générateurs.

Il a pu être démontré que les erreurs des générateurs étalons observées dans le cadre d'essais préliminaires ne se manifesteront pas si ces instruments sont fabriqués soigneusement tout en observant les dimensions standardisées et certaines instructions de service. Les erreurs se produisant tout de même sont d'un tel ordre de grandeur qu'un étalonnage "numérique" ne soit pas raisonnable. Au contraire, la limite de répétabilité des mesures de répétition au moyen d'un générateur étalon n'est pas sensiblement plus élevée que la limite de reproductibilité lors de la mesure de divers générateurs étalons. Divers générateurs se comportent alors "comme un seul".

Pour assurer que les générateurs étalons sont aussi comparables que possible, ils devraient être soumis à une mesure de bruit et comparés avec un groupe d'étalons primaires (c'est-à-dire étalonnés). Le développement des étalons primaires a été l'un des objectifs principaux du projet de recherche. Pour obtenir un système d'étalonnage de générateurs étalons complet, un groupe d'étalons primaires a été développé; ils sont caractérisés par une stabilité à long terme extrême et par une grande conformité au sein du groupe. Des étalons primaires sont gardés auprès du PTB pour réaliser les derniers stades de la chaîne d'étalonnage. 20 générateurs étalons en céramique de haute stabilité ont été procurés; ils ont été disposés en groupes de cinq pour servir d'étalons primaires.

Les centres d'essai qui examinent le comportement de bruit d'instruments de l'installation de distribution d'eau devraient assurer l'utilisabilité de leurs générateurs étalons au niveau de leur système de qualité, ce qui peut être fait dans le cadre de procédures d'accréditation ou d'homologation par raccordement des générateurs étalons à des étalons de transfert et primaires. Chaque centre d'essai devrait disposer d'étalons de transfert étalonnés. Les étalons de transfert devraient être contrôlés tous les trois ans dans le cadre de mesures comparatives avec le PTB (ou avec d'autres instituts gardant des étalons primaires). Si une conception européenne prévoit que plusieurs centres emploient des étalons primaires, ceux-ci aussi devront effectuer des mesures comparatives (p.ex. au sein d'EUROMET).

Si les étalons primaires sont utilisés, l'incertitude de mesure est si peu élevée que les influences de générateurs étalons individuels ne sont plus d'importance. Il est ainsi garanti que les mesures de bruit à l'aide de générateurs étalons pourront désormais être effectuées avec une comparabilité sensiblement plus élevée.