

## DIN EN 13477-2



ICS 19.100

Ersatz für  
DIN EN 13477-2:2013-04

**Zerstörungsfreie Prüfung –  
Schallemissionsprüfung –  
Charakterisierung der Prüfausrüstung –  
Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen;  
Deutsche Fassung EN 13477-2:2021**

Non-destructive testing –  
Acoustic emission testing –  
Equipment characterisation –  
Part 2: Verification of operating characteristics;  
German version EN 13477-2:2021

Essais non destructifs –  
Essais d'émission acoustique –  
Caractérisation de l'équipement –  
Partie 2: Vérifications des caractéristiques de fonctionnement;  
Version allemande EN 13477-2:2021

Gesamtumfang 84 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 13477-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-23 AA „Ultraschallprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Dem Anwender dieses Dokuments ist unbeschadet der Rechte des DIN an der Gesamtheit des Dokuments die Vervielfältigung der Formblätter in Anhang A bis Anhang D gestattet.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 13477-2:2013-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verbesserungen in Abschnitt 3 „Begriffe“;
- b) Verbesserungen in Abschnitt 5 „Sensorüberprüfung“;
- c) Verbesserungen in Abschnitt 6 „Überprüfung des Vorverstärkers“;
- d) Verbesserungen in Abschnitt 7 „Überprüfung des Schallemissionssignalprozessors“;
- e) Verbesserungen in Abschnitt 8 „Überprüfung der Systemleistung“.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 13477-2: 2001-04, 2010-12, 2013-04

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung —  
Schallemissionsprüfung —  
Charakterisierung der Prüfausrüstung —  
Teil 2: Überprüfung der Betriebskenngrößen

Non-destructive testing —  
Acoustic emission testing —  
Equipment characterisation —  
Part 2: Verification of operating characteristics

Essais non destructifs —  
Essais d'émission acoustique —  
Caractérisation de l'équipement —  
Partie 2: Vérifications des caractéristiques de  
fonctionnement

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Mai 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

## Inhalt

|                                                                    | Seite |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                         | 4     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                          | 5     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                     | 5     |
| 3 Begriffe .....                                                   | 5     |
| 4 Erforderliche Prüfausrüstung und Prüfsignale .....               | 9     |
| 4.1 Liste der erforderlichen Ausrüstung .....                      | 9     |
| 4.2 Wellenformen für das Prüfsignal .....                          | 10    |
| 4.2.1 Kontinuierliche Sinuswelle .....                             | 10    |
| 4.2.2 Burstsinal der dreieckig modulierten Sinuswelle .....        | 10    |
| 4.2.3 Burstsinal der $\sin^2$ -förmig modulierten Sinuswelle ..... | 12    |
| 4.2.4 Burstsinal der rechteckig modulierten Sinuswelle .....       | 13    |
| 4.2.5 Rechteckimpuls .....                                         | 14    |
| 4.2.6 Periodische Signale .....                                    | 14    |
| 4.2.7 Gleichstrom-Signal .....                                     | 15    |
| 4.2.8 Zusammenfassung der Prüfsignale .....                        | 15    |
| 4.3 Prüfkörper .....                                               | 15    |
| 4.4 Abschirmungsprüfplatte .....                                   | 15    |
| 5 Sensorüberprüfung .....                                          | 16    |
| 5.1 Allgemeines .....                                              | 16    |
| 5.2 Vorgesehener Zweck .....                                       | 16    |
| 5.3 Ausfüllen des Berichtsformulars und erste Überprüfung .....    | 16    |
| 5.4 Überprüfung der Empfindlichkeit .....                          | 17    |
| 5.4.1 Allgemeines .....                                            | 17    |
| 5.4.2 Durchführung der Prüfung .....                               | 18    |
| 5.5 Überprüfung des elektrischen Abschirmungsübersprechens .....   | 18    |
| 5.5.1 Allgemeines .....                                            | 18    |
| 5.5.2 Durchführung .....                                           | 21    |
| 5.6 Überprüfung des internen Vorverstärkers eines Sensors .....    | 22    |
| 6 Überprüfung des Vorverstärkers .....                             | 22    |
| 6.1 Erstellen des Berichtsformulars und erste Überprüfung .....    | 22    |
| 6.2 Überprüfung der Gleichstromaufnahme .....                      | 24    |
| 6.2.1 Allgemeines .....                                            | 24    |
| 6.2.2 Überprüfung einer Grenze oder einer Abweichung .....         | 25    |
| 6.2.3 Durchführung .....                                           | 25    |
| 6.3 Überprüfung der Kennwerte des Vorverstärkers .....             | 26    |
| 6.3.1 Allgemeines .....                                            | 26    |
| 6.3.2 Überprüfung der Verstärkung .....                            | 26    |
| 6.3.3 Überprüfung der Bandbreite .....                             | 28    |
| 6.3.4 Überprüfung des elektronischen Rauschens .....               | 31    |
| 6.3.5 Überprüfung des Dynamikbereichs .....                        | 34    |
| 6.3.6 Überprüfung der Gleichtaktunterdrückung .....                | 36    |
| 6.3.7 Impulsprüfung .....                                          | 37    |
| 7 Überprüfung des Schallemissionssignalprozessors .....            | 37    |
| 7.1 Allgemeines .....                                              | 37    |
| 7.1.1 Überblick .....                                              | 37    |

|                                                                                                          |                                                                                                                       |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1.2                                                                                                    | Ausfüllen des Berichtsformulars .....                                                                                 | 39 |
| 7.2                                                                                                      | Überprüfung des Signalprozessor-Rauschens .....                                                                       | 40 |
| 7.2.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 40 |
| 7.2.2                                                                                                    | Durchführung der Prüfung .....                                                                                        | 41 |
| 7.3                                                                                                      | Überprüfung der Effektivwertmessung und Funktion eines gleitenden Schwellenwerts .....                                | 42 |
| 7.3.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 42 |
| 7.3.2                                                                                                    | Durchführung der Prüfung .....                                                                                        | 44 |
| 7.4                                                                                                      | Überprüfung der festgesetzten Nachweisschwelle .....                                                                  | 44 |
| 7.4.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 44 |
| 7.4.2                                                                                                    | Verfahren für die Stimulierung des Signals und die Datenerfassung .....                                               | 46 |
| 7.4.3                                                                                                    | Verfahren für die Überprüfung der Daten .....                                                                         | 46 |
| 7.5                                                                                                      | Überprüfung der Bandbreite und der Steilheit des Filters .....                                                        | 47 |
| 7.5.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 47 |
| 7.5.2                                                                                                    | Für die Überprüfung der Bandbreite und die Überprüfung der Steilheit benötigte Daten .....                            | 47 |
| 7.5.3                                                                                                    | Verfahren für die Stimulierung des Signals und die Speicherung .....                                                  | 47 |
| 7.5.4                                                                                                    | Prüfverfahren für die Überprüfung der Bandbreite basierend auf gespeicherten<br>Schallemmissionsdaten .....           | 48 |
| 7.6                                                                                                      | Überprüfung der Parameter der Burstsignale .....                                                                      | 48 |
| 7.6.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 48 |
| 7.6.2                                                                                                    | Überprüfung der Maximalamplitude .....                                                                                | 49 |
| 7.6.3                                                                                                    | Überprüfung der Dauer .....                                                                                           | 51 |
| 7.6.4                                                                                                    | Überprüfung der Anstiegszeit .....                                                                                    | 53 |
| 7.6.5                                                                                                    | Überprüfung der Anzahl der Überschwingungen .....                                                                     | 55 |
| 7.6.6                                                                                                    | Überprüfung der Energie und der Signalstärke .....                                                                    | 56 |
| 8                                                                                                        | Überprüfung der Systemleistung .....                                                                                  | 59 |
| 8.1                                                                                                      | Überprüfung externer parametrischer Eingänge .....                                                                    | 59 |
| 8.1.1                                                                                                    | Allgemeines .....                                                                                                     | 59 |
| 8.1.2                                                                                                    | Gleichungen für die Überprüfung des parametrischen Eingangs .....                                                     | 60 |
| 8.1.3                                                                                                    | Vermeiden der Anwendung eines hochgenauen Digitalvoltmeters (HADVM) .....                                             | 61 |
| 8.1.4                                                                                                    | Ausfüllen des Berichtsformulars .....                                                                                 | 61 |
| 8.1.5                                                                                                    | Prüfverfahren zur Prüfung der Signalstimulierung und Messung für die Überprüfung des<br>parametrischen Eingangs ..... | 63 |
| 8.1.6                                                                                                    | Prüfverfahren zur Überprüfung der Daten für den parametrischen Eingang .....                                          | 64 |
| 8.2                                                                                                      | Überprüfung des Impulsgebers .....                                                                                    | 64 |
| 8.3                                                                                                      | Überprüfung der Erfassungsrates des Systems .....                                                                     | 64 |
| 8.4                                                                                                      | Überprüfung der Messung von Delta $t$ ( $\Delta t$ ) .....                                                            | 65 |
| 8.5                                                                                                      | Überprüfung der Software .....                                                                                        | 65 |
| 9                                                                                                        | Prüfbericht .....                                                                                                     | 66 |
| Anhang A (informativ) Berichtsformular für die Funktionsüberprüfung von Sensoren .....                   |                                                                                                                       | 67 |
| Anhang B (informativ) Berichtsformular für die Funktionsüberprüfung des Vorverstärkers .....             |                                                                                                                       | 69 |
| Anhang C (informativ) Berichtsformular für die Überprüfung des<br>Schallemmissionssignalprozessors ..... |                                                                                                                       | 72 |
| Anhang D (informativ) Berichtsformular für die Überprüfung des externen parametrischen<br>Eingangs ..... |                                                                                                                       | 77 |
| Anhang E (informativ) Liste der Bezeichnungen .....                                                      |                                                                                                                       | 79 |
| Literaturhinweise .....                                                                                  |                                                                                                                       | 82 |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN 13477-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 13477-2:2010.

Gegenüber der vorhergehenden Ausgabe wurden die folgenden technischen Änderungen vorgenommen:

- Überarbeitung von Abschnitt 3 „Begriffe“;
- Überarbeitung von Abschnitt 5 „Sensorüberprüfung“;
- Überarbeitung von Abschnitt 6 „Überprüfung des Vorverstärkers“;
- Überarbeitung von Abschnitt 7 „Überprüfung des Schallemissionssignalprozessors“;
- Überarbeitung von Abschnitt 8 „Überprüfung der Systemleistung“.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN CENELEC Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Prüfprogramme für die regelmäßige Überprüfung der Leistung der Schallemissions-Prüfausrüstung (en: acoustic emission, AE) fest, d. h. für Sensoren, Vorverstärker, Signalprozessoren, externe parametrische Eingänge.

Es ist dafür vorgesehen, von Fachleuten angewendet zu werden, um einen automatisierten Überprüfungsprozess durchzuführen.

Nach dem Kauf der Prüfausrüstung wird eine Überprüfung der Messeigenschaften empfohlen, um Referenzwerte für spätere Überprüfungen zu erhalten. Darüber hinaus wird eine Überprüfung nach einer Reparatur, nach Modifikationen, nach einem Einsatz unter außergewöhnlichen Bedingungen oder bei Verdacht auf eine fehlerhafte Funktion empfohlen.

Die in diesem Dokument festgelegten Verfahren schließen andere qualifizierte Verfahren, z. B. eine Überprüfung im Frequenzbereich, nicht aus. Diese Verfahren sind allgemeingültig, wenn nicht der Hersteller alternative gleichwertige Verfahren festlegt.

Sicherheitsaspekte für Prüfausrüstungen, die in möglicherweise explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, werden im vorliegenden Dokument nicht betrachtet.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1330-1:2014, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 1: Allgemeine Begriffe*

EN 1330-2:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 2: Begriffe, die von allen zerstörungsfreien Prüfverfahren benutzt werden*

EN 1330-9:2017, *Zerstörungsfreie Prüfung — Terminologie — Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung*

EN 13477-1:2001, *Zerstörungsfreie Prüfung — Schallemissionsprüfung — Charakterisierung der Prüfausrüstung — Teil 1: Gerätebeschreibung*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1330-1:2014, EN 1330-2:1998, EN 1330-9:2017 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### Schallemissionssignalprozessor

**ASP**, en: acoustic emission signal processor

Teil eines Schallemissionskanals, der das Ausgangssignal des Vorverstärkers in digitale Signalparameter umwandelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Einem Schallemissionssignalprozessor können weitere unterstützende Funktionen zugeordnet sein, z. B. die Stromversorgung des Vorverstärkers, die Steuerung des Prüfpulses, die Aufzeichnung transients Signale und weitere Funktionen.

### 3.2

#### Arbiträrgenerator

**AFG**, en: arbitrary function generator

elektronisches Gerät zum Erzeugen programmierbarer Prüfsignale, verschiedener Wellenformen und von Gleichspannung (en: direct current, DC)

### 3.3

#### hochgenaues Digitalvoltmeter

**HADVM**, en: high-accuracy digital voltmeter

elektronisches Gerät für die genaue Messung von Gleichspannungen, die zur Stimulierung eines externen parametrischen Eingangs verwendet werden

### 3.4

#### Strommessadapter

**CMA1**, en: current measurement adapter

elektrisches Gerät zur bequemen Messung der Gleichstromaufnahme eines Vorverstärkers, der von einem Schallemissionssignalprozessor versorgt wird

### 3.5

#### 50-Ω-Abschluss

Koaxialstecker (Bauart BNC) mit einem internen 50-Ω-Widerstand zwischen Innenleiter und Abschirmung

### 3.6

#### hochohmig

**HiZ**, en: high impedance

hochohmiger Zustand einer elektrischen Verbindung, die üblicherweise mit 50 Ω abgeschlossen wird

### 3.7

#### Gleichstromsperre

BNC-Stift- zum BNC-Buchsensteckerteil mit einem nicht gepolten Kondensator mit 10 µF/50 V zwischen den Innenleitern beider Steckverbinder, der ein Wechselstromsignal durchleitet, aber dessen Gleichstromkomponente von einem Arbiträrgenerator oder einem 50-Ω-Abschluss abblockt

### 3.8

#### Unterscheidung zwischen Bezeichnungen und Text

Unterscheidung, bei der normaler Text in Standardschrift (Cambria 11 Pt.) und Bezeichnungen in kursiver Fettschrift wiedergegeben werden, wenn eine **Variable** angegeben wird, und in nicht kursiver Fettschrift, wenn eine **Konstante** angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für eine verbesserte Lesbarkeit werden hochgestellte Zeichen mit der Ausnahme von „<sup>2</sup>“ (für „zweite Potenz“, z. B. „sin<sup>2</sup>“) und tiefgestellte Zeichen mit der Ausnahme von „dB<sub>AE</sub>“, „V<sub>P</sub>“, „V<sub>PP</sub>“ und „V<sub>RMS</sub>“ vermieden.

### 3.9

#### zu überprüfendes Element

IUV, en: item under verification

allgemeiner Begriff und Platzhalter für eine Kurzbezeichnung

Anmerkung 1 zum Begriff: Listen von zu überprüfenden Elementen mit verschiedenen Sortierweisen können Anhang E, Tabelle E.1 und Tabelle E.2 entnommen werden.

### 3.10

#### Kurzbezeichnung

Abkürzung für ein zu überprüfendes Element, die aus einem oder zwei Zeichen (mitunter mehr Zeichen, um weitere Informationen anzugeben) und, für bestimmte Elemente, aus einer ein- oder zweistelligen Nummer, entweder einer Nennwert-Nummer oder dem Zeichen „s“ als Platzhalter für die Nennwert-Nummer, oder der Nummer eines externen parametrischen Eingangs oder dem Zeichen „x“ als Platzhalter für die Nummer des Eingangs besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird die Kurzbezeichnung nicht mit einer Erweiterung versehen, ist der Messwert dieser Bezeichnung gemeint.

BEISPIEL 1 **Rs** bezeichnet die gemessene Anstiegszeit der Nennwertnummer s, siehe 7.6.4.

BEISPIEL 2 **EA1** bezeichnet einen gemessenen Energiewert für die Überprüfung der von der Maximalamplitude abhängigen Energie der Nennwertnummer 1, siehe 7.6.6.

BEISPIEL 3 **BGRMSs** bezeichnet den gemessenen Effektivwert des kontinuierlichen Hintergrundrauschens, das mit Nennwert der Maximalamplitude **As'T** eines kontinuierlichen sinusförmigen Prüfsignals **C-Sw'T** mit einer Nennfrequenz **F'N** stimuliert wird, siehe 7.3.2.

### 3.11

#### 'N

Erweiterung der Kurzbezeichnung eines zu überprüfenden Elements (IUV) für einen bestimmten Nennwert, der durch den Hersteller oder ein Verfahren festgelegt oder mit einer Gleichung berechnet wird

BEISPIEL 1 **A1'N** definiert den ersten Nennwert einer Reihe von Maximalamplituden, der zu stimulieren, zu messen und mit klar definierten Zulässigkeitskriterien zu überprüfen ist, siehe 7.6.2.

BEISPIEL 2 **EAs'N** definiert eine Reihe von Nennwerten der Signalenergie, die mit einer vorgegebenen Gleichung berechnet werden und die zu stimulieren, zu messen und mit klar definierten Zulässigkeitskriterien zu überprüfen sind, siehe 7.6.6.

### 3.12

#### 'S

Erweiterung der Kurzbezeichnung für einen Einstellwert des Schallemissionssystems

BEISPIEL **BPN'S** definiert den schmalbandigen Bandpass, der im Schallemissionssignalprozessor für Messungen nach den Festlegungen des Verfahrens zu verwenden ist.

### 3.13

#### 'T

Erweiterung der Kurzbezeichnung für einen Einstellwert des Prüfsignals

BEISPIEL 1 **A'T** definiert den berechneten Einstellwert der Maximalamplitude für das Prüfsignal am Ausgang eines Arbiträrgenerators (AFG).

BEISPIEL 2 **S2-Sw'T** definiert den Einstellwert für den Arbiträrgenerator zur Erzeugung eines  $\sin^2$ -förmig modulierten Sinuswellen-Bursts.

### 3.14

#### .MA

Erweiterung der Kurzbezeichnung für eine vom Hersteller festgelegte zulässige Abweichung einer gemessenen Maximalamplitude vom Nennwert, in dB

### 3.15

#### **.MP**

vom Hersteller festgelegte Erweiterung der Kurzbezeichnung für einen Zulässigkeitsfaktor, der, wenn er mit dem Nennwert eines linearen Sollwerts multipliziert wird, die zulässige Abweichung eines gemessenen Werts vom Nennwert ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Überprüfung der Maximalamplitude muss **A.MP** aus **A.MA** mit Gleichung (33) konvertiert werden.

### 3.16

#### **.MB**

vom Hersteller festgelegte Erweiterung der Kurzbezeichnung um eine zulässige Abweichung, die vom Nennwert unabhängig ist, siehe Tabelle C.3

### 3.17

#### **.U**

Erweiterung einer Kurzbezeichnung für eine obere Zulässigkeitsgrenze, die vom Hersteller für bestimmte Elemente festgelegt ist

BEISPIEL **NSWP.U** definiert eine obere Grenze für das intern generierte Schallemissionssignalprozessor-Rauschen in  $\mu V_p$ .

### 3.18

#### **.L**

Erweiterung einer Kurzbezeichnung für eine untere Zulässigkeitsgrenze, die vom Hersteller für bestimmte Elemente festgelegt ist

BEISPIEL **DRL** definiert die untere Zulässigkeitsgrenze für den dynamischen Bereich eines Vorverstärkers, siehe 6.3.5.

### 3.19

#### **.DP**

prozentuale Abweichung, d. h. das Verhältnis einer absoluten Messabweichung zur zulässigen Abweichung, ein Zahlenwert in %; das Zulässigkeitskriterium ist erfüllt, wenn **IUV.DP** kleiner als oder gleich 100 % ist

Anmerkung 1 zum Begriff: An **IUV.DP** lässt sich anhand einer Nummer leicht erkennen, ob ein zu überprüfendes Element die Überprüfung bestanden hat oder nicht, unabhängig von der Komplexität des Zulässigkeitskriteriums.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Auswahl des Höchstwerts für **IUV.DP** aus allen durchgeführten Überprüfungsschritten zeigt in einer Zahl an, ob alle Überprüfungsschritte eines zu überprüfenden Elements erfolgreich waren.

### 3.20

#### **ABS(X)**

mathematische Funktion, die den Absolutwert des Arguments X wiedergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn X negativ ist, gibt **ABS(X)** einen positiven Wert wieder.

### 3.21

#### **MAX(X1; X2; ...; XN)**

mathematische Funktion, die den größten Wert der Argumente X1 bis XN wiedergibt

### 3.22

#### **MIN(X1; X2; ...; XN)**

mathematische Funktion, die den kleinsten Wert der Argumente X1 bis XN wiedergibt

## 4 Erforderliche Prüfausrüstung und Prüfsignale

### 4.1 Liste der erforderlichen Ausrüstung

Mindestens die folgende Prüfausrüstung ist erforderlich:

- a) Prüfkörper;
- b) Abschirmungsprüfplatte;
- c) Hsu-Nielsen-Quelle zur Überprüfung der Empfindlichkeit des Sensors;
- d) Multimeter zur Messung von Gleichspannung und Gleichstrom bei der Überprüfung des Vorverstärkers (für diesen Zweck kann das unter f) angegebene Modell verwendet werden);
- e) Prüfsignalgenerator, wie ein Arbiträrgenerator (AFG), mit der Fähigkeit zur Ausgabe von ladefähigen, beliebigen Signalen wie Sinuswellen, Rechteckwellen, Impulsen und auch Gleichstrom für die manuelle oder automatisierte Überprüfung von externen parametrischen Eingängen. Die Ausgangsbuchse muss von der Schutzterde getrennt sein, was bei üblichen Arbiträrgeneratoren der Fall ist, z. B. Keysight-Modell 33511B<sup>1</sup>. Schlüsselspezifikationen für die Messunsicherheit: Wechselstromamplitude in  $mV_{PP} \pm (1 \% \text{ des Einstellwerts} + 1,0)$  bei 1 kHz, Frequenz  $\pm 0,01 \% \text{ des Einstellwerts}$ , Gleichspannung in  $mV \pm (1 \% \text{ des Einstellwerts} + 2,0)$ ;
- f) hochgenaues digitales Spannungsmessgerät (en: high-accuracy digital voltmeter, HADVM) zur Messung des Gleichstrom-Prüfsignals vom Arbiträrgenerator mit einer ausreichenden Genauigkeit zur Überprüfung der externen parametrischen Eingänge, z. B. AGILENT-Modell 34401A<sup>1</sup>. Schlüsselspezifikationen für die Messunsicherheit: Gleichspannung in  $\mu V \pm (0,0035 \% \text{ des Anzeigewerts} + 100)$ ;
- g) einstellbares Dämpfungsglied, in Dezibel gestuft, angepasst an 50- $\Omega$ -Impedanz am Eingang und am Ausgang, Messunsicherheit:  $\pm 0,15 \text{ dB}$ ;
- h) Gleichspannungsquelle für den Vorverstärker mit einer zum Entkoppeln und Abschließen des Schallemissionssignals geeigneten Schaltung, sofern die Spannungszuführung über die Signalleitung erfolgt. Kann durch einen überprüften Schallemissionssignalprozessor ersetzt werden, siehe auch k) und n);
- i) Effektivwert-Spannungsmessgerät mit bekannter oder einstellbarer Zeitkonstante oder mit Zeitfenster. Kann durch einen überprüften Schallemissionssignalprozessor und entsprechende Software ersetzt werden; Schlüsselspezifikation: Wechselstrom-Messunsicherheit von 20 kHz bis 1 MHz:  $\pm 0,2 \text{ dB}$ ;
- j) Zweikanal-Speicheroszilloskop zum Erfassen aller Störsignale (Artefakte) oder von Unglaubwürdigkeiten in den verschiedenen Messanordnungen;
- k) Strommessadapter (CMA1), wenn h) durch einen überprüften Schallemissionssignalprozessor ersetzt wird. Fehlergrenze des Widerstands:  $\pm 1 \%$ ;
- l) Gleichstromsperre;
- m) 50- $\Omega$ -BNC-Abschluss;
- n) überprüfter Schallemissionssignalprozessor (zwei Einheiten), kann durch h) und i) ersetzt werden.

Alle elektrischen/elektronischen Prüfelemente müssen einem Qualitätsmanagementsystem unterliegen.

---

<sup>1</sup> Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produkts durch CEN. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu identischen Ergebnissen führen.

## 4.2 Wellenformen für das Prüfsignal

### 4.2.1 Kontinuierliche Sinuswelle

Diese Art des Prüfsignals darf verwendet werden, um die Frequenzantwort und die Verstärkung des Vorverstärkers zu überprüfen, und sie muss verwendet werden, um die Genauigkeit des Dauersignalpegels des Schallemissionssignalprozessors zu überprüfen. Die Bezeichnung für dieses Signal ist **C-Sw'T**. Es wird durch die Amplitude  $A$  und die Frequenz  $F$  definiert.

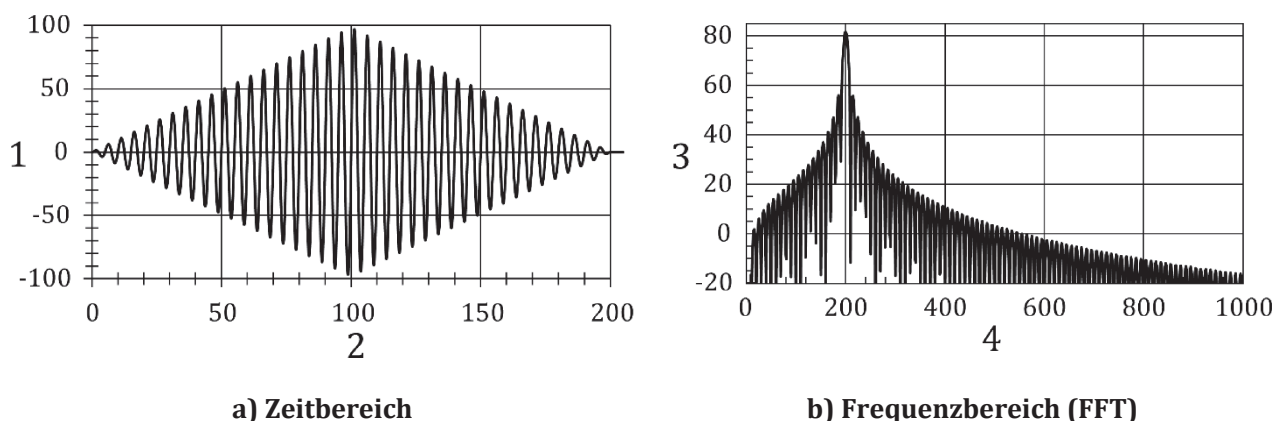
### 4.2.2 Burstsinal der dreieckig modulierten Sinuswelle

Diese Art der Wellenform simuliert ein Schallemissions-Burstsignal, siehe Bild 1. Die Bezeichnung ist **Tri-Sw'T**. Sie definiert sich durch die folgenden Parameter:

- Maximalamplitude  $A$ ;
- Anstiegszeit  $R$ ;
- Abklingzeit  $DEC$ ;
- Trägerfrequenz  $FC$ .

Bild 1 a) zeigt ein Spannungssignal im Zeitbereich, horizontal in  $\mu\text{s}$  und vertikal in mV skaliert. Bild 1 b) zeigt die FFT des Spannungssignals von a), horizontal in kHz und vertikal in dB skaliert. Der Betrag in dB entspricht  $\text{dB}_{\text{AE}}$ , wenn eine kontinuierliche Sinuswelle den FFT-Eingangspuffer belegt. Bei Burstsignalen in einem nullgefüllten FFT-Eingangspuffer wird die Skalierung durch die Dauer und die Wellenform des Signals beeinflusst.

Beispiel: Eine einfache Sinuswelle von 100 kHz in einem nullgefüllten FFT-Puffer erzeugt ein 6,02 dB höheres FFT-Ergebnis als eine einfache Sinuswelle von 200 kHz, da der 100-kHz-Zyklus doppelt so lange dauert wie der 200-kHz-Zyklus.



#### Legende

- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$
- 3 Betrag in dB
- 4 Frequenz in kHz

**Bild 1 —Burstsignal der dreieckig modulierten Sinuswelle**

Das in Bild 1 a) dargestellte Signal ergibt sich aus Gleichung (1):

$$U(t) = UP \times \sin(2 \times \pi \times F'N \times t) \times \text{MIN}(1; t/R'N) \times (1 - \text{MAX}(0; (t - R'N)/DEC'N)) \quad (1)$$

$$F'T = 1/(R'N + DEC'N) \quad (2)$$

Dabei ist

- $U(t)$**  die Spannung, in mV, zum Zeitpunkt  $t$ ;
- $t$**  die Dauer des stimulierten Burstsignals, in  $\mu\text{s}$ , mit Werten von  $t = 0$  bis  $t = R'N + DEC'N$ ;
- $UP$**  die Maximalamplitude (98 mV<sub>P</sub> in Bild 1) des simulierten Burstsignals;
- $F'N$**  der Nennwert der Trägerfrequenz in MHz (0,2 MHz in Bild 1);
- $R'N$**  der Nennwert der Anstiegszeit in  $\mu\text{s}$  (100  $\mu\text{s}$  in Bild 1);
- $DEC'N$**  der Nennwert der Abklingzeit in  $\mu\text{s}$  (100  $\mu\text{s}$  in Bild 1);
- $F'T$**  die Frequenzeinstellung am AFG.

Diese Welle muss von einem Arbiträrgenerator (AFG) erzeugt werden. Die Wellenform muss als eine Folge von Spannungsabtastungen nach Gleichung (1) mit  $UP = 1 \text{ mV}_P$  definiert und in den AFG geladen werden. Der Einstellwert der Maximalamplitude  $A'T$  (98 mV<sub>PP</sub> für 98 mV<sub>P</sub> in Bild 1) und der Einstellwert der Frequenz  $F'T$ , siehe Gleichung (2), müssen in den Arbiträrgenerator eingegeben werden.

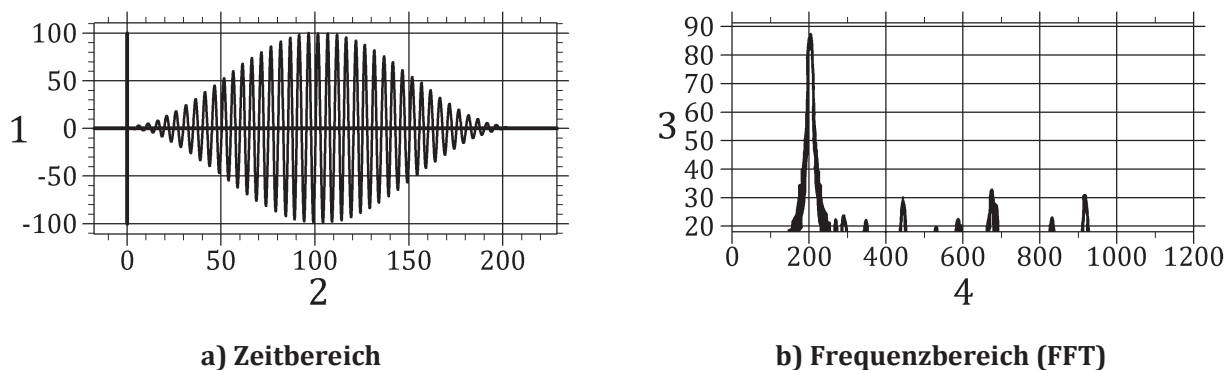
Die gemessene Anstiegszeit des Prüfsignals kann kürzer sein als die sichtbare Anstiegszeit, weil die Messung der Anstiegszeit erst zum Zeitpunkt der ersten Schwellenüberschreitung beginnt. Tabelle 1 zeigt die theoretische Verzögerung der ersten Schwellenüberschreitung für fünf verschiedene Schwellenwerte in Bezug auf die Maximalamplitude  $A$ . In der Praxis kann das verwendete Bandpassfilter den genauen Wert der Verzögerung der ersten Schwellenüberschreitung weiter modifizieren.

**Tabelle 1 — Verzögerung der ersten Schwellenüberschreitung in Abhängigkeit von der Beziehung Schwellenwert zu Maximalamplitude für ein dreieckig moduliertes Prüfsignal**

| Schwellenwerte in Bezug auf die Maximalamplitude in dB | Verzögerung der ersten Schwellenüberschreitung für ein dreieckig moduliertes Prüfsignal in % der Anstiegszeit |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A - 20$                                               | 10,0                                                                                                          |
| $A - 25$                                               | 5,6                                                                                                           |
| $A - 30$                                               | 3,2                                                                                                           |
| $A - 35$                                               | 1,8                                                                                                           |
| $A - 40$                                               | 1,0                                                                                                           |

Siehe auch die zusätzlichen Informationen zur Überprüfung der Anstiegszeit in 7.6.4.

#### 4.2.3 Burstsinal der $\sin^2$ -förmig modulierten Sinuswelle



##### Legende

- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$
- 3 Betrag in dB
- 4 Frequenz in kHz

**Bild 2 — Burstsinal der  $\sin^2$ -förmig modulierten Sinuswelle**

Wegen des stetigen Verlaufs am Anfang, beim Maximum und am Ende des Burstsinals ergibt ein  $\sin^2$ -förmig moduliertes Signal (siehe Bild 2), bezeichnet als **S2-Sw'T**, ein reineres Frequenzspektrum. Im Vergleich zu den anderen Arten der Prüfsignale vermeidet diese Wellenart Einflüsse des Bandpassfilters auf die Wellenform des Signals, wie z. B. Überschwingungen am Anfang und Nachschwingungen am Ende. Daher muss diese Art von Signal für die Überprüfung der auf die Maximalamplitude des Burstsinals bezogenen Parameter (Maximalamplitude, Nachweisschwelle, Energie und Signalstärke) verwendet werden. Diese Art von Signal darf auch verwendet werden, um die Frequenzantwort des Bandpasses eines Vorverstärkers oder eines Schallemissionssignalprozessors basierend auf der Messung der Maximalamplitude des Burstsinals zu ermitteln, siehe 7.5.

Ähnlich wie bei der dreieckig modulierten Sinuswelle ist auch hier die von einem Schallemissionssignalprozessor gemessene Anstiegszeit des Prüfsignals kürzer als die sichtbare Anstiegszeit, da die Messung der Anstiegszeit zum Zeitpunkt der ersten Schwellenüberschreitung beginnt.

Das in Bild 2 dargestellte Signal ergibt sich aus Gleichung (3):

$$U(t) = UP \times \sin(2 \times \pi \times F'N \times t) \times \sin^2(\pi \times F'T \times t) \quad (3)$$

$$F'T = F'N/SWpB \quad (4)$$

Dabei ist

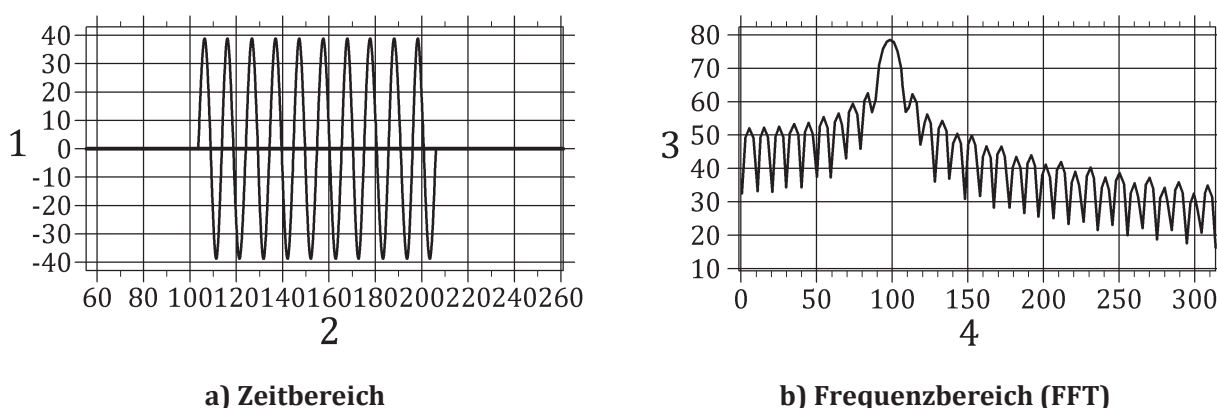
- $U(t)$**  die Spannung, in mV, über die Dauer  **$t$** ;
- $t$**  die Dauer des stimulierten Burstsinals, in  $\mu\text{s}$ , mit Werten von  **$t = 0$**  bis  **$t = 1 / F'T$** ;
- $UP$**  die Maximalamplitude (98 mV<sub>p</sub> in Bild 2) des simulierten Burstsinals;
- $F'N$**  der Nennwert der Trägerfrequenz, in MHz;
- $SWpB$**  die Sinuswellen je Burstsinal (41 in Bild 2);
- $F'T$**  die Frequenzeinstellung am Arbiträrgenerator.

Gleichung (4) definiert den Einstellwert der Frequenz  $F'T$  des Arbiträrgenerators (AFG) zum Erzielen des Nennwerts der Trägerfrequenz  $F'N$  bei einer bestimmten Anzahl von programmierten Sinuswellen je Burstsinal  $SWpB$ .

Diese Welle muss von einem Arbiträrgenerator (AFG) erzeugt werden. Die Wellenform muss als eine Folge von Spannungsabtastrungen nach Gleichung (3) mit  $UP = 1 \text{ mV}_P$  definiert und in den Arbiträrgenerator geladen werden. Der Einstellwert der Maximalamplitude  $A'T$  ( $98 \text{ mV}_{PP}$  für  $98 \text{ mV}_P$  in Bild 2) und der Einstellwert der Frequenz  $F'T$ , siehe Gleichung (4), müssen in den Arbiträrgenerator eingegeben werden.

Ähnlich wie bei der dreieckig modulierten Sinuswelle ist auch hier die von einem Schallemissionssignalprozessor gemessene Anstiegszeit des Prüfsignals kürzer als die sichtbare Anstiegszeit, da die Messung der Anstiegszeit erst zum Zeitpunkt der ersten Schwellenüberschreitung beginnt.

#### 4.2.4 Burstsinal der rechteckig modulierten Sinuswelle



#### Legende

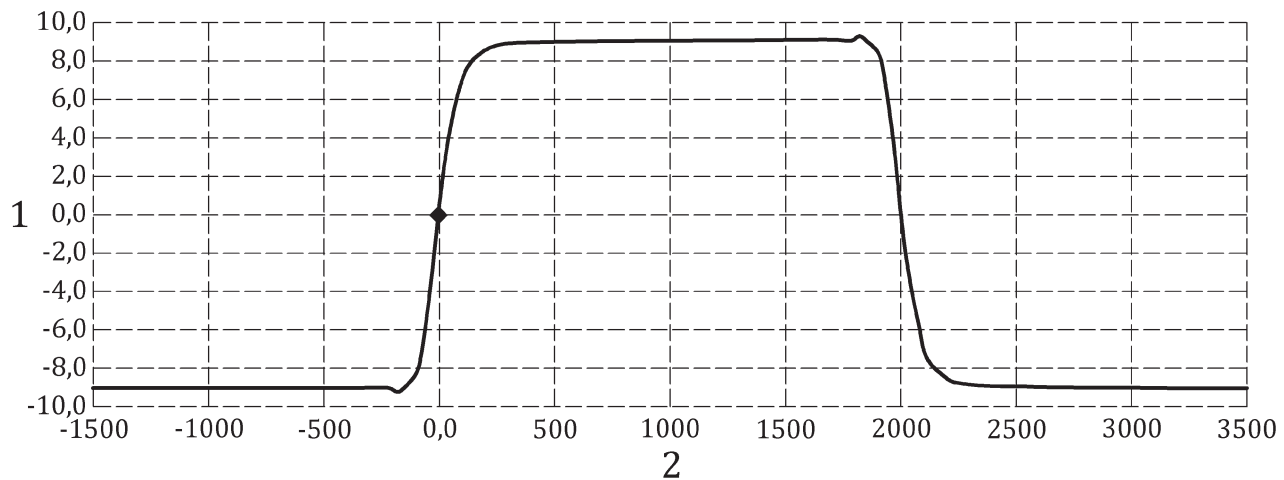
- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$
- 3 Betrag in dB
- 4 Frequenz in kHz

**Bild 3 — Burstsinal der rechteckig modulierten Sinuswelle**

Dieses Prüfsignal wird mit  $R-Sw'T$  bezeichnet. Es ist durch die Größen  $A$  (Amplitude),  $D$  (Dauer) und  $FC$  (Trägerfrequenz) definiert, siehe Bild 3. Es wird hauptsächlich für Überprüfungen verwendet, die von der Dauer abhängig sind.

Bei Verwendung eines Arbiträrgenerators (AFG) ergibt sich die Dauer in  $\mu\text{s}$  ( $100 \mu\text{s}$  in Bild 3) aus dem Einstellwert der Anzahl an Sinuswellen je Burstsinal (10 in Bild 3) geteilt durch den Einstellwert der Frequenz in MHz ( $0,1 \text{ MHz}$  in Bild 3).

#### 4.2.5 Rechteckimpuls



##### Legende

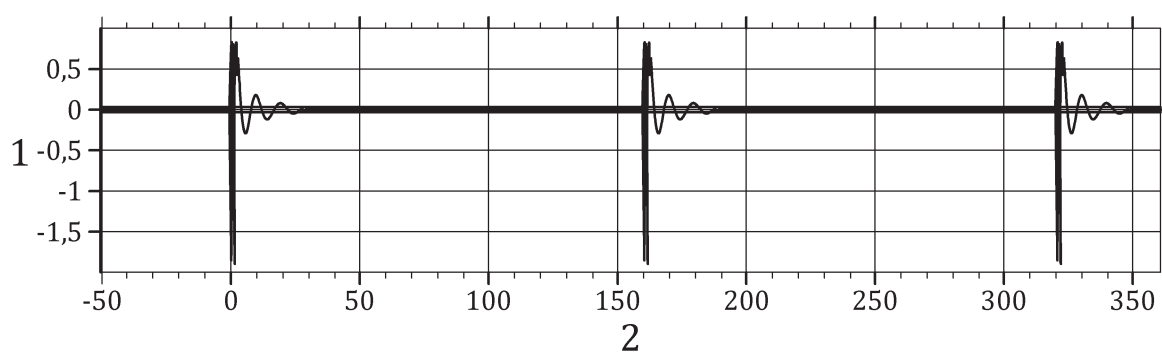
- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$

**Bild 4 — Impulssignal**

Dieses Prüfsignal, bezeichnet mit **R-P'T**, wird verwendet, um die Messung der Zeitdifferenz  $\Delta t$  zu überprüfen. Es wird durch die Größen  $A$  (Amplitude) und  $D$  (Dauer) definiert. Bild 4 zeigt einen Impuls mit einer Amplitude von  $18 V_{pp}$  und einer Dauer von  $200 \text{ ns}$  am Ausgang eines Arbiträrgenerators (AFG). Der Einstellwert der Amplitude war  $9 V_{pp}$ . Bei einem nicht abgeschlossenen Ausgang beträgt die Amplitude das Doppelte des Einstellwert.

Ein solcher Impuls, der in einen piezoelektrischen Sensor eingespeist wird, wandelt den Sensor in einen Sender um. Dadurch wird ein Schallimpuls erzeugt, der dazu genutzt werden kann, reproduzierbare Schallemissionsereignisse in einem Prüfkörper zu stimulieren (siehe 4.3).

#### 4.2.6 Periodische Signale



##### Legende

- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$

**Bild 5 — Folge von transienten Signalen (Impulsen) hinter dem Bandpass, in einem zeitlichen Abstand von  $160 \mu\text{s}$**

Dieses Signal kann zur Überprüfung der Signalverarbeitungsrate verwendet werden. Dabei handelt es sich um eine Aufeinanderfolge der in 4.2.5 beschriebenen Rechteckimpulse. Sie wird definiert durch  $A$  (Maximalamplitude),  $D$  (Dauer) und  $f$  (Wiederholfrequenz), üblicherweise 1 Hz bis 100 kHz. Bild 5 zeigt ein Beispiel für ein Signal mit  $1/f = 160 \mu\text{s}$ , wobei die Impulse hinter dem Bandpassfilter eines Schallemissionssignalprozessors aufgenommen wurden. Die höchste sinnvolle Wiederholfrequenz wird durch den Nachschwingeffekt des Bandpassfilters begrenzt. Oberhalb von 10 kHz sollte jeder Bandpass in den Messketten umgangen werden, wenn dieses Signal verwendet wird.

#### 4.2.7 Gleichstrom-Signal

Dieses Signal, bezeichnet mit **DC\_HiZ'T**, wird für die Überprüfung der externen parametrischen Eingänge verwendet. Es kann durch den Arbiträrgenerator (AFG) im DC-HiZ-Modus erzeugt werden, wobei die erzeugte Spannung dem Einstellwert des Arbiträrgenerators entspricht.

#### 4.2.8 Zusammenfassung der Prüfsignale

In Tabelle 2 sind die Bezeichnungen aller in diesem Dokument verwendeten Prüfsignale aufgelistet.

**Tabelle 2 — Bezeichnungen von Prüfsignalen**

| Bezeichnung     | Prüfsignal                                              |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| <b>C-Sw'T</b>   | Kontinuierliche Sinuswelle                              |
| <b>Tri-Sw'T</b> | Burstsignal der dreieckig modulierten Sinuswelle        |
| <b>S2-Sw'T</b>  | Burstsignal der $\sin^2$ -förmig modulierten Sinuswelle |
| <b>R-Sw'T</b>   | Burstsignal der rechteckig modulierten Sinuswelle       |
| <b>R-P'T</b>    | Rechteckimpuls                                          |
| <b>DC_HiZ'T</b> | Gleichstrom-Signal mit HiZ- Einstellwerten              |

Die Bezeichnungen dienen der Kennzeichnung der verwendeten Prüfsignale für die Einstellung des Arbiträrgenerators (AFG) für die geforderten Überprüfungen, siehe Tabelle 5.

### 4.3 Prüfkörper

Der Prüfkörper kann unterschiedliche Formen haben, z. B. ein Metallblock, eine Metallplatte oder ein Acrylstab. Einmal festgelegt, müssen Maße, Konstruktionsmaterial, Position der Quelle (Hsu-Nielsen-Quelle oder piezoelektrischer Sender, siehe auch 4.2.5), Montageposition des Sensors und Einsatzbereich so gelenkt werden, dass eine gute Vergleichpräzision der Ergebnisse sichergestellt ist.

Die Kontaktfläche für den Sensor muss eben und glatt sein. Der Prüfkörper muss gegenüber der Unterlage akustisch isoliert werden, um Störungen durch externe Geräuschquellen zu vermeiden.

### 4.4 Abschirmungsprüfplatte

Die Abschirmungsprüfplatte ist eine kleine, ebene Metallplatte, die groß genug ist, um die empfindliche Fläche des Sensors abzudecken. Die Platte muss einem Signal mit Sinusschwingung ausgesetzt werden; deshalb muss sie elektrisch gegen Erde isoliert werden. Die Sensorseite muss mit einer dünnen nichtleitenden Schicht abgedeckt werden. Das Maß der Platte und die Dicke der nichtleitenden Schicht müssen kontrolliert werden. Die Prüfplatte muss mit einer Kennzeichnung versehen werden, die im Überprüfungsbericht verwendet wird, siehe Bild 6 für den Aufbau.

## 5 Sensorüberprüfung

### 5.1 Allgemeines

Das folgende Verfahren ermöglicht den Vergleich einiger Kennwerte von Sensoren des gleichen Typs. Die Beeinträchtigung eines Sensors kann z. B. von einem mechanischen Schock, der Einwirkung hoher Temperaturen, stark ionisierender Strahlung, einer korrosiven Umgebung, dem Eindringen von Wasser oder von einem defekten Steckverbinder oder Kabel herrühren.

### 5.2 Vorgesehener Zweck

Die Sensorüberprüfung dient folgenden Zwecken:

- a) Warnung davor, dass sich die Empfindlichkeit verschlechtert hat oder die interne Abschirmung beschädigt wurde;
- b) Feststellung, wann ein Sensor nicht mehr zur Verwendung geeignet ist;
- c) Überprüfung von Sensoren, von denen bekannt ist, dass sie hochrisikobehafteten Einflüssen ausgesetzt waren;
- d) Zusammenstellung von angepassten Sensorgruppen, um ein gleichförmiges Verhalten zu erreichen;
- e) schnelle und zuverlässige Überprüfung von Sensoren und Unterstützung bei der Fehlersuche, wenn ein Kanal einen Fehler zeigt.

### 5.3 Ausfüllen des Berichtsformulars und erste Überprüfung

Das in Anhang A angegebene Berichtsformular darf verwendet werden, um die Sensorüberprüfung zu dokumentieren.

Einzelheiten des Berichtsformats für die anzugebenden Elemente, das in Anhang A dargestellt ist, können durch die Software bestimmt oder beeinflusst werden, die für die Auswertung der Überprüfungsdaten verwendet wird.

Zu den allgemeinen Daten in Tabelle A.1 gehören:

- a) Name des Prüfers und Kennung des Überprüfungsauftrags;
- b) Datum und Uhrzeit (Beginn und Ende) der Überprüfung;
- c) Temperatur und Luftfeuchte am Ort der Überprüfung.

Die folgenden Angaben müssen zur Messausrüstung für die Überprüfung der Empfindlichkeit des Sensors gemacht werden. Tabelle A.2 zeigt ein Beispiel für ein zulässiges Format:

- d) Kennung des Prüfkörpers, des verwendeten Koppelmittels und Angabe des Abstands zwischen Quelle und Sensor;
- e) Durchmesser der Hsu-Nielsen-Quelle (0,5 mm oder 0,3 mm) sowie Härtegrad (gewöhnlich 2H).

Wird ein piezoelektrischer Sender anstelle einer Hsu-Nielsen-Quelle verwendet, muss Folgendes aufgeführt werden:

- f) Typ und Seriennummer des Senders;
- g) Anregung (in Einheiten von  $V_{PP}$ ) des Senders und, falls das Schallemissionssystem eine solche Option bietet, den primären Frequenzinhalt des Impulses (z. B. normal oder niedrig);
- h) das verwendete Schallemissionssystem (Modell und Seriennummer);
- i) der Schallemissionssignalprozessor (Modell, Seriennummer, Eckfrequenz des Hochpasses und des Tiefpasses des Bandpassfilters sowie das Datum der letzten durchgeführten Überprüfung);
- j) der Vorverstärker (Modell, Seriennummer, Verstärkung, Eckfrequenz des Hochpasses und des Tiefpasses des Bandpassfilters sowie das Datum der letzten durchgeführten Überprüfung);
- k) Kabel zwischen Sensor und Vorverstärker und dessen Länge.

Die wichtigsten Parameter für die Überprüfung des Abschirmungsübersprechens (en: shield crosstalk, SC) müssen in Tabelle A.3 eingetragen werden:

- l) Prüfplattenkennung, Prüfplattenspannung und Einstellwert der Frequenz;
- m) Dicke der Isolierung;
- n) Herstellerspezifikation und Zulässigkeitsgrenze.

Zunächst wird eine erste Überprüfung des zu überprüfenden Sensors vorgenommen (en: sensor under verification, SUV), um alle offensichtlichen mechanischen Beschädigungen festzustellen, wobei besonderes Augenmerk auf Steckverbinder und Kabel, sofern vorhanden, gelegt wird. Wird eine Beschädigung erkannt, wird eine entsprechende Bemerkung im Berichtsformular unter der jeweiligen Überschrift eingetragen.

Tabelle A.4 in Anhang A zeigt ein zulässiges Format für die Angabe der Messergebnisse in Zusammenhang mit den spezifischen Sensoren und für die Beurteilung der zu überprüfenden Sensoren.

## 5.4 Überprüfung der Empfindlichkeit

### 5.4.1 Allgemeines

- a) Zur Überprüfung der Sensorempfindlichkeit muss ein überprüfter Schallemissionssignalprozessor verwendet werden.
- b) Falls der Sensor keinen Vorverstärker nutzt, müssen ein überprüfter Referenzvorverstärker und ein Sensorkabel des festgelegten Typs und der festgelegten Länge verwendet werden.
- c) Die Frequenzfilter im Vorverstärker und im Schallemissionssignalprozessor müssen die Bandbreite des Sensors gut abdecken.
- d) Für eine gute Vergleichpräzision müssen die Positionen der Hsu-Nielsen-Quelle bzw. des piezoelektrischen Senders, je nachdem, was verwendet wurde, und die Positionen des zu überprüfenden Sensors auf dem Prüfkörper markiert werden. Der eingestellte Abstand zwischen Quelle und Sensor muss eine Sättigung der Messkette sicher verhindern.
- e) Besonderes Augenmerk muss auf die Auswahl des Koppelmittels zwischen Sensor und Prüfkörper gelegt werden. Das gewählte Koppelmittel muss innerhalb einer angemessen kurzen Wartezeit die endgültige Kopplungsqualität erreichen. Etliche Koppelmittelprodukte benötigen Stunden, bis die endgültige Kopplungsqualität erreicht ist. Diese sind für die Sensorüberprüfung nicht geeignet.
- f) Die Bedingungen und Ergebnisse der Sensorüberprüfung müssen angegeben werden, z. B. mithilfe des in Anhang A dargestellten Berichtsformats.

## 5.4.2 Durchführung der Prüfung

- a) Prüfkörper, Sensoren und Koppelmittel werden liegen gelassen, bis sie die Umgebungstemperatur angenommen haben.
- b) Der zu überprüfende Sensor wird unter Anwendung eines geeigneten Koppelmittels an der markierten Position auf dem Prüfkörper angebracht. Das Koppelmittel sparsam verwenden, z. B. sind für die meisten zu überprüfenden Sensortypen etwa 0,1 cm<sup>3</sup> Silikonfett ausreichend.
- c) Der Sensor wird fest auf den Prüfkörper gedrückt, um eine gute Ankopplung sicherzustellen. Dabei wird sichergestellt, dass sich die Position des Sensors auf dem Prüfkörper während der Prüfung nicht verändern kann. Die Anwendung einer Halterung mit konstanter Anpresskraft, z. B. eine Federdruckaufnahme für den Sensor, wird empfohlen.
- d) Mit einer Hsu-Nielsen-Quelle werden fünf Bleistiftminenbrüche an der vorgegebenen Stelle auf dem Prüfkörper erzeugt. Für jeden Bruch wird die Maximalamplitude des Burstsignals in dB<sub>AE</sub> in den Spalten SR1 bis SR5 des Berichtsformulars aufgezeichnet, wie z. B. in Tabelle A.4 von Anhang A. Der Mittelwert der drei höchsten Antworten in **SR1** bis **SR5** muss als **SR** angegeben werden, die „gültige“ Antwort eines zu überprüfenden Sensors, und der höchste **SR**-Wert aller zu überprüfenden Sensoren, abzüglich 3 dB, muss als **SRMAX-3dB** angegeben werden. Die Überprüfung ist erfolgreich, wenn **SR** größer als **SRMAX-3dB** ist und das Abschirmungsübersprechen **SC** kleiner als die Zulässigkeitsgrenze **SC.U** ist, siehe 5.5. Ein „ja“ oder ein „nein“ muss angegeben werden, z. B. in der letzten Spalte von Tabelle A.4.
- e) Als Alternative zu einer Hsu-Nielsen-Quelle wird aus einem piezoelektrischen Sensor, der mit einem elektrischen Impuls gespeist wird, ein piezoelektrischer Sender eines Schallimpulses, der dazu verwendet werden kann, besser reproduzierbare Schallemissionsereignisse in einem Prüfkörper zu stimulieren, siehe auch 4.2.5. **SR1** bis **SR5**, **SR** und **SRMAX-3dB** müssen wie in d) beschrieben bestimmt und angegeben werden.

ANMERKUNG Dieses Verfahren ergibt nicht die Sensorempfindlichkeit in Ausgabeeinheiten von Volt je Eingabeeinheit der Teilchenbewegung. Neueste Arbeiten [1], [2] zeigen, dass das Empfindlichkeitsspektrum eines zu überprüfenden Sensors in Ausgabeeinheiten von Volt je Eingabeeinheit der Teilchenbewegung über die Frequenz durch die Verwendung eines wellenanregenden Sensors ermittelt werden kann, der durch einen elektrischen Impuls angesteuert wird, um das Eingangsbewegungsspektrum für den direkt gekoppelten Sensor zu stimulieren. Das Spektrum der Sendeempfindlichkeit des Wellenanregers kann durch Laser-Vibrometrie in Ausgabeeinheiten der Teilchenbewegung je Eingabeeinheit von Volt überprüft werden. Sowohl die Sende- als auch die Empfangsempfindlichkeit beziehen sich auf die freie Bewegung der Oberfläche, wie von ASTM E1106-12 (2017), 5.5, für die primäre Kalibrierung des Schallemissionssensors [3] gefordert.

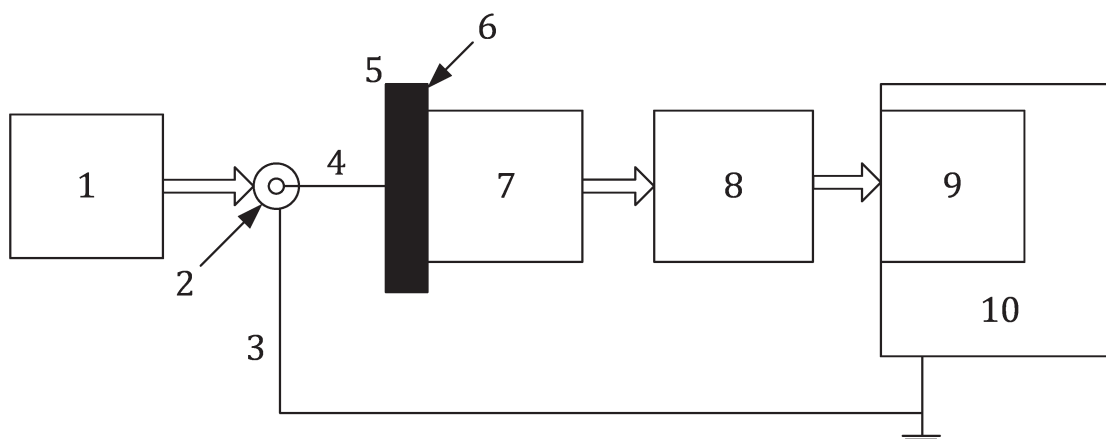
## 5.5 Überprüfung des elektrischen Abschirmungsübersprechens

### 5.5.1 Allgemeines

Wenn ein innerer Fehler der elektrischen Abschirmung vorliegt oder diese mangelhaft ausgeführt ist, kann das Sensorsignal durch elektrische Störspannungen an der Oberfläche, an die der Sensor gekoppelt ist, gestört werden. Diese Störspannung ist nur schwer von akustischem Rauschen zu unterscheiden, da beide Rauscharten verschwinden, wenn der Sensor von der Oberfläche getrennt wird. Dieser Überprüfungsschritt misst das Abschirmungsübersprechen **SC**, um es mit dem Zulässigkeitskriterium **SC.U** zu vergleichen.

Das Abschirmungsübersprechen ist ein wichtiges Kriterium für die Auswahl des richtigen Sensormodells, das z. B. für den Nachweis von Teilentladungen und deren Ortung durch Schallemission verwendet wird, wobei die Oberfläche des Prüfgegenstands kurze elektrische Hochspannungsimpulse führen kann, die durch Teilentladungen erzeugt werden. Ein Abschirmungsübersprechen von -80 dB, was den Anforderungen vieler Anwendungen entspricht, kann aufgrund des elektrischen Impulses ein höheres Ausgangssignal verursachen als die Wellenbewegung, wobei beide durch Teilentladung entstehen. Durch das Übersprechen der Teilentladung erzeugte Burstsignale sind nutzlos und möglicherweise irreführend für die Berechnung der Ortung sowie für die Analyse der Intensität. Für den Nachweis von Teilentladungen verwendete Schallemissionssensoren müssen ein Abschirmungsübersprechen von unter -120 dB aufweisen. Das Überprüfungsverfahren für **SC** trennt Abschirmungsübersprechen wirksam von anderen Störungen.

Der Prüfaufbau wird in Bild 6 dargestellt. Ein sinusförmiges Prüfsignal von etwa 600 kHz von einem Arbiträrgenerator (AFG), wie er für andere Überprüfungen verwendet wird, wird mit einer metallischen Abschirmungsprüfplatte verbunden. Der zu überprüfende Sensor wird mit der Prüfplatte über die zwischenliegende nichtleitende Schicht gekoppelt. Dadurch wird der zu überprüfende Sensor dem durch das Prüfsignal erzeugten elektrischen Feld ausgesetzt, das ein Übersprechen am Ausgang des zu überprüfenden Sensors verursacht. Das Ausgangssignal des zu überprüfenden Sensors wird mit einem Schallemissionssystem gemessen und sein Zeit- und Frequenzbereich werden kontinuierlich dargestellt; für ein Beispiel siehe Bild 7 a) und b). Zur bestmöglichen Trennung von Übersprechen und anderen Störungen wird ein Bandpass für 400 kHz bis 850 kHz (Einstellwert des Schallemissionssystems **BPSC'S**, siehe Tabelle 4) in der Messkette empfohlen.



#### Legende

- 1 Arbiträrgenerator (AFG)
- 2 Ende des Koaxialkabels
- 3 mit Erde verbundener Kabelschirm
- 4 innerer Leiter zur Prüfplatte
- 5 Abschirmungsprüfplatte
- 6 nichtleitende Schicht
- 7 zu überprüfender Schallemissionssensor (SUV)
- 8 Vorverstärker (sofern nicht integriert)
- 9 Schallemissionssignalprozessor
- 10 Schallemissionssystem

**Bild 6 — Messaufbau zur Überprüfung der Abschirmung**

Abschirmungsübersprechen wird mit Gleichung (5) berechnet:

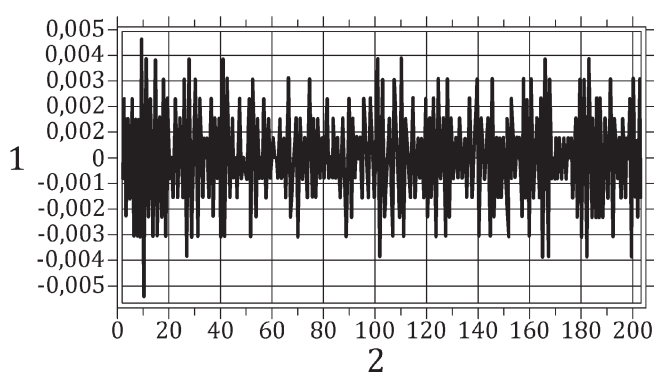
$$SC = SCUS - SCA \quad (5)$$

Dabei ist

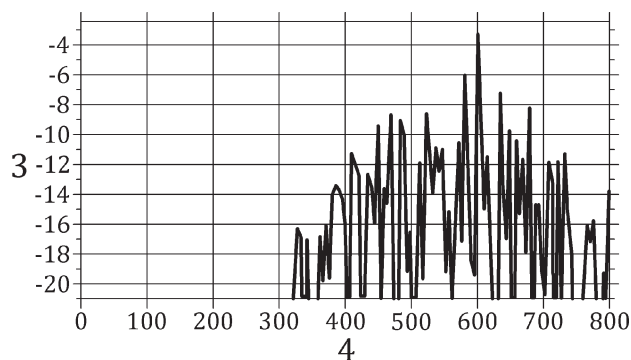
- SC** das Abschirmungsübersprechen, in dB;
- SCUS** der FFT-Betrag der Antwort des zu überprüfenden Sensors (SUV) auf die SC-Stimulation entsprechend dem in Bild 6 gezeigten Aufbau. Der Betrag wird in dB aus einer FFT-Anzeige entnommen, wie in Bild 7 b) am Frequenzeinstellwert des Arbiträrgenerators gezeigt;
- SCA** die Spannung an der Oberfläche der Prüfplatte, an der der zu überprüfende Sensor befestigt wird, in dB<sub>AE</sub>, üblicherweise 140 dB<sub>AE</sub>, was 10 V<sub>P</sub> am Ausgang des Arbiträrgenerators entspricht, wenn die Amplitude des Arbiträrgenerators auf **A'T** = 10 V<sub>PP</sub> eingestellt wird. Im hochohmigen Zustand wird der Ausgang durch die Kapazität der Abschirmungsprüfplatte gegen Erde und gegen den zu überprüfenden Sensor nur geringfügig belastet.

Bild 7 a) zeigt den Zeitbereich (in mV in Abhängigkeit von  $\mu\text{s}$ ) und Bild 7 b) zeigt die schnelle Fourier-Transformation (in dB in Abhängigkeit von kHz) des Rauschgangssignals eines durch Abschirmungsübersprechen stimulierten zu überprüfenden Sensors. Die schmale Spitze bei 600 kHz in der FFT ergibt sich durch das Abschirmungsübersprechen. Die anderen Spitzen weisen auf andere Rauschquellen hin. Das **SC**-Ergebnis für diesen Sensor ergibt sich durch Subtraktion der Prüfplattenspannung **SCA** von 140 dB<sub>AE</sub> vom **SCUS** (–3 dB in Bild 7 b) beim Maximum bei 600 kHz), was hier ein **SC** von –143 dB ergibt, das das niedrigste messbare **SC** im gegebenen Aufbau ist.

Bild 7 wurde erfasst mit einem Vorverstärker mit einer Verstärkung von 34 dB, einem Eingangsbereich des Signalprozessors von 2,5 V<sub>PP</sub> (d. h. 12 dB Nachverstärkung) und einem 16-Bit-Digitalwandler mit 10 MHz und FFT-Puffer für 2 048 Abtastungen, was eine FFT-Auflösung von 4,882 8 kHz (10 MHz/2 048) ergibt. Die Prüfplattenspannung **SCA** war eine kontinuierliche Sinuswelle mit 10 V<sub>P</sub> (entspricht 140 dB<sub>AE</sub>) und einer Frequenz von 600,58 kHz. Die dB-Skala in Bild 7 b) berücksichtigt die Verstärkung durch sowohl die Vor- als auch die Nachverstärkung.



a) Zeitbereich

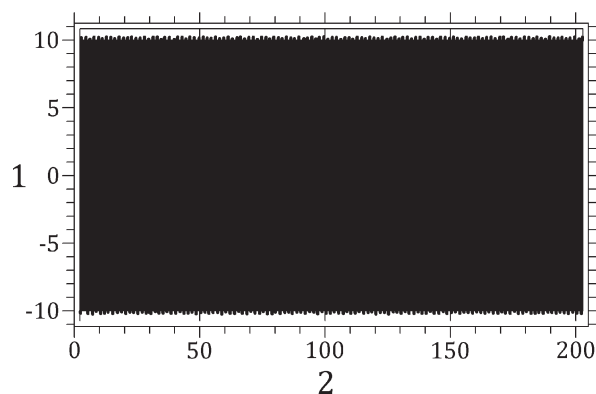


b) Frequenzbereich (FFT)

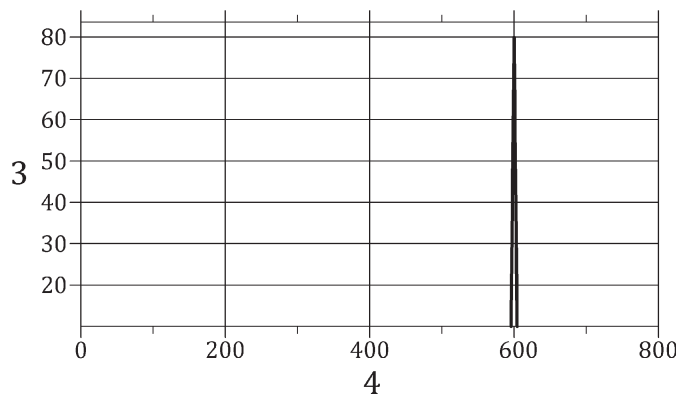
#### Legende

- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu\text{s}$
- 3 Betrag in dB
- 4 Frequenz in kHz

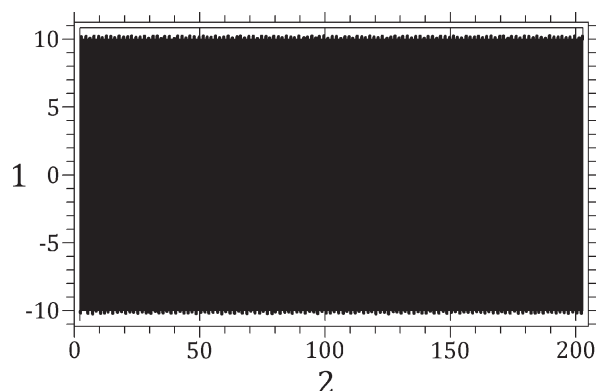
**Bild 7 — Antwort des Sensors auf eine Sinuswelle mit 10 V<sub>P</sub> und 600 kHz an der Abschirmungsprüfplatte**



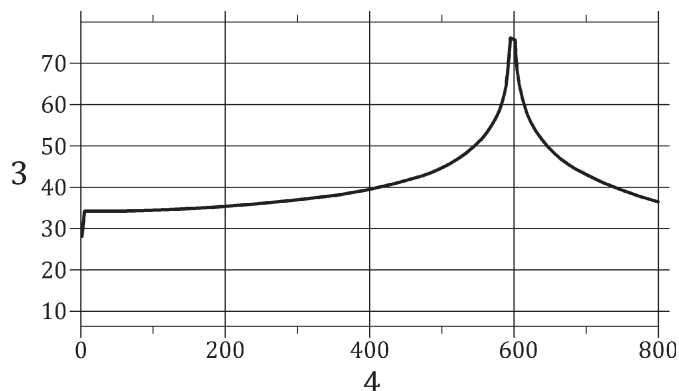
a) 80-dB<sub>AE</sub>-Signal im Zeitbereich



b) 80-dB<sub>AE</sub>-Signal, angepasst an das FFT-Bin-Intervall



c) 80-dB<sub>AE</sub>-Signal im Zeitbereich



d) 80-dB<sub>AE</sub>-Signal zwischen zwei FFT-Bin-Intervallen

#### Legende

- 1 Spannung in mV
- 2 Zeit in  $\mu$ s
- 3 Betrag in dB
- 4 Frequenz in kHz

**Bild 8 — Einfluss der Feinanpassung der Frequenz an die Skalierung der Amplitude in einem FFT-Diagramm**

Bild 8 veranschaulicht die Bedeutung einer genauen Frequenzanpassung für die Prüfung. Für Bild 8 b) wurden der Betrag von 80 dB und die geringe Bin-Breite durch die Feinanpassung der Prüffrequenz an 600,58 kHz erreicht. Für Bild 8 d) wurde die Prüffrequenz an die niedrigste FFT-Spitze bei 598,12 kHz und 76 dB feinangepasst. Das Ausgangssignal des Arbiträrgenerators wurde auf 1 V<sub>PP</sub> eingestellt und über eine Gleichstromsperre in den mit 50  $\Omega$  abgeschlossenen Signalprozessor eingespeist. Aufgrund der fehlenden Vorverstärkung von 34 dB wird in den Bildern 8 a) und 8 c) eine Amplitude von 20 mV<sub>PP</sub> (1 V<sub>PP</sub>/50) dargestellt.

#### 5.5.2 Durchführung

- a) Der zu überprüfende Sensor wird in einer akustisch ruhigen Umgebung auf die nichtleitende Schicht der Abschirmungsprüfplatte aufgesetzt und, wenn der zu überprüfende Sensor den Vorverstärker enthält, direkt oder ansonsten über einen rauscharmen Vorverstärker mit dem Schallemissionssignalprozessor verbunden.
- b) Das Signal des Arbiträrgenerators (AFG) wird an die Abschirmungsprüfplatte angelegt und der Kabelschirm wird mit der Erde des Schallemissionssystems verbunden, die mit der Schutz Erde verbunden ist, wie in Bild 6 dargestellt.

- c) Der Arbiträrgenerator wird auf **C-Sw'T**, eine kontinuierliche Sinuswelle, eingestellt, die Frequenz **F'T** auf 600,58 kHz, die Amplitude **A'T** auf 10 V<sub>PP</sub>, was aufgrund des hochohmigen Zustands des Ausgangs des Arbiträrgenerators eine **SCA** von 10 V<sub>P</sub> ergibt. Der Schallemissionssignalprozessor wird auf **BPSC'S**, eine Bandbreite von 400 kHz bis 850 kHz, einen Eingangsbereich von 2,5 V<sub>PP</sub> und eine kontinuierliche Erfassung eines Transienten-Aufzeichnungspuffers von 2 048 Aufzeichnungen bei einer Aufzeichnungsrate von 10 MHz eingestellt. Eine Anzeige von Daten im Zeit- und Frequenzbereich, ähnlich wie in Bild 7, sollte sichtbar sein, wobei die Spitze bei 600 kHz höher als -3 dB<sub>AE</sub> sein könnte.
- d) Aus der FFT-Anzeige wird der Höchstbetrag in dB nahe der Frequenz von 600 kHz abgelesen und es werden 140 dB<sub>AE</sub> subtrahiert, um **SC**, eine negative Zahl, zu erhalten. In Bild 7 muss aus dem Diagramm -3 dB abgelesen werden, es müssen 140 dB<sub>AE</sub> abgezogen werden und **SC** wird zu -143 dB bestimmt.
- e) Wenn die obere Eckfrequenz der Messkette kleiner als 800 kHz ist, z. B. bei einem integrierten Vorverstärker, muss die Prüffrequenz auf etwa 75 % der oberen Eckfrequenz eingestellt und genau an die Frequenz des Höchstbetrags angepasst werden. Das Maximum in der FFT muss wie in Bild 8 b) dargestellt erscheinen. Der Hochpass des Schallemissionssignalprozessors muss auf etwa 50 % dieser Frequenz eingestellt werden.
- f) Ein zulässiges Berichtsformat für die Kennung der Abschirmungsprüfplatte, die Prüflattenspannung **SCA** in wahren V<sub>P</sub>, die Frequenz **F'T**, die Dicke der Isolierschicht auf der Prüfplatte und die Herstellerspezifikationen für das Zulässigkeitskriterium **SC.U** ist in Anhang A angegeben. Das erhaltene **SC** in dB, das durch das Prüfsignal erzeugt wird, muss angegeben werden, z. B. mithilfe von Anhang A, Tabelle A.4, Spalte SC.
- g) Die Überprüfung des Abschirmungsübersprechens ist erfolgreich, wenn **SR** (siehe 5.4.2 d)) größer als oder gleich **SRMAX-3dB** ist, und das Abschirmungsübersprechen **SC** kleiner oder gleich der Obergrenze **SC.U** ist.

## 5.6 Überprüfung des internen Vorverstärkers eines Sensors

Ein in einen Sensor integrierter Vorverstärker muss nach der Beschreibung in Abschnitt 6 überprüft werden, wobei der Sensor nicht vom Vorverstärker getrennt werden kann. Demzufolge muss das Rauschen des Vorverstärkers, **UNP**, mit dem Sensor gemessen werden, der in einer ruhigen Umgebung ausgebaut wird. Zur Stimulierung des Vorverstärkereingangs wird eine Flächenkopplung eines wellenanregenden Sensors, der durch eine kontinuierliche Sinuswelle angesteuert wird, empfohlen. Der Prüfaufbau erfordert einen Vergleich des zu überprüfenden Sensors mit einer überprüften Einheit des gleichen Typs. Alle in Abschnitt 6 beschriebenen Elemente müssen, soweit möglich, auf den internen Vorverstärker des Sensors angewendet und in einem bevorzugten Format wie in Anhang B dargestellt angegeben werden.

## 6 Überprüfung des Vorverstärkers

### 6.1 Erstellen des Berichtsformulars und erste Überprüfung

Anhang B zeigt ein zulässiges Format des Berichtsformulars für die Funktionsüberprüfung des Vorverstärkers in Übereinstimmung mit diesem Abschnitt. Dieses Berichtsformular enthält mehrere Tabellen, in denen alle maßgebenden Informationen, Ergebnisse und Bewertungen eingetragen werden können.

Einzelheiten des Berichtsformats für die anzugebenden Elemente, das in Anhang B dargestellt ist, können durch die Software bestimmt oder beeinflusst werden, die für die Auswertung der Überprüfungsdaten verwendet wird.

Der Prüfer muss die allgemeinen Daten für die Überprüfung des Vorverstärkers in den Bericht eintragen, wie in Tabelle B.1 aufgelistet:

- a) Name des Prüfers und Kennung des Überprüfungsauftrags;
- b) Datum und Uhrzeit (Beginn und Ende) der Überprüfung;
- c) Temperatur und Luftfeuchte am Ort der Überprüfung.

Der zu überprüfende Vorverstärker und die Messausrüstung müssen beschrieben werden. Tabelle B.2 zeigt ein Beispiel für ein zulässiges Format, in dem die folgenden Einträge vorzunehmen sind:

- d) zu überprüfender Vorverstärker (Modell, Hersteller, Seriennummer, Datum der letzten Überprüfung);
- e) Oszilloskop (Modell, Hersteller, Seriennummer, Datum der letzten Kalibrierung);
- f) Schallemissionssystem (Modell, Hersteller, Seriennummer, Datum der letzten Überprüfung);
- g) Schallemissionssignalprozessor (Modell, Hersteller, Seriennummer, Datum der letzten Überprüfung);
- h) Arbiträrgenerator (Modell, Hersteller, Seriennummer, Datum der letzten Kalibrierung).

Jedes zu überprüfende Element (IUV) ist in der ersten Spalte von Tabelle B.3 mit der zugehörigen Kurzbezeichnung in der zweiten Spalte aufgelistet. Die folgenden Daten müssen, soweit zutreffend, für alle zu überprüfenden Elemente angegeben werden. Tabelle B.3 zeigt ein Beispiel für ein zulässiges Format:

- i) Nennwert entsprechend der Herstellerspezifikation;
- j) angewendetes Zulässigkeitskriterium;
- k) Wert des Zulässigkeitskriteriums entsprechend der Herstellerspezifikation.

Der gemessene Wert des jeweiligen zu überprüfenden Elements und die entsprechende prozentuale Abweichung **IUV.DP** müssen angegeben werden. Tabelle B.4 zeigt ein zulässiges Berichtsformat, in dem auf die Gleichungen zur Berechnung der Werte jeder prozentualen Abweichung **IUV.DP** verwiesen wird. Ein Vorteil bei der Verwendung von **IUV.DP** ist, dass der Anwender sofort erkennt, ob die Überprüfung erfolgreich war oder nicht, ohne sich mit komplexen Zulässigkeitskriterien auseinandersetzen zu müssen. Eine einfache Höchstwertbestimmung über alle **IUV.DP** von Tabelle B.4 ergibt entweder  $\text{IUV.DP} \leq 100\%$  und OK = J, was „Überprüfung bestanden“ bedeutet, oder  $\text{IUV.DP} > 100\%$  und OK = N, was „Überprüfung nicht bestanden“ bedeutet. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und zur Vermeidung von Fehlern wird empfohlen, z. B. eine Tabellenkalkulationssoftware zu verwenden, die mit allen notwendigen Formeln vorbereitet ist, um die oben beispielhaft aufgeführten Ergebnistabellen aus eingegebenen Messwerten auszuwerten und anzugeben.

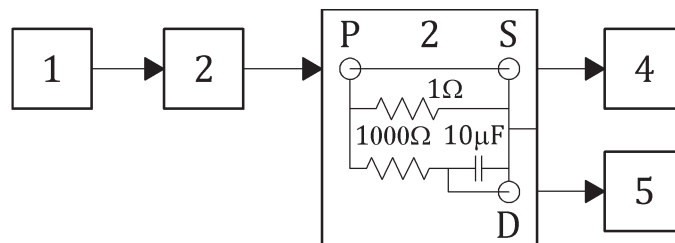
Es muss eine erste Überprüfung des zu überprüfenden Vorverstärkers vorgenommen werden, um alle offensichtlichen mechanischen Beschädigungen festzustellen, wobei besonderes Augenmerk auf Steckverbinder und Kabel gelegt wird. Für den Fall, dass eine Beschädigung festgestellt wird, muss dies angegeben werden.

## 6.2 Überprüfung der Gleichstromaufnahme

### 6.2.1 Allgemeines

Die Messung der Stromaufnahme vor anderen Überprüfungsschritten ist eine empfohlene Praxis, weil eine erhöhte Stromaufnahme oft ein Zeichen für ein mögliches Problem ist. Dieser Überprüfungsschritt dient der Bewertung der Stromaufnahme unter Volllast **IFS** und der Stromaufnahme im Ruhezustand **ISB** eines zu überprüfenden Vorverstärkers.

Folgendes gilt für einen zu überprüfenden Vorverstärker mit Gleichstromversorgung über die Signalleitung von einem Schallemissionssignalprozessor. Bild 9 zeigt den Messaufbau. Die Verwendung eines Strommessadapters (CMA1) wird empfohlen. Dabei handelt es sich um eine kleine Metallbox mit drei BNC-Buchsen mit der Bezeichnung „P“ für den Anschluss des Vorverstärkers, „S“ für den Anschluss des Schallemissionssignalprozessors und „D“ für den Anschluss des Digitalvoltmeters (DVM) und intern mit einem 1-Ω-Reihenwiderstand zwischen der Abschirmung von „P“ und der Abschirmung von „S“ und Erde (GND), einem Widerstand von 100 Ω zwischen der Abschirmung von „P“ und dem Innenleiter von „D“ und einem 10-μF-Kondensator zwischen dem Innenleiter von „D“ und Erde. Zweck von CMA1 ist die Verbindung von „P“ mit „S“ mit Einfügung eines 1-Ω-Stromerfassungswiderstands zur Gleichstrommessung mit einem Digitalvoltmeter. 1 mV an der Buchse D entspricht 1 mA Gleichstrom.



#### Legende

- 1 Arbiträrgenerator (AFG)
- 2 zu überprüfender Vorverstärker
- 3 Strommessadapter CMA1
- 4 Schallemissionssignalprozessor im Schallemissionssystem
- 5 Digitalvoltmeter (DVM)
- ⊙ BNC-Koaxialsteckverbinder
- P CMA1-Kennung „P“ am Steckverbinder zum zu überprüfenden Vorverstärker
- S CMA1-Kennung „S“ am Steckverbinder zum Signalprozessor
- D CMA1-Kennung „D“ am Steckverbinder zum Digitalvoltmeter (DVM)

**Bild 9 — Prüfaufbau für die Messung der Gleichstromaufnahme des Vorverstärkers**

Die folgenden Hinweise müssen, soweit zutreffend, beachtet werden:

- a) Der Ausgang des Arbiträrgenerators (AFG) muss (wie üblich) die Trennung des Kabelschirms von der Schutzterde bereitstellen. Der Arbiträrgenerator darf nur mit einem BNC-Kabel mit dem Vorverstärker und mit einem Netzkabel mit einer Netzsteckdose verbunden werden. Die Ausgangsspannung des Vorverstärkers wird mit dem Schallemissionssignalprozessor gemessen und mit einer geeigneten Software angezeigt.
- b) Wenn der Vorverstärker für eine externe Gleichstromversorgung ausgelegt ist und kein CMA1 verfügbar ist, wird zwischen einer geeigneten Gleichstromversorgung und dem zu überprüfenden Vorverstärker ein Strommessgerät eingefügt. Es wird darauf geachtet, dass der Ausgang des Vorverstärkers für Wechselstrom auf die gleiche Weise abgeschlossen wird wie in der Anwendung, für die er vorgesehen ist. Die Ausgangsspannung wird mit einem hochohmigen Oszilloskop oder einem Transienten-Rekorder und einer geeigneten Software gemessen.

Bei diesem Aufbau, der geringe Anforderungen an Genauigkeit und Rauschen stellt, speist der Arbiträrgenerator den Vorverstärker direkt, ohne dass ein Dämpfungsglied benötigt wird.