

DIN EN ISO 18563-3



ICS 19.100

Entwurf

Einsprüche bis 2023-06-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 18563-3:2016-06

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung
mit phasengesteuerten Arrays –
Teil 3: Vollständige Prüfsysteme (ISO/DIS 18563-3:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 18563-3:2023**

Non-destructive testing –
Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment –
Part 3: Complete systems (ISO/DIS 18563-3:2023);
German and English version prEN ISO 18563-3:2023

Essais non destructifs –
Caractérisation et vérification de l'appareillage ultrasonore multi-éléments –
Partie 3: Système complet (ISO/DIS 18563-3:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 18563-3:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-04-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 84 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18563-3:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2400	siehe	DIN EN ISO 2400
ISO 5577	siehe	DIN EN ISO 5577
ISO 7963	siehe	DIN EN ISO 7963
ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712
ISO 13588	siehe	DIN EN ISO 13588
ISO 18563-1	siehe	DIN EN ISO 18563-1
ISO 18563-2	siehe	DIN EN ISO 18563-2
ISO 20601	siehe	DIN EN ISO 20601
ISO 22232-3	siehe	DIN EN ISO 22232-3
ISO 23243	siehe	DIN EN ISO 23243

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 18563-3:2016-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) im Anwendungsbereich Signalverarbeitungstechniken mit Arrays (z. B. TFM) hinzugefügt;
- b) normative Verweisungen aktualisiert;
- c) Matrix-Array-Prüfköpfe aufgenommen;
- d) Abschnitt 6 „Qualifizierung des Personals“ aufgenommen;
- e) Gruppe-1- und Gruppe-2-Prüfungen gestrichen;
- f) Abschnitt 8 und Abschnitt 9 zusammengelegt und überarbeitet;
- g) 9.4.3 zur Anwendung bildgebender Verfahren für die Verifizierung des vollständigen Prüfsystems zur Vereinfachung für einen funktionelleren Standard hinzugefügt;
- h) Anhang A „Durchzuführende Prüfungen und deren Zulässigkeitskriterien“ gestrichen;
- i) Charakterisierung von Schallbündeln in neuen Anhang A verschoben;

- j) Literaturhinweise aktualisiert;
- k) Dokument redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 2400, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 1*

DIN EN ISO 5577, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie*

DIN EN ISO 7963, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr. 2*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*

DIN EN ISO 13588, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Anwendung von automatisierter phasengesteuerter Array-Technologie*

DIN EN ISO 18563-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung mit phasengesteuerten Arrays — Teil 1: Prüfgeräte*

DIN EN ISO 18563-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung mit Phased-Arrays — Teil 2: Prüfköpfe*

DIN EN ISO 20601, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Verwendung von automatisierter phasengesteuerter Array-Technologie für dünnwandige Bauteile aus Stahl*

DIN EN ISO 22232-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 3: Komplette Prüfausrüstung*

DIN EN ISO 23243, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung mit Arrays — Terminologie*

**Zerstörungsfreie Prüfung – Charakterisierung und Verifizierung der
Ultraschall-Prüfausrüstung mit phasengesteuerten Arrays – Teil 3: Vollständige
Prüfsysteme (ISO/DIS 18563-3:2023)**

Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment – Part 3:
Complete systems (ISO/DIS 18563-3:2023)

Essais non destructifs – Caractérisation et vérification de l'appareillage ultrasonore multi-éléments – Partie 3:
Système complet (ISO/DIS 18563-3:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole	7
5 Allgemeine Anforderungen an die Konformität	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Referenzsystem	8
5.3 Identisches System	9
5.4 Wiederkehrende Prüfung	9
6 Qualifizierung des Personals	9
7 Betriebsarten für Phased-Array-Techniken	9
8 Für die Prüfungen erforderliche Ausrüstung	11
9 Durchzuführende Prüfungen	11
9.1 Allgemeines	11
9.2 Sichtprüfung des Prüfsystems	15
9.2.1 Allgemeines	15
9.2.2 Durchführung	15
9.2.3 Zulässigkeitskriterien	15
9.2.4 Prüfbericht	15
9.3 Überprüfung der Elemente und Kanäle	15
9.3.1 Allgemeines	15
9.3.2 Kanaluordnung	15
9.3.3 Relative Empfindlichkeit der Elemente, Referenzamplitude und tote Elemente	17
9.4 Verifizierung der korrekten Funktion	20
9.4.1 Allgemeines	20
9.4.2 Verstärkersystem	20
9.4.3 Verifizierung der korrekten Funktion mittels Bildgebung	22
9.4.4 Verifizierung der korrekten Funktion durch Messung des Brechungswinkels und des Schallaustrittspunktes	27
9.4.5 Schrägwinkel	31
9.5 Andere Verifizierungen	31
9.5.1 Schielwinkel	31
9.5.2 Nebenkeulen (empfohlen)	32
10 Berichtsheft des Prüfsystems	33
Anhang A (informativ) Schallbündelcharakterisierung	34
A.1 Allgemeines	34
A.2 Schallbündelcharakterisierung bei Kontakttechnik	34
A.2.1 Allgemeines	34
A.2.2 Brechungswinkel und Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes	35
A.2.3 Empfindlichkeit längs der Schallbündelachse	35
A.2.4 Schallbündelabmessungen	36
A.2.5 Schielwinkel	38
A.2.6 Nebenkeulen (empfohlen)	38
A.3 Schallbündelcharakterisierung bei Tauchtechnik	39
A.3.1 Allgemeines	39
A.3.2 Brechungswinkel — Schalleintrittspunkt auf dem Prüfobjekt	39
A.3.3 Empfindlichkeit längs der Schallbündelachse	40
A.3.4 Schallbündelabmessungen	41
Literaturhinweise	43

Bilder

Bild 1 — Verifizierung der Kanaluordnung für einen Kontaktprüfkopf mit Vorsatzkeil	16
Bild 2 — Verifizierung der Kanaluordnung mit einem Kalibrierkörpers nach ISO 19675 für einen Prüfkopf ohne Vorsatzkeil und Vergleich der Elementarlaufzeit bei der Bildgebung	17
Bild 3 — Verifizierung der korrekten Funktion mittels Bildgebung	24
Bild 4 — Verifizierung mittels Plot-Verfahren	24
Bild 5 — Verifizierung durch Messung	25
Bild 6 — Toleranz für die Position der größten Amplitude	26
Bild 7 — Vergleichskörper mit einem Viertelzylinder und eingravierter Achse	28
Bild 8 — Vergleichskörper mit einer Querbohrung und einer Winkeleinteilung auf einer Seite	29
Bild 9 — Gleichzeitige Bestimmung des Brechungswinkels und des Schallaustrittspunktes des Prüfkopfes — Position des Prüfkopfes auf dem Vergleichskörper mit vier Querbohrungen und zugehörige graphische Darstellung	30
Bild A.1 — Beispiel für einen Vergleichskörper mit Querbohrungen gleichen Durchmessers	36
Bild A.2 — Abmessungen des Fokusbereichs	37
Bild A.3 — Beispiel für einen Vergleichskörper mit Bohrungen mit halbkugeligem Boden	38
Bild A.4 — Empfindlichkeit längs der Schallbündelachse bei einem fokussierten Schallbündel	41

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole	8
Tabelle 2 — Definition der Betriebsarten für Phased-Array-Techniken	9
Tabelle 3 — Beispiele für Betriebsarten für Phased-Array-Techniken	10
Tabelle 4 — Durchzuführende Prüfungen	13
Tabelle 5 — Je nach Konfiguration zu verwendende Vergleichskörper	16
Tabelle 6 — Größte Anzahl der toten Elemente	19
Tabelle 7 — Zulässigkeitskriterien für die Linearität der Summe der Signale	22
Tabelle 8 — Zulässigkeitskriterien für die Linearität des Ausgangs	22

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18563-3:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur ersten parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 18563-3:2015 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 18563-3:2023 wurde von CEN als prEN ISO 18563-3:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Directives, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Directives, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 3, *Ultrasonic testing*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 18563:2015), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Integration von Matrix-Array-Prüfköpfen;
- Streichung der Prüfungen von Gruppe 1 und Gruppe 2;
- Hinzufügung eines Kapitels, das sich mit der Anwendung bildgebender Verfahren für die Verifizierung des vollständigen Prüfsystems befasst (9.4.3), zur Vereinfachung für eine funktionellere Norm (Charakterisierung von Schallbündeln wurde in Anhang A verschoben);
- Hinzufügung von Signalverarbeitungstechniken mit Arrays (z. B. TFM) im Anwendungsbereich.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18563 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Ultraschallprüfsysteme für die Prüfung mit Array-Prüfköpfen für die Kontakttechnik (mit oder ohne Vorsatzkeil) oder für die Tauchtechnik mit Mittenfrequenzen im Bereich von 0,5 MHz bis 10 MHz.

Dieses Dokument legt Verfahren und Zulässigkeitskriterien zur Feststellung der Konformität vollständiger Prüfsysteme fest (d. h. Prüfgerät, Prüfkopf, Vorsatzkeil und Verbindungskabel angeschlossen). Es soll den ordnungsgemäßen Betrieb des Prüfsystems vor der Prüfung verifizieren oder verifizieren, dass sich die Leistung des Prüfsystems nicht verschlechtert hat.

Diese Verfahren sind nicht dafür vorgesehen die Eignung des Prüfsystems für besondere Anwendungen nachzuweisen, sondern sind dafür vorgesehen nachzuweisen, dass mit dem (für eine Anwendung verwendeten) vollständigen Prüfsystem den angewandten Einstellungen entsprechend korrekt gearbeitet werden kann. Die Prüfungen können an einzelnen Ultraschallbündeln (bei der Phased-Array-Technik, siehe 9.4.4) oder an den resultierenden Bildern (bei der Phased-Array-Technik und der Technik der vollständigen Fokussierung, siehe 9.4.3) durchgeführt werden.

Die Prüfungen können auf die Funktionen beschränkt werden, die für eine bestimmte Anwendung vorgesehen sind.

Die Kalibrierung des Systems für eine bestimmte Anwendung sowie die Charakterisierung und Verifizierung der mechanischen Abtastausrüstung werden in diesem Dokument nicht behandelt. Es ist vorgesehen, dass diese Punkte durch die Prüfdurchführung abgedeckt werden.

Dieses Dokument befasst sich nicht mit den Konfigurationen von Prüfköpfen, die die Tandemtechnik verwenden.

Die Charakterisierung von Schallbündeln, wie sie für tote Elemente oder für fundierteres Wissen über Schallbündel empfohlen wird, ist in Anhang A dargestellt. Das Dokument ist nicht anwendbar auf die Signalverarbeitungstechnik mit Arrays.

ANMERKUNG Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich die Begriffe „TFM“ und „TFM-Technik“ in diesem Dokument auf die Technik der vollständigen Fokussierung (TFM, en: total focusing technique), wie in ISO 23243 definiert, und auf verwandte Techniken, siehe z. B. ISO 23865 und ISO 23243.

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).

ISO 5577, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Vocabulary*

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel*

ISO 18563-1, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment — Part 1: Instruments*

ISO 18563-2, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment — Part 2: Probes*

ISO 19675, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Specification for a calibration block for phased array testing (PAUT)*

ISO 22232-3, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 3: Combined equipment*

ISO 23243, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing with arrays — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5577, ISO 23243 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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

vollständiges Prüfsystem

zusammengeschaltetes System, einschließlich Prüfgerät, Array-Prüfkopf (mit Vorsatzkeil, falls zutreffend), Verbindungskabel und Adapter

[QUELLE: ISO 23243:2020, modifiziert – Array und Vorsatzkeil hinzugefügt]

3.2

vollständiges Prüfsystem

vollständige Prüfausrüstung, einschließlich der Einstellungen für eine vorgegebene Betriebsart

Anmerkung 1 zum Begriff: Einstellungen sind spezifische Werte oder Wertebereiche, z. B. elektronischer Abtastbereich oder Steuerwinkelbereich.

3.3

Referenzsystem

vollständiges Prüfsystem, das aus einem Prüfgerät nach ISO 18563-1 und einem Prüfkopf ursprünglich nach ISO 18563-2 besteht, an dem alle zutreffenden Prüfungen nach Abschnitt 9 dieses Dokuments erfolgreich durchgeführt wurden

3.4

identisches System

vollständiges Prüfsystem, bei dem die Prüfgeräte, die Prüfköpfe, die Vorsatzkeile, die Verbindungskabel und die Einstellungen für eine bestimmte Betriebsart mit denen des Referenzsystems identisch sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauteile sind identisch, wenn sie vom selben Hersteller und vom selben Modell stammen.

3.5

Berichtsheft des Prüfsystems

Dokument zur Notierung der Ergebnisse für ein vollständiges Prüfsystem, das einen Vergleich mit den Werten, die mit einem Referenzsystem erhalten wurden, ermöglicht

4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Einheit	Bedeutung
λ	mm	Wellenlänge
ΔS_{el}	dB	Relative Empfindlichkeit eines Elements
a_i	mm	<i>Kontakttechnik</i> : reduzierte projizierte Schallweglänge <i>Tauchtechnik</i> : Abstand zwischen der orthogonalen Projektion der Achse der Querbohrung auf der Prüffläche und dem Mittelpunkt der Prüfkopffläche
A_{el}	V oder % FSH	Amplitude eines Elementarsignals
A_{max}	V oder % FSH	Größter Wert der Amplituden aller Elementarsignale
A_{ref}	V oder % FSH	Median der Amplituden aller Elementarsignale
A_{min}	V oder % FSH	Kleinster Wert der Amplituden aller Elementarsignale, mit Ausnahme der toten Elemente
D_{CM}	mm	Abstand zwischen dem Mittelpunkt einer Querbohrung und dem Punkt der größten Amplitude der Anzeige dieser Bohrung
D	mm	Diagonale der aktiven Apertur
$(X_{\text{M}}; Z_{\text{M}})$	mm; mm	Koordinate der Position der größten Amplitude einer Anzeige
G_{ref}	dB	Referenzverstärkung
N	mm	Zur aktiven Apertur zugehörige Nahfeldlänge
θ	°	Brechungswinkel
p	mm	Elementabstand
X	mm	Abstand zwischen der Vorderseite des Prüfkopfes und dem Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes

5 Allgemeine Anforderungen an die Konformität

5.1 Allgemeines

Alle folgenden Prüfungen müssen mit einem Prüfgerät durchgeführt werden, das ISO 18563-1 entspricht, und mit einem Array, das ursprünglich ISO 18563-2 entsprach.

Die Prüfungen können auf die Funktionen beschränkt werden, die für eine bestimmte Anwendung vorgesehen sind, z. B. verwendete Kanäle des Prüfgeräts oder verwendete Teile des Arrays oder spezifische Einstellungen für eine bestimmte Betriebsart.

Wenn alle erforderlichen Prüfungen erfolgreich durchgeführt wurden, gilt das vollständige Prüfsystem als konform mit diesem Dokument und darf als Referenzsystem verwendet werden.

5.2 Referenzsystem

- a) Die vor der ersten Verwendung eines vollständigen Prüfsystems durchzuführenden Prüfungen sind in Tabelle 4 beschrieben.

Die Ergebnisse der an dem Referenzsystem durchgeführten Messungen sind die Basiswerte.

- b) Es muss ein Berichtsheft des Prüfsystems mit diesen Basiswerten erstellt werden.

5.3 Identisches System

- a) Bei der Erstellung eines identischen Systems und/oder bei der Verwendung anderer Kanäle des Prüfgeräts und der Duplizierung der Einstellungen oder nach Wartungsarbeiten müssen die gleichen Prüfungen erneut durchgeführt werden.
- b) Die Ergebnisse der mit dem identischen System durchgeführten Messungen müssen im Berichtsheft des Prüfsystems aufgezeichnet und mit den Basiswerten verglichen werden.

5.4 Wiederkehrende Prüfung

- a) Für eine wiederkehrende Prüfung der korrekten Funktion des Prüfsystems müssen dieselben Prüfungen durchgeführt werden.
- b) Die Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung des vollständigen Prüfsystems muss im Verfahren festgelegt werden, z. B. vor Beginn und am Ende der zerstörungsfreien Prüfung oder täglich.
- c) Das Berichtsheft des Prüfsystems muss nach jeder wiederkehrenden Prüfung aktualisiert werden.

6 Qualifizierung des Personals

Personal, das die Verifizierung in Übereinstimmung mit diesem Dokument durchführt, muss auf einem angemessenen Niveau bezüglich Ultraschallprüfungen nach ISO 9712 oder gleichwertig qualifiziert sein.

Zusätzlich zu den allgemeinen Kenntnissen über die Ultraschallprüfung müssen die Prüfer mit der Anwendung von Phased-Array- oder TFM-Techniken vertraut sein und über praktische Erfahrung verfügen.

7 Betriebsarten für Phased-Array-Techniken

Dieser Abschnitt gilt nicht für Signalverarbeitungstechniken, die Arrays verwenden, z. B. TFM.

Dieser Abschnitt gilt für Phased-Array-Techniken, die auf Schallbündeln basieren, bei denen mehrere Verzögerungsgesetze für mehrere Array-Elemente beim Senden und/oder Empfangen angewendet werden.

Je nach Anwendung dürfen die folgenden Optionen der Phased-Array-Technik angewendet werden:

- Anzahl der aktiven Aperturen (eine oder mehrere);
- Anzahl der Schüsse oder Verzögerungsgesetze (ein oder mehrere) je aktive Apertur;
- Art des Verzögerungsgesetzes (Schallbündelsteuerung, Schallbündelfokussierung oder kombinierte Einstellung).

Die sechs häufigsten Betriebsarten für Phased-Array-Techniken sind in Tabelle 2 festgelegt.

Beispiele für Betriebsarten von Phased-Array-Techniken sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 2 — Definition der Betriebsarten für Phased-Array-Techniken

Betriebsarten	Anzahl der aktiven Aperturen	Anzahl der Verzögerungsgesetze je aktive Apertur	Identische oder eine Reihe verschiedener Verzögerungsgesetze bei jeder Apertur	Array-Ausrichtung	Resultierende(s) Schallbündel
Betriebsart 1	Eins	Eins	Nicht zutreffend (nur eine Apertur)	Nicht zutreffend	Ein Schallbündel
Betriebsart 2	Eins	Mehrere	Nicht zutreffend (nur eine Apertur)	Nicht zutreffend	Mehrere Schallbündel von einer aktiven Apertur

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Betriebsarten	Anzahl der aktiven Aperturen	Anzahl der Verzögerungsgesetze je aktive Apertur	Identische oder eine Reihe verschiedener Verzögerungsgesetze bei jeder Apertur	Array-Ausrichtung	Resultierende(s) Schallbündel
Betriebsart 3	Mehrere	Eins	Identisch	Array parallel zur Prüffläche	Ein Schallbündel von jeder aktiven Apertur, alle Schallbündel sind identisch
Betriebsart 4	Mehrere	Mehrere	Identisch	Array parallel zur Prüffläche	Mehrere Schallbündel von jeder aktiven Apertur, Schallbündel sind für alle aktiven Aperturen identisch
Betriebsart 5	Mehrere	Eins	Identisch	Array nicht parallel zur Prüffläche	Ein Schallbündel von jeder aktiven Apertur, Schallbündel sind für jede aktive Apertur verschieden
			Verschieden	Nicht zutreffend	
Betriebsart 6	Mehrere	Mehrere	Identisch	Array nicht parallel zur Prüffläche	Mehrere Schallbündel von jeder aktiven Apertur, Schallbündel sind für jede aktive Apertur verschieden
			Verschieden	Nicht zutreffend	

Unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Betriebsarten und der entsprechenden Schallbündel wird die Anzahl der zu prüfenden Schallbündel oder Bilder in Tabelle 4 beschrieben.

Tabelle 3 — Beispiele für Betriebsarten für Phased-Array-Techniken

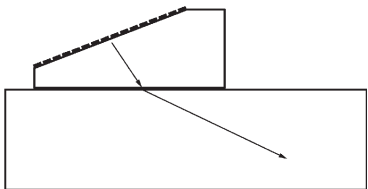
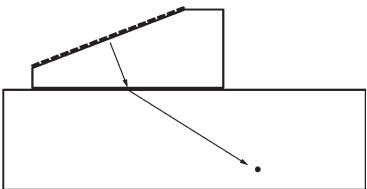
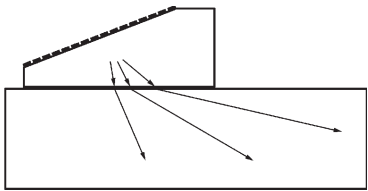
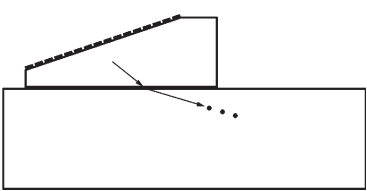
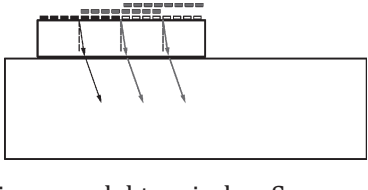
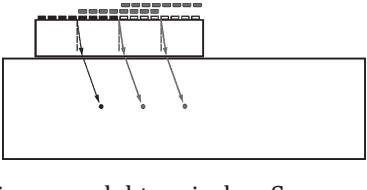
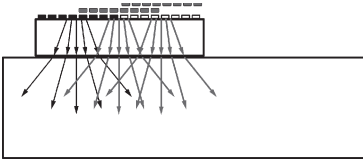
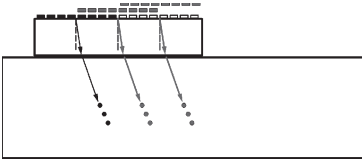
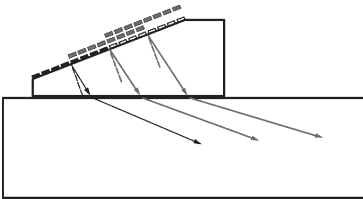
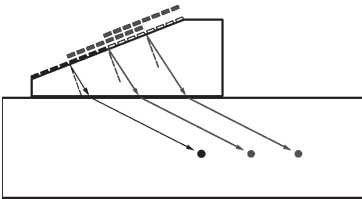
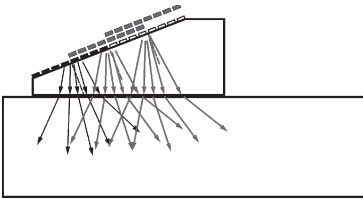
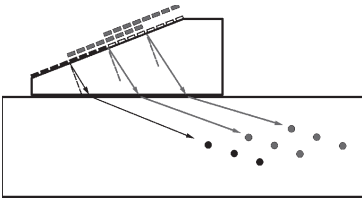
Betriebsarten	Beispiele	
Betriebsart 1		
	a) Schallbündelsteuerung	b) Fokussierung auf einen Punkt
Betriebsart 2		
	a) Sektorielles elektronisches Scannen	b) Fokussierung auf mehrere Punkte
Betriebsart 3		
	a) Lineares elektronisches Scannen mit konstanter Verzögerungsstrecke	b) Lineares elektronisches Scannen mit Fokussierung

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Betriebsarten	Beispiele	
Betriebsart 4	 <p>a) Sektoriell elektronisches Scannen zusammen mit elektronischer Linear-Abtastung</p>	 <p>b) Fokussierung auf mehrere Punkte zusammen mit elektronischer Linear-Abtastung</p>
Betriebsart 5	 <p>a) Lineares elektronisches Scannen mit variabler Verzögerungsstrecke</p>	 <p>b) Lineares elektronisches Scannen mit Fokussierung oder kombinierter elektronische Abtastung</p>
Betriebsart 6	 <p>a) Sektoriell elektronisches Scannen zusammen mit elektronischer Linear-Abtastung</p>	 <p>b) Fokussierung auf mehrere Punkte zusammen mit elektronischer Linear-Abtastung</p>
<p>ANMERKUNG 1 Zur Vereinfachung sind nur die Mittellinien der Schallbündel eingezeichnet. Ein Pfeil gibt die Schallbündelrichtung an, Punkte kennzeichnen die Fokuspunkte.</p> <p>ANMERKUNG 2 Das Medium zwischen dem Array und dem Prüfobjekt darf eine Flüssigkeit (Tauchttechnik) oder ein Festkörper (z. B. Vorsatzkeil) sein.</p>		

8 Für die Prüfungen erforderliche Ausrüstung

Zur Ausrüstung, die für die Prüfungen des vollständigen Prüfsystems erforderlich ist, gehören:

- a) geeignete(r) Vergleichskörper;
- b) Geräte zur Messung der Länge auf $\pm 0,5$ mm und für den Winkel auf $\pm 1^\circ$.

9 Durchzuführende Prüfungen

9.1 Allgemeines

- a) Vor Beginn der Prüfungen müssen die Einstellungen des Prüfsystems in Abhängigkeit vom für die Anwendung verwendeten Array und Vorsatzkeil vorgenommen werden.

- b) Bei Anwendungen, bei denen nur ein Teil des Arrays benutzt wird, können die Prüfungen auf diesen Teil begrenzt werden. In diesem Fall müssen die Ergebnisse der geprüften Teile des Arrays im Berichtsheft des Prüfsystems aufgezeichnet werden.

In Tabelle 3 sind die verschiedenen Prüfungen beschrieben, die an einem vollständigen Prüfsystem auf der Grundlage der verschiedenen Betriebsarten für Phased-Array-Techniken durchzuführen sind.

In der letzten Spalte der Tabelle 3 sind die verschiedenen Prüfungen beschrieben, die an einem vollständigen Prüfsystem mit Signalverarbeitungstechniken unter Verwendung von Arrays durchgeführt werden müssen. Der Einfachheit halber wird sie als TFM-Betriebsart bezeichnet.

Für Prüfungen, bei denen in Tabelle 3 angegeben ist, dass mindestens drei Schallbündel, Aperturen oder Darstellungen zu prüfen sind, bedeutet dies, dass mindestens der Median und die beiden Extremwerte geprüft werden müssen.

Bei der Array-Technik können die Prüfungen entweder an einzelnen Schallbündeln oder an resultierenden Bildern durchgeführt werden, falls zutreffend.

Bei der TFM-Technik können die Prüfungen nur an den resultierenden Bildern durchgeführt werden, da keine einzelnen Schallbündel zur Verfügung stehen.

- Entwurf -

Tabelle 4 — Durchzuführende Prüfungen

Bauteile	Prüfung und Abschnitt	Betriebs- art 1	Betriebs- art 2 Beispiel a	Betriebs- art 2 Beispiel b	Betriebs- art 3	Betriebsart 4	Betriebs- art 5	Betriebsart 6	TFM- Betriebs- art
Sicht- prüfung	Sichtprüfung des Prüfsystems 9.2	Erforderlich							
Elemente und Kanäle	Kanalzuordnung 9.3.2	Erforderlich für verwendete Kanäle							
	Relative Empfindlichkeit der Elemente, Referenzamplitude und tote Elemente 9.3.3	Erforderlich für verwendete Kanäle							
Korrekte Funktion ^c	Verstärkersystem 9.4.2	Erforderlich für verwendete Kanäle							
	Bildgebung verwenden ^a 9.4.3	Nicht zutreffend	S-Bilder	Nicht zutreffend	L-Bilder	Mindestens ein L-Bild- oder S-Bild	L-Bild oder S-Bild	Mindestens drei L-Bilder oder S-Bilder ^b	TFM-Bild
	Messungen des Brechungswinkels und des Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes ^a 9.4.4	Ver- wendetes Schall- bündel	Mindestens 3 Schallbündel ^b		Mindestens drei Aperturen ^b	Mindestens die drei folgenden Schallbündel: erster Schuss der ersten Apertur; letzter Schuss der letzten Apertur und Medianschuss der Median- Apertur	Mindestens drei Aperturen: extreme und mittlere Positionen	— mindestens drei Aperturen ^b , und — für jede dieser Aperturen drei Schallbündel ^b	Nicht zutreffend
	Schrägwinkel 9.4.5								
	Charakterisierung von Schallbündeln Anhang A	Optional							

E DIN EN ISO 18563-3:2023-05
prEN ISO 18563-3:2023(05)

- Entwurf -

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Bauteile	Prüfung und Abschnitt	Betriebs- art 1	Betriebs- art 2 Beispiel a	Betriebs- art 2 Beispiel b	Betriebs- art 3	Betriebsart 4	Betriebs- art 5	Betriebsart 6	TFM- Betriebs- art
Andere Verifizie- rungen	Schielwinkel 9.5.1	Erforderlich							
	Nebenkeulen 9.5.2	Optional							
^a Die Verifizierung der korrekten Funktion erfolgt entweder durch Bildgebung (9.4.3) oder durch Messung des Brechungswinkels und des Schallaustrittspunkt des Prüfkopfes (9.4.4).									
^b Die Verifizierung muss für die extremen und mittleren Positionen oder Aperturen oder Schallbündel durchgeführt werden.									
^c Bei Matrix-Array-Prüfköpfen, die Schallbündel mit Schrägwinkeln erzeugen, müssen die Verifizierungen in den extremen und mittleren Ablenkebenen durchgeführt werden.									

9.2 Sichtprüfung des Prüfsystems

9.2.1 Allgemeines

Bei dieser allgemeinen Sichtprüfung wird geprüft, dass es keine Verschlechterung gibt.

Diese Inspektion muss in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden.

9.2.2 Durchführung

- a) Das Ultraschallprüfgerät, die Prüfköpfe, die Kabel und die Anschlüsse werden von außen untersucht, um Anzeichen von Beschädigungen oder Abnutzung zu erkennen, die sowohl den laufenden Betrieb als auch die Langzeitzuverlässigkeit des Prüfsystems beeinflussen können.
- b) Insbesondere den Vorsatzkeil des Prüfkopfes und die aktive Fläche des Prüfkopfes untersuchen.

Wenn der Prüfkopf aus mehreren Bauteilen besteht, verifizieren, dass sie ordnungsgemäß zusammengebaut sind.

- c) Die Maße des Vorsatzkeils durch Messen mit einem Lineal überprüfen, um eine unzulässige Abnutzung festzustellen.

9.2.3 Zulässigkeitskriterien

Kein Bauteil des Prüfsystems darf sichtbare Anzeichen von Beschädigung oder Abnutzung aufweisen, die die Schallbündeleigenschaften oder Bildgebung beeinflussen.

9.2.4 Prüfbericht

Die Einstellungen und Ergebnisse der Prüfung müssen aufgezeichnet oder dem Berichtsheft des Prüfsystems hinzugefügt werden.

9.3 Überprüfung der Elemente und Kanäle

9.3.1 Allgemeines

Diese Prüfungen müssen die ordnungsgemäße Verbindung des Prüfkopfes mit dem Prüfgerät und die korrekte Funktion des angeschlossenen Prüfkopfes sicherstellen.

Die Prüfungen umfassen:

- a) Verifizierung der Kanal-/Elementzuordnung zum Senden und Empfangen und der Fähigkeit des Prüfgerätes, die elektronischen Schaltvorgänge durchzuführen, die zur erfolgreichen Aktivierung verschiedener Aperturen erforderlich sind;
- b) Messung der relativen Empfindlichkeit der Prüfkopfelemente und der Referenzamplitude;
- c) Identifizierung von fehlerhaften Bauteilen (z. B. toten Elementen).

9.3.2 Kanaluordnung

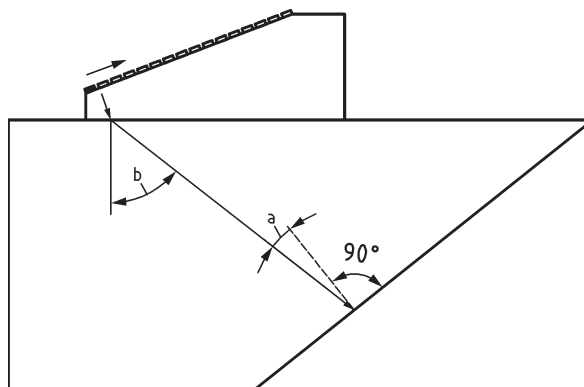
9.3.2.1 Durchführung

Diese Prüfung wird nur zu Beginn, nach Wartungsarbeiten oder nach dem Austausch einer Systemkomponente durchgeführt.

- a) Einen Vergleichskörper mit einer ebenen reflektierenden Oberfläche, die nicht parallel zum Array ist, verwenden, um von Element zu Element ansteigende Laufzeitwerte zu erzeugen, siehe Tabelle 5 sowie Bild 1 und Bild 2.
- b) Die Elemente nacheinander vom ersten bis zum letzten Element des Arrays aktivieren.
- c) Die einzelnen Laufzeitwerte der Signale von der reflektierenden Oberfläche von Element zu Element (z. B. durch A-Bilder, L-Bilder) vergleichen (Bild 2).
- d) Die Verifizierung für Matrix-Array-Prüfköpfe muss in zwei Phasen durchgeführt werden:
 - 1) Zuerst die einzelnen Elemente Spalte für Spalte überprüfen.
 - 2) Anschließend den Matrix-Array-Prüfkopf um 90° drehen oder um einen kleinen Schrägwinkel, wenn ein Vorsatzkeil verwendet wird, und Zeile für Zeile überprüfen.

Tabelle 5 — Je nach Konfiguration zu verwendende Vergleichskörper

Technik	Konfiguration des Prüfkopfes	Reflektierende Oberfläche
Kontakt-technik	Ohne Vorsatzkeil (oder Vorsatzkeil entfernt)	Vergleichskörper mit planaren Oberflächen, die nicht parallel sind (Bild 2)
	Mit einem Vorsatzkeil	Kontaktfläche des Vorsatzkeils, wenn die Laufzeitwerte von Element zu Element verschieden sind oder Vergleichskörper mit einer planaren reflektierenden Oberfläche, bei dem der Einschallwinkel des natürlich gebrochenen Schallbündels mindestens einige Grad beträgt (Bild 1)
Tauch-technik	—	Vergleichskörper mit einer planaren reflektierenden Prüffläche, die gegenüber dem Prüfkopf um mindestens einige Grad geneigt ist.



- a Einschallwinkel des natürlich gebrochenen Schallbündels.
- b Natürlicher Brechungswinkel des Schallbündels.

Bild 1 — Verifizierung der Kanalzuordnung für einen Kontaktprüfkopf mit Vorsatzkeil

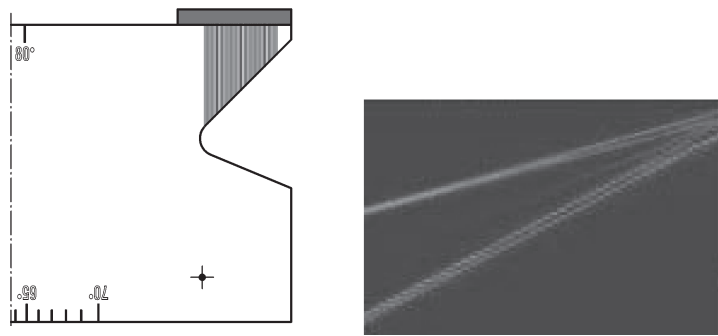


Bild 2 — Verifizierung der Kanaluordnung mit einem Kalibrierkörper nach ISO 19675 für einen Prüfkopf ohne Vorsatzkeil und Vergleich der Elementarlaufzeit bei der Bildgebung

9.3.2.2 Zulässigkeitskriterien

- a) Die längste Laufzeit muss dem am weitesten von der reflektierenden Oberfläche entfernten Element zugeordnet sein.
- b) Die kürzeste Laufzeit muss dem Element, das der reflektierenden Oberfläche am nächsten ist, zugeordnet sein.
- c) Die Laufzeit der empfangenen Signale muss sich mit der Position der Elemente monoton ändern.

9.3.2.3 Prüfbericht

Die Einstellungen und Ergebnisse der Prüfung müssen aufgezeichnet oder dem Berichtsheft des Prüfsystems hinzugefügt werden.

9.3.3 Relative Empfindlichkeit der Elemente, Referenzamplitude und tote Elemente

9.3.3.1 Allgemeines

Diese Prüfungen werden zu Beginn, nach Wartungsarbeiten oder nach dem Austausch einer Systemkomponente durchgeführt.

Ziel ist es, die relative Empfindlichkeit der Elemente zu verifizieren, tote Elemente zu identifizieren und sicherzustellen, dass das mögliche Auftreten von Änderungen der relativen Empfindlichkeit der Elemente keinen Einfluss auf die korrekte Funktion des Prüfsystems hat.

- a) Alle Elemente müssen nacheinander aktiviert werden (Senden und Empfangen mit demselben Element), und anschließend muss die Änderung der Echoamplitude von einer reflektierenden Oberfläche, die von allen Elementen gleich weit entfernt ist, gemessen werden.
- b) Bei der erstmaligen Durchführung der Prüfung müssen die Einstellungen des Prüfgeräts, insbesondere die Verstärkung, im Berichtsheft des Prüfsystems aufgezeichnet werden.
- c) Wenn die Prüfung während der Lebensdauer des Prüfsystems routinemäßig durchgeführt wird, müssen dieselben Einstellungen verwendet werden.
- d) Falls erforderlich, müssen Korrekturmaßnahmen ergriffen werden.

9.3.3.2 Messung der Empfindlichkeit der Elemente

9.3.3.2.1 Durchführung bei Kontakttechnik

- a) Der Prüfkopf wird auf einem Vergleichskörper so positioniert, dass für alle Elemente die gleiche Laufzeit erhalten wird, z. B.:
 - 1) vorzugsweise ohne Vorsatzkeil (wenn möglich), unter Verwendung eines Vergleichskörpers mit parallelen Oberflächen;
 - 2) mit einer Laufzeitleitung, wobei die Signale der Kontaktfläche der Laufzeitleitung verwendet werden;
 - 3) mit einem Vorsatzkeil wird ein Vergleichskörper aus dem gleichen Werkstoff verwendet, bei dem eine Seite im gleichen Winkel wie beim Vorsatzkeil des Prüfkopfes geneigt ist.
- b) Die Elemente nacheinander aktivieren (Senden und Empfangen mit demselben Element).
- c) Die Echoamplitude vom Reflektor für jedes Element anzeigen.
- d) Die Verstärkung so einstellen, dass die Signalamplituden etwa 80 % der vollen Bildschirmhöhe betragen, und gegebenenfalls die Verstärkung verringern, wenn die größte Amplitude nicht auf der Anzeige abgelesen werden kann (über 100 % der vollen Bildschirmhöhe).
- e) Die Amplitude A_{el} für jedes Elementarsignal bestimmen.
- f) Bei Dual-Array-Prüfköpfen die Prüfungen a) bis e) für jeden Prüfkopf getrennt durchführen, wobei ein angepasster Vergleichskörper verwendet wird, insbesondere in Fällen mit nicht abnehmbarem Vorsatzkeil, bei denen der Vergleichskörper die Kompensation des Einflusses des Dachwinkels ermöglicht.

9.3.3.2.2 Durchführung bei Tauchtechnik

- a) Den Prüfkopf parallel zu einem eingetauchten Vergleichskörper so positionieren, dass für alle Elemente die gleiche Laufzeit erhalten wird.
- b) Die Elemente nacheinander aktivieren (Senden und Empfangen mit demselben Element).
- c) Die Amplitude des Grenzflächenechos für jedes Element anzeigen; das senkrechte Auftreffen wird erreicht, wenn alle Signale die gleiche Laufzeit mit einer Toleranz von einer halben Periode aufweisen.
- d) Die Verstärkung so einstellen, dass die Signalamplituden etwa 80 % der vollen Bildschirmhöhe erreichen, und gegebenenfalls die Verstärkung verringern, wenn die größte Amplitude nicht auf der Anzeige abgelesen werden kann (über 100 % der vollen Bildschirmhöhe).
- e) Die Amplitude A_{el} für jedes Elementarsignal bestimmen.

9.3.3.3 Bestimmung der Referenzamplitude

A_{max} ist definiert als der größte A_{el} -Wert.

Die Referenzamplitude A_{ref} ist definiert als der Median der Elementaramplituden der Elemente A_{el} .

Zu Beginn oder nach Wartungsarbeiten oder dem Austausch einer Systemkomponente:

- a) A_{ref} berechnen und zusammen mit der angewandten Verstärkung im Berichtsheft des Prüfsystems aufzeichnen.
- b) Während der Lebensdauer des Prüfsystems dieselben Einstellungen und denselben Vergleichskörper verwenden, A_{ref} jedes Mal neu berechnen, um die absolute Empfindlichkeit des Prüfsystems zu überprüfen.

9.3.3.4 Identifizierung der toten Elemente

Die relative Empfindlichkeit ΔS_{el} (in dB) eines jeden Elements nach Gleichung (1) berechnen:

$$\Delta S_{el} = 20 \log (A_{el}/A_{ref}) \quad (1)$$

Ein Element gilt als totes Element, wenn $\Delta S_{el} < -9$ dB.

Eine mit einem Empfindlichkeitsverlust verbundene Abnahme der Amplitude ΔS_{el} kann durch das Array-Element, das Kabel und/oder durch das Prüfgerät verursacht worden sein.

Ohne Rücksicht auf die Ursache wird dies als totes Element bezeichnet.

9.3.3.5 Relative Empfindlichkeit der Elemente

A_{min} ist definiert als der kleinste A_{el} -Wert, mit Ausnahme der toten Elemente.

Die relative Empfindlichkeit der Elemente wird durch Vergleichen von A_{min} und A_{max} überprüft.

9.3.3.6 Zulässigkeitskriterien

Die folgenden Kriterien müssen gelten:

- a) Die Referenzamplitude A_{ref} ist zulässig, wenn das Signal-Rausch-Verhältnis für die Anwendung zulässig ist.

Wenn die Referenzamplitude und das Signal-Rausch-Verhältnis nicht zulässig bleiben, sollten die Schallbündel an den betroffenen aktiven Aperturen verifiziert werden. Diese Verifizierung darf durch Simulation oder Messungen nach Anhang A durchgeführt werden.

- b) Die relative Empfindlichkeit der Elemente ist zulässig, wenn $A_{max} - A_{min} < 50$ %;

- c) Die größte Anzahl der toten Elemente für jede aktive Apertur darf die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 6 — Größte Anzahl der toten Elemente

Art des Array-Prüfkopfes	0,5 < f ≤ 5 MHz	5 < f ≤ 10 MHz
Lineares Array	1 von 16	
Matrix-Array mit Anzahl der Elemente ≤ 64		
Matrix-Array mit Anzahl der Elemente > 64	10 %	15 %

- d) Bei Linear-Array-Prüfköpfen dürfen die toten Elemente nicht benachbart sein.

Bei Matrix-Array-Prüfköpfen mit weniger als 64 Elementen dürfen die toten Elemente nicht benachbart sein.

Bei Matrix-Array-Prüfköpfen mit mehr als 64 Elementen darf jedes tote Element nur ein benachbartes totes Element haben.

- e) Werden bei den wiederkehrenden Prüfungen neue tote Elemente gefunden, sollte überprüft werden, ob die Referenzamplitude der betroffenen aktiven Aperturen und das Signal-Rausch-Verhältnis für die Anwendung zulässig bleiben.

9.3.3.7 Prüfbericht

Die Einstellungen und Ergebnisse der Prüfung müssen aufgezeichnet oder dem Berichtsheft des Prüfsystems hinzugefügt werden.

9.4 Verifizierung der korrekten Funktion

9.4.1 Allgemeines

- a) Bei Phased-Array-Techniken müssen die Schallbündel entweder mittels Bildgebung (9.4.3) oder durch Messen des Brechungswinkels und des Schallaustrittspunktes des Prüfkopfes (9.4.4) verifiziert werden.
- b) Bei Signalverarbeitungstechniken, die Arrays verwenden, ist der Begriff Schallbündel nicht relevant. In diesem Fall muss nur das resultierende TFM-Bild verifiziert werden (9.4.3).
- c) In allen Fällen muss vor den in 9.4.3 und 9.4.4 beschriebenen Verifizierungen überprüft werden, dass die Signale keine Sättigung zeigen und dass das Verstärkersystem linear ist (9.4.2).

9.4.2 Verstärkersystem

9.4.2.1 Allgemeines

Die Ultraschallprüfung basiert häufig auf der Auswertung von Amplitudenwerten, die durch einen Fehler im Verstärkersystem quantitativ verändert werden können, und zwar durch:

- eine Sättigung der Elementarsignale;
- eine Sättigung der summierten Signale;
- eine Nichtlinearität des Verstärkersystems.

In den folgenden Unterabschnitten werden die Verfahren zur Verifizierung, dass die Elementarsignale keine Sättigung zeigen und das Verstärkersystem linear ist, beschrieben:

- a) Die Verifizierungen müssen mit den Einstellungen durchgeführt werden, die bei der tatsächlichen Prüfung der Objekte (einschließlich der Empfindlichkeit) verwendet werden müssen, und müssen an einem entsprechenden Referenzreflektor durchgeführt werden.
- b) Gegebenenfalls muss überprüft werden, dass die Elementarsignale keine Sättigung zeigen (9.4.2.2).
- c) Dass die summierten Signale keine Sättigung zeigen und die Linearität des Verstärkersystems müssen in summierten A-Bildern (bei Phased-Array) oder in einem Bild (bei Phased-Array und TFM) verifiziert werden (9.4.2.3.2).
 - 1) Wenn ein Ausgang zur Bestimmung der Amplitude in einem A-Bild verwendet wird, muss die vertikale Linearität des Ausgangs verifiziert werden (9.4.2.3.3).
 - 2) Wird ein Bild verwendet, muss die Linearität der angezeigten Amplituden (die mit einem Cursor oder einem Rahmen ausgewählt werden) auf dieselbe Weise zu verifizieren wie die vertikale Linearität des Ausgangs (9.4.2.3.3).

Werden bei der Auswertung keine absoluten Amplitudenwerte verwendet, wird dennoch empfohlen, die korrekte Funktion des Prüfsystems zu verifizieren.

9.4.2.2 Keine Sättigung der Elementarsignale

Phased-Array- und TFM-Prüfgeräte verfügen möglicherweise über eine Anzeigefunktion für die Sättigung von Elementarsignalen.

Wird eine Sättigung der Elementarsignale angezeigt, muss der Prüfer geeignete Maßnahmen ergreifen.

In der Regel stehen dem Prüfer die Elementarsignale nicht zur Verfügung, so dass er keine Verifizierung der Elementarsignale vornehmen kann. Die korrekte Funktion des Prüfsystems wird nur anhand der summierten Signale und der Linearität des Verstärkersystems verifiziert.

9.4.2.3 Keine Sättigung der summierten Signale und Linearität des Verstärkersystems

9.4.2.3.1 Allgemeines

Die Summierung mehrerer Elementarsignale zu einem summierten A-Bild (bei Phased-Array-Prüfgeräten) oder einem Bild (bei Phased-Array- oder TFM-Prüfgeräten) darf analog oder digital durchgeführt werden, je nach Bauart des Prüfgeräts (AD-Wandler, Verstärker, Verarbeitung):

- In allen Fällen besteht bei Phased-Array- und TFM-Prüfgeräten die Gefahr der Sättigung der summierten Signale, insbesondere bei hoher Verstärkungseinstellung, starken Ultraschallsignalen (große Reflektoren) oder Summierung über eine große Anzahl von Kanälen.
 - Wenn eine Sättigung aller oder der meisten Elementarsignale vorliegt, weicht die Linearität des summierten Signals ab.
 - Wenn nur eine Sättigung von einem oder wenigen Elementarsignal(en) vorliegt (z. B. 1 von 16), darf die Linearität des summierten Signals wegen des begrenzten Einflusses des gesättigten Signals (1/16) möglicherweise zulässig sein. Der Einfluss kann so gering sein, dass es keine messbare Auswirkung auf die Linearität des summierten Signals gibt und das System die Zulässigkeitskriterien erfüllt.
- a) Die Verifizierung der summierten Signale erfolgt gleichzeitig mit der Verifizierung der Linearität des Verstärkersystems (9.4.2.3.2) und mit der Verifizierung der Linearität des Ausgangs (9.4.2.3.3).
 - b) Die Verifizierung der summierten Signale muss auch durchgeführt werden, wenn das Prüfgerät anzeigt, dass keine Sättigung der Elementarsignale vorliegt.

9.4.2.3.2 Verfahren zur Verifizierung der Linearität des Verstärkersystems

Bei Phased-Array-Techniken und TFM-Techniken, je nach Betriebsart, und für die in Tabelle 4 angegebenen Schallbündel oder Bilder:

- a) Das Verzögerungsgesetz auf die aktive Apertur anwenden, die Sendespannung einstellen und aufzeichnen.
- b) Den Prüfkopf so positionieren, dass das Echo des betrachteten Reflektors sichtbar wird.

Der bei dieser Prüfung verwendete Reflektor muss derselbe Reflektor sein, der in 9.4.3.2, 9.4.4.2 und 9.4.5.2 verwendet wird.

- c) Die Verstärkung so einstellen, dass die Summe der Signale 80 % der vollen Bildschirmhöhe (FSH, en: full screen height) erreicht.
- d) Den Wert der kalibrierten Verstärkungssteuerung, in dB, aufzeichnen.
- e) Die Verstärkung um 2 dB erhöhen und bestätigen, dass das Signal etwa auf 100 % der vollen Bildschirmhöhe ansteigt.
- f) Den Anfangswert der Verstärkung erneut einstellen und danach um 6 dB und dann noch einmal um 6 dB verringern.
- g) Bestätigen, dass das Signal auf etwa 40 % und anschließend auf 20 % der vollen Bildschirmhöhe nach Tabelle 7 abfällt.

9.4.2.3.3 Verfahren zur Verifizierung der Linearität des Ausgangs

Zur Verifizierung der Linearität des Ausgangs muss bei Prüfgeräten, die in der Lage sind, Signalamplituden mit einem Ausgang über 100 % der FSH zu messen, z. B. als Wert angezeigt, die vertikale Linearität des Ausgangs bis zum höchsten Amplitudenwert, z. B. über 100 % der FSH, geprüft werden.

- Die Verstärkung so einstellen, dass die Summe der Signale 80 % des Höchstwerts der Amplitude des Ausgangs erreicht.
- Die Verstärkung in Schritten von 6 dB verringern.
- Bestätigen, dass die Signalamplitude im Ausgang etwa auf den erwarteten Wert der Amplitude des Ausgangs nach Tabelle 8 fällt.

9.4.2.4 Zulässigkeitskriterien

- Wenn das Prüfgerät über eine Anzeigefunktion für die Sättigung von Elementarsignalen verfügt, darf die Anzeigefunktion des Prüfgeräts keine Warnung für die Sättigung von Elementarsignalen gegeben haben.
- Die Linearität der Summe der Signale muss mit den Werten in Tabelle 7 übereinstimmen.
- Die Linearität des Ausgangs muss mit den Werten in Tabelle 8 übereinstimmen.
- Wenn diese Kriterien nicht erfüllt sind, kann es hilfreich sein, die Sendespannung zu verringern.

Tabelle 7 — Zulässigkeitskriterien für die Linearität der Summe der Signale

Verstärkungseinstellung dB	Erwartete Bildschirmhöhe % der vollen Bildschirmhöhe	Grenzen % der vollen Bildschirmhöhe
+2	101	mindestens 95
0	80	(Bezugslinie)
–6	40	37 bis 43
–12	20	17 bis 23

Tabelle 8 — Zulässigkeitskriterien für die Linearität des Ausgangs

Verstärkungseinstellung dB	Erwarteter Wert der Amplitude des Ausgangs % des größte Wertes	Grenzen % des größte Wertes
+2	101	95 bis 107
0	80	(Bezugswert)
–6	40	37 bis 43
–12	20	17 bis 23
–18	10	8 bis 12

9.4.3 Verifizierung der korrekten Funktion mittels Bildgebung

9.4.3.1 Allgemeines

Phased-Array- und TFM-Prüfsysteme bieten die Möglichkeit, erfasste Daten auf rekonstruierten 2D-Bildern (z. B. E-Bilder, S-Bilder, mit Ausnahme der Betriebsarten 1 und 2b, TFM-Bilder) abzubilden. Diese Darstellun-