

Luft- und Raumfahrt
Feingußstücke aus Titan und Titanlegierungen
 Technische Lieferbedingungen

DIN
29 783

Aerospace; precision castings of titanium and titanium alloys, technical specification
 Aéronautique et espace; pièces coulées de précision en titane et alliages de titane spécification technique

Diese Norm ist anerkannt durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	Anhang A Regeln für die Bewertung von Oberflächenfehlern	6
2 Begriffe	1	Tabelle A. 1 Zulässige Fehlergröße bei der Sichtprüfung sowie UV-Anzeige- größen	7
3 Anforderungen	1	Bild A. 1 Bewertung von Oberflächenfehler	10
3.1 Organisatorische Anforderungen	1	Anhang B Abnahmestandard für die Röntgen- prüfung von Titanfeingußteilen ..	11
3.2 Technische Anforderungen	3	Anhang C Probestab für Warmzugprobe ...	12
4 Qualitätsprüfung	4	Zitierte Normen und andere Unterlagen	12
4.1 Qualifikationsprüfung	4		
4.2 Abnahmeprüfung	4		
5 Beanstandungen	5		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für die Herstellung, Lieferung und Prüfung von Feingußstücken aus Titan und Titanlegierungen anzuwenden.

Wenn nicht ausdrücklich gefordert, handelt es sich bei dem nach dieser Norm zu lieferndem Halbzeug um Standard-Qualität (§7Q) nach DIN 65 436 (z. Z. Entwurf).

2 Begriffe

2.1 Los

Ein Los besteht aus Gußstücken, die aus einer in den Gießofen eingebrachten Elektroden stammen und die unter gleichen Bedingungen hergestellt und gemeinsam wärmebehandelt worden sind und gleichzeitig zur Prüfung vorgestellt werden.

2.2 Ausfallmuster

Ausfallmuster sind Gußstücke zum Nachweis der serienreifen Ausführung nach Zeichnungs- und Qualitätsvorgaben des Bestellers.

3 Anforderungen

3.1 Organisatorische Anforderungen

3.1.1 Werkskontrolle

Der Hersteller der Gußstücke ist verpflichtet, Ablauf und Ergebnisse der Fertigung so festzuhalten, daß der technologische Werdegang des Gußstückes einwandfrei nachweisbar ist.

Diese Unterlagen sind auf Verlangen dem Besteller zugänglich zu machen. Der Hersteller ist verpflichtet, seine Fertigung durch eine unabhängige Kontrolle ausreichend und laufend zu überwachen.

3.1.2 Prüfeinrichtungen

Der Hersteller der Gußstücke hat die zur Qualitätsprüfung erforderlichen Arbeitskräfte, Räume, Maschinen, Geräte, Prüfeinrichtungen und Betriebsstoffe zur Verfügung zu stellen.

3.1.3 Sachverständige

Als Sachverständige sind vom Hersteller der Gußstücke mindestens zwei Werksangehörige zu bestimmen, die zuverlässigen Fachleute und von den Fertigungsbetrieben unabhängig sind.

3.1.4 Abnahmeprüfzeugnis

Über die vom Hersteller geprüften und gekennzeichneten Gußstücke ist für jedes Los ein Abnahmeprüfzeugnis DIN 50 049 – 3.1 B auszustellen und von einem Sachverständigen des Herstellers unterschrieben dem Besteller in mindestens dreifacher Ausfertigung zuzuleiten.

Lieferungen, für die keine von einem Sachverständigen unterzeichneten Abnahmeprüfzeugnisse vorliegen, entsprechen nicht den technischen Lieferbedingungen.

Falls der Hersteller der Gußstücke nicht mit dem Hersteller des Vormaterials identisch ist, muß letzterer über das Vormaterial ebenfalls ein Abnahmeprüfzeugnis DIN 50 049 – 3.1 B ausstellen.

Der Hersteller der Gußstücke ist für die Richtigkeit der im Abnahmeprüfzeugnis aufgeführten Ergebnisse verantwortlich und dafür, daß diese an vorgeschriebenen Proben aus dem gelieferten Los tatsächlich und unter Verantwortung der Sachverständigen festgestellt worden sind.

3.1.5 Einteilung in Sicherheitsklassen und Gütegrade

Jedes Gußstück ist unter Beachtung der für Luftfahrtgeräte gültigen Bauvorschriften (z. B. Vorschriften des

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
 Normenausschuß Nichteisenmetalle (FNNE) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

BWB-Leiter des Musterprüfwesen für Luftfahrtgerät der Bundeswehr, des Luftfahrt-Bundesamtes oder der Lizenzgeber) in eine der nachstehenden Sicherheitsklassen einzustufen und der Gütegrad festzulegen. Hierfür ist der Konstrukteur, nach Hinzuziehen der zuständigen Fachabteilungen seiner Firma (z. B. Statiker, Werkstoffachmann), verantwortlich.

Sicherheitsklasse und Gütegrad sind in Prüfanweisung, Rohteil-Zeichnung, Ausfallmuster-Prüfbericht und Abnahmeprüfzeugnis einzutragen.

Bei flüssigkeits- und gasdichten Gußstücken ist der Buchstabe „d“ hinzuzufügen.

3.1.5.1 Sicherheitsklassen

Sicherheitsklasse I:

Gußstücke mit funktionswichtiger Bedeutung, deren Ausfall unter Betriebsbedingungen, Gefährdung von Personen und/oder den Verlust des Luftfahrtgerätes oder eines seiner Hauptbestandteile verursachen würden (z. B. Antriebs- oder Steuerorgane, Anschlußbeschlüge).

Sicherheitsklasse II:

Gußstücke, deren Ausfall Funktionsstörungen verursacht, aber noch den Betrieb des Luftfahrtgerätes bis zur Landung zuläßt.

Sicherheitsklasse III:

Gußstücke mit nebensächlicher Funktion, von denen die Sicherheit des Luftfahrtgerätes nicht abhängt.

Alle rückverfolgungspflichtigen Gußstücke der Sicherheitsklasse I sind fortlaufend zu nummerieren. Diese Nummern sind in allen Unterlagen anzugeben.

3.1.5.2 Gütegrade

Der Maßstab für die Beurteilung eines Gußstückes wird durch den Gütegrad ausgedrückt, der für die „kritischen“ und weniger „kritischen“ Zonen einer jeder Sicherheitsklasse verschieden festgelegt ist.

Tabelle 1 gibt die Zuordnung von Gütegraden und Sicherheitsklassen an.

Tabelle 1. Zuordnung der Gütegrade zu den Sicherheitsklassen

Sicherheitsklasse	Gütegrade	
	kritische Zone	weniger kritische Zone
I	B	D
II	C oder B	D oder C
III	D	

Die „kritischen“ Zonen sind in der Prüfanweisung, Rohteil-Zeichnung und im Ausfallmuster-Prüfbericht besonders zu kennzeichnen (z. B. durch Schraffur).

Die zulässigen Fehler für die Gütegrade können den Tabellen A. 1 und B. 1 entnommen werden. Sie sind vorläufige Abnahmeregeln, die auf den bisher vorliegenden Erfahrungen aufbauen.

3.1.6 Entwicklung des Gußstückes

Die Entwicklungsarbeiten für das zu liefernde Gußstück sind in enger Zusammenarbeit zwischen Besteller (Konstrukteur) und Hersteller (Gießereifachmann) durchzuführen.

3.1.6.1 Fertigteilzeichnung

Dem Hersteller ist eine Fertigteilzeichnung zur Verfügung zu stellen.

3.1.6.2 Rohteilzeichnung

Sofern eine Rohteilzeichnung erforderlich ist, erstellt sie der Hersteller. Die Rohteilzeichnung muß in ihrer endgültigen Fassung vom Besteller genehmigt werden.

3.1.6.3 Prüfanweisung

Der Hersteller erhält einen Entwurf der Prüfanweisung, aus dem der Umfang der Prüfungen sowie Art, Zahl und Lage vorgesehener Proben zu ersehen sind.

Die Prüfanweisung ist vom Hersteller zu prüfen und muß nach Anerkennung schriftlich bestätigt werden.

3.1.7 Ausfallmuster

3.1.7.1 Anfertigung der Ausfallmuster

Nach Genehmigung der Rohteilzeichnung und der Prüfanweisung für die Gußstücke kann der Hersteller mit dem Anfertigen der Ausfallmuster beginnen.

3.1.7.2 Lieferung der Ausfallmuster

Der Gußhersteller liefert an den Besteller in der Regel drei von ihm als einwandfrei befundene Ausfallmuster, die aus dem gleichen Los stammen müssen.

Diesen Ausfallmustern sind beizufügen:

- a) der Ausfallmuster-Prüfbericht, dreifach
- b) Gefügebilder (wenn in der Prüfanweisung gefordert)
- c) Röntgenfilme
- d) Maßprotokoll

3.1.7.3 Erneute Ausfallmusterfertigung und -prüfung

Ausfallmuster sind erneut herzustellen und zu beurteilen bei:

- a) Werkzeug- und Modelländerung
- b) Überlassung der Werkzeuge oder Modelle an einen anderen Hersteller
- c) Änderung der Fertigungstechnik
- d) Verwendung eines anderen Werkstoffes
- e) Änderung von Behandlungsverfahren, welche die Eigenschaften des Gußstückes wesentlich beeinflussen können
- f) Neuanfertigung maßgleicher Werkzeuge (nur Maßprotokoll und Vermerk im Abnahmeprüfzeugnis)

3.1.8 Fertigungstechnik

Zum Zeitpunkt der Ausfallmusterlieferung ist der Fertigungsablauf für Gußstücke der Sicherheitsklasse I und II vom Hersteller in einem Fertigungsplan festzulegen. Der Hersteller ist verpflichtet Fertigungspläne 10 Jahre aufzubewahren (gerechnet vom Zeitpunkt der letzten Lieferung der Teile an den Besteller) und auf Wunsch dem Besteller zugänglich zu machen. Änderungen des Fertigungsablaufes, welche die Qualitätsmerkmale beeinflussen können, bedürfen der Zustimmung des Bestellers. Bei Erstlieferungen nach geändertem Fertigungsplan ist ein Hinweis im Abnahmeprüfzeugnis erforderlich.

Die Angaben des Fertigungsplanes sind vom Besteller vertraulich zu behandeln.

Der Plan soll das Herstellungsverfahren eindeutig und reproduzierbar festlegen und mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Nummer des Fertigungsplanes
- b) Werkstoff
- c) Nummer der Rohteilzeichnung
- d) Nummer der Technischen Lieferbedingungen

- e) Nummer der Prüfanweisung
- f) Skizze des Teiles
- g) Nummer der Werkzeuge
- h) Maße des Vormaterials
 - i) Anschnittsystem
 - j) Formstoff
 - k) Formtemperatur
 - l) Gießtemperatur
- m) Wärmebehandlungsdaten
- n) Sonderbehandlungen

3.2 Technische Anforderungen

3.2.1 Vormaterial

Der Werkstoff muß durch mehrfaches Schmelzen hergestellt werden, wobei mindestens der letzte Schmelzvorgang unter Vakuum durchzuführen ist. Für die Erstschnmelze kann sowohl eine selbstverzehrende als auch eine nicht selbstverzehrende Elektrode eingesetzt werden. Die anschließende Umschmelzung oder Umschmelzungen sind mit selbstverzehrender Elektrode durchzuführen. Werden andere Verfahren als Schmelzen einer Abschmelzelektrode mit Lichtbogen oder mit Elektronenstrahl angewandt, so ist die Genehmigung des Bestellers erforderlich.

Das Vormaterial muß frei sein von Innen- oder Oberflächenfehlern, die für den Umschmelzvorgang beim Abgießen von Gußstücken schädlich sind.

Das gekennzeichnete Vormaterial (Werkstoffbezeichnung und Schmelzen-Nummer) ist vom zugelassenen Lieferanten zusammen mit einem Abnahmeprüfzeugnis anzuliefern.

3.2.2 Gußstücke

3.2.2.1 Werkstoff und Lieferzustand

Es dürfen nur Werkstoffe nach dem Werkstoff-Handbuch der Deutschen Luftfahrt, Teil I, Metallische Werkstoffe, 2. Band, Leichtmetalle, verwendet werden. Die in den Werkstoff-Leistungsblättern geforderten Eigenschaften sind einzuhalten.

Wird in Ausnahmefällen ein Werkstoff und/oder Werkstoffzustand für Gußstücke bestellt, der nicht im Werkstoff-Handbuch der Deutschen Luftfahrt enthalten ist, so ist die Anwendung dieser Norm zu vereinbaren.

Zusätzlich zwischen Besteller und Gießerei festgelegte Forderungen sind in der Prüfanweisung anzugeben.

3.2.2.2 Ausfallmuster

Als Befähigungsnachweis sind vom Hersteller Ausfallmuster (siehe Abschnitt 3.1.7) anzufertigen.

3.2.3 Wärmebehandlung

Die Wärmebehandlung von Gußstücken ist beim Hersteller nach den Angaben des Werkstoff-Leistungsblattes und sinngemäß nach der Norm „Luft- und Raumfahrt; Wärmebehandlung von Gußstücken aus Titan und Titanlegierungen“ (z. Z. in Vorbereitung) durchzuführen. Die Einzelheiten der Wärmebehandlung sind für jedes Los in einem Wärmebehandlungsbuch zu kontrollieren und im Abnahmeprüfzeugnis zu bescheinigen.

Alle Gußstücke müssen unter Schutzgas oder im Vakuum wärmebehandelt werden.

Im Fall des heißisostatischen Nachverdichtens von Gußstücken kann dieser Vorgang die Wärmebehandlung ersetzen. Dieses ist zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren.

3.2.4 Oberflächenbeschaffenheit

Die Gußstücke aller Sicherheitsklassen müssen eine ihrer Herstellungsart entsprechende glatte, in jedem Fall aber rißfreie Oberfläche aufweisen. Randzonen-Aufhärtungen sind nicht zulässig. Oberflächenfehler, die nach den Angaben der Tabelle A. 1, Seite 7, unzulässig sind, können vom Hersteller durch geeignete Nacharbeit innerhalb der zulässigen Maßabweichungen beseitigt werden.

Wenn erforderlich, sind der arithmetische Mittenrauhwert R_a nach DIN 4766 Teil 2 und das Meßverfahren in der Rohteilzeichnung und der Prüfanweisung anzugeben.

Zum Strahlen der Gußstücke sind nichtmetallische Strahlmittel zu verwenden. Art und Korngröße bestimmt der Hersteller unter Beachtung einer späteren Oberflächenbehandlung.

3.2.5 Maße

Die auf der Zeichnung oder in der Prüfanweisung angegebenen Maße und Toleranzen sind einzuhalten. Sofern darin keine zulässigen Abweichungen enthalten sind, sind die Forderungen der VDG P 690, Toleranzreihe D 1, einzuhalten.

3.2.5.1 Richten

Das Richtverfahren ist zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren und im Fertigungsplan anzugeben.

3.2.6 Ausbessern von Fehlstellen

3.2.6.1 Schweißen

Schweißungen dürfen nur von zugelassenen Schweißern entsprechend DIN 29 591 durchgeführt werden. Alle mit dem Schweißen zusammenhängenden Arbeitsgänge z. B. Wärmebehandlung, Richten, Riß- und Röntgenprüfung usw. sind in einem Schweißplan, in dem auch die zulässige, bauteilabhängige Schweißstellenlage und -größe sowie Anzahl und Mindestabstände der Schweißstellen angegeben sein muß, festzulegen.

Dieser Schweißplan ist als Bestandteil des Fertigungsplanes zu betrachten und muß vom Besteller genehmigt werden. Wenn nichts anderes vereinbart ist, ist über jedes geschweißte Teil ein Schweißprotokoll anzufertigen in dem eine Skizze über Schweißstellenlage und -größe enthalten sein muß. Protokoll und Bauteil sind durch entsprechende Kennzeichen einander zuzuordnen und gemeinsam dem Besteller zu schicken.

3.2.6.2 Heißisostatisches Nachverdichten

Das heißisostatische Nachverdichten ist nach zu vereinbarenden Verfahren durchzuführen und ist in einem Fertigungsplan anzugeben.

3.2.6.3 Abdichten

Gußstücke, die mit dem Vermerk „druckdicht“, „d“, bestellt wurden, dürfen weder durch Dichtstoffe noch durch Verstemmen abgedichtet werden.

3.2.7 Oberflächenfehler

Die höchstzulässige Größe und Anzahl von Oberflächenfehlern sind in Tabelle A. 1, Seite 7, festgelegt.

3.2.8 Innere Fehler

Die höchstzulässige Größe und Anzahl von inneren Fehlern sind in Tabelle A. 1, Seite 7, festgelegt.

3.2.9 Gefüge

Das Gefüge soll möglichst feinkörnig sein. Es darf keine Kaltschweißstellen oder Trennflächen enthalten.

Das oberflächennahe Gefüge darf bei 100facher Vergrößerung keine Anzeichen einer α -stabilisierten Zone aufweisen.

3.2.10 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung ist nach Rohteilzeichnung und LN 9051 durchzuführen.

Bei Kennzeichnung mit Gummistempel muß die verwendete Stempelfarbe chemisch neutral, beständig und unverwischbar sein.

Alle rückverfolgungspflichtige Gußstücke der Sicherheitsklasse I sind fortlaufend zu numerieren, und die Nummer muß mit der Röntgen-Nummer identisch sein. Sie ist im Abnahmeprüfzeugnis aufzuführen. Die Kennzeichnung muß folgende Angaben enthalten:

- a) Zeichnungsnummer
- b) Herstellerzeichen
- c) Laufende Nummer bei rückverfolgungspflichtigen Gußstücken der Sicherheitsklasse I
- d) Zuordnungszeichen und Prüfstempel für Röntgen- bzw. gammadurchstrahlungsgeprüfte Gußstücke

3.2.11 Verpackung

Der Hersteller muß alle notwendigen Maßnahmen treffen, damit die Gußstücke während des Transports nicht beschädigt werden können. Die Verpackung muß den Transportbestimmungen der Verkehrsträger entsprechen. Hierfür ist der Hersteller verantwortlich.

4 Qualitätsprüfung

Den mit der Qualitätsprüfung beauftragten Stellen des Bestellers oder Auftraggebers ist Einsichtnahme in die Unterlagen, die zum Erstellen der Abnahmeprüfzeugnisse dienen, zu gestatten.

Der Beauftragte dieser Qualitätsprüfstelle ist berechtigt, an den geforderten Prüfungen teilzunehmen und die Ergebnisse der Prüfungen an Stichproben im Werk und mit den Einrichtungen des Herstellers nachprüfen zu lassen.

4.1 Qualifikationsprüfung

Als Qualifikationsprüfung ist vom Hersteller eine Ausfallmusterprüfung durchzuführen.

4.1.1 Ausfallmusterfreigabe

Nach positivem Ergebnis der Ausfallmusterprüfung wird die Serienfertigung durch den Besteller dadurch freigegeben, daß er den Ausfallmusterprüfbericht verantwortlich unterschreibt und eine Ausfertigung dem Hersteller zurücksendet.

Von den beim Besteller verbleibenden zwei Ausfertigungen ist eine dem Auftraggeber auf Anforderung zu übergeben.

4.2 Abnahmeprüfung

4.2.1 Prüfung des Vormaterials

Art und Umfang der Prüfung für die Abnahme des Vormaterials sind zwischen dem Hersteller der Gußstücke und dem Hersteller des Vormaterials zu vereinbaren.

4.2.2 Prüfung der Gußstücke

Jedes Gußstück ist zunächst einer Sichtprüfung zu unterziehen. Die Abnahmeprüfung eines Gußstückes muß alle Prüfungen umfassen, die zum Nachweis der im Werkstoff-Handbuch der Deutschen Luftfahrt, Teil I, in der Zeichnung, in der Prüfanweisung und im Abschnitt 3.2 dieser Norm gestellten Anforderungen notwendig sind.

Der für die einzelnen Sicherheitsklassen und Gütegrade geltende Prüfumfang ist dieser Norm und der Prüfanweisung zu entnehmen.

Der Hersteller ist verpflichtet, über die einwandfreie Beschaffenheit der von ihm gelieferten Gußstücke anhand von Chargenbuch, Gießplan und Temperaturdiagramm der Wärmebehandlung für die Zeit von 10 Jahren, vom Zeitpunkt der Auslieferung an gerechnet, Nachweis zu führen. Diese Unterlagen müssen dem Besteller innerhalb des genannten Zeitraumes auf Verlangen zugänglich sein.

4.2.2.1 Bestimmung der chemischen Zusammensetzung

Die Stückanalyse wird an Proben, die dem Anschnittsystem zu entnehmen sind, durchgeführt. Es sind die Anteile aller im Werkstoff-Leistungsblatt angegebenen Elemente zu bestimmen.

Prüfumfang: 1 Analyse pro Los. Bei Herstellung der Gußstücke durch Schmelzen im Elektronenstrahl-Ofen ist das erste und letzte Teil des Loses zu prüfen.

Die Auswahl der Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung, mit Ausnahme von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, bleibt dem Hersteller überlassen.

Die Bestimmung von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff ist nach einem vom Besteller und Hersteller anerkannten Verfahren durchzuführen.

4.2.2.2 Maßprüfung

Als „wichtig“ gekennzeichnete Maße sind 100prozentig zu prüfen, alle anderen entsprechend der Prüfanweisung.

4.2.3 Mechanisch-technologische Prüfungen

4.2.3.1 Prüfmaschinen

Die Werkstoffprüfmaschinen müssen DIN 51 220, Klasse 1, entsprechen. Sie sind nach DIN 51 300 zu prüfen.

4.2.3.2 Probenahme

Proben aus dem Gußstück sind diesem erst nach durchgeführter Endwärmebehandlung bzw. heißisostatischer Nachverdichtung zu entnehmen.

Gesondert gegossene Probestücke müssen gemeinsam mit den Gußstücken des zugehörigen Loses wärmebehandelt bzw. heißisostatisch nachverdichtet werden.

4.2.3.3 Zugversuch bei Raumtemperatur

Zugproben aus dem Gußstück sind nach DIN 50 125 Form B zu fertigen. Läßt die Geometrie des Gußstückes die Herstellung von Probestäben nach DIN 50 125 nicht zu, so sind die Proben nach LN 29 512 zu fertigen.

Der Mindestprüfumfang beträgt 2 Proben je Los.

Lage und Anzahl der Probestäbe je Gußstück sind der Prüfanweisung zu entnehmen.

Form und Anzahl gesondert gegossener Probestäbe werden in der Prüfanweisung festgelegt.

Der Zugversuch ist nach DIN 50 145 durchzuführen. Zur Ermittlung der 0,2%-Dehngrenze dürfen Spannungs-Dehnungs-Diagramme ohne Vergrößerung nicht verwendet werden. Zulässig sind außer dem Feindehnungsmesser auch Meßvorrichtungen, die den Dehnungsverlauf mit mindestens 250facher Vergrößerung selbstschreibend auftragen.

Die Dehnungszunahme bis zur 0,2%-Dehngrenze muß zwischen 0,3 und 0,7 % min^{-1} , in Schiedsfällen 0,5 % min^{-1} betragen. Nach Überschreiten der 0,2%-Dehngrenze kann die Dehnungszunahme bis 5 % min^{-1} erhöht werden.