

DIN EN 9300-110

ICS 01.110; 35.240.30; 49.020

Einsprüche bis 2017-12-06

Entwurf**Luft- und Raumfahrt –****LOTAR –****Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung digitaler technischer Produktdokumentationen, wie zum Beispiel von 3D-, CAD- und PDM-Daten –****Teil 110: Eindeutige 3D-Geometrieinformationen für mechanische CAD-Teile;****Deutsche und Englische Fassung FprEN 9300-110:2017**

Aerospace series –

LOTAR –

Long Term Archiving and Retrieval of digital technical product documentation such as 3D, CAD and PDM data –

Part 110: CAD mechanical 3D Explicit geometry information;
German and English version FprEN 9300-110:2017

Série aérospatiale –

LOTAR –

Archivage long terme et récupération des données techniques produits numériques telles que CAD 3D et PDM –

Partie 110: Archivage long terme et récupération des informations CAO;
Version allemande et anglaise FprEN 9300-110:2017**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-10-06 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 nl@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 Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, 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.

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Gesamtumfang 88 Seiten

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (FprEN 9300-110:2017) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Grundlagen und Managementverfahren, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-05-01 AA „Grundlagen und Managementverfahren“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung bei ASD-STAN dieser Norm-Entwurf E DIN EN 9300-110 ausschließlich der formellen Annahme der deutschen Sprachfassung von EN 9300-110 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

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

ISO 1101:2012	siehe	DIN EN ISO 1101:2014-04
ISO 2768-1:1989	siehe	DIN ISO 2768-1:1991-06
ISO 2768-2:1989	siehe	DIN ISO 2768-2:1991-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 1101:2014-04, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101:2012 + Cor.1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 1101:2013*

DIN ISO 2768-1:1991-06, *Allgemeintoleranzen — Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-1:1989)*

DIN ISO 2768-2:1991-04, *Allgemeintoleranzen — Toleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung (ISO 2768-2:1989)*

Luft- und Raumfahrt — LOTAR — Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung digitaler technischer Produktdokumentationen, wie zum Beispiel von 3D-, CAD- und PDM-Daten — Teil 110: Eindeutige 3D-Geometrieinformationen für mechanische CAD-Teile

Série aérospatiale — LOTAR — Archivage long terme et récupération des données techniques produits numériques telles que CAD 3D et PDM — Partie 110 : Archivage long terme et récupération des informations CAO

Aerospace series — LOTAR — Long Term Archiving and Retrieval of digital technical product documentation such as 3D, CAD and PDM data — Part 110: CAD mechanical 3D Explicit geometry information

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: formelle Abstimmung
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
1.1 Einleitung	7
1.2 Im Anwendungsbereich	7
1.3 Außerhalb des Anwendungsbereichs	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen	8
4 Anwendbarkeit	8
5 Betriebliche Spezifikationen für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrieinformationen	9
5.1 Einleitung	9
5.2 Beschreibung von Anwendungsfällen für die Bereitstellung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrien	10
5.3 Beschreibung des Dateiinhalts	11
6 Wesentliche Informationen einer expliziten Geometrie	11
7 Definition des Kernmodells für eine explizite Geometrie	12
8 Verifizierungsregeln expliziter Geometrien	12
8.1 Einleitung	12
8.2 Verifizierungsebene	13
8.3 Geometrische Verifizierungsregeln und geeignete Schwellenwerte	13
8.3.1 Verifizierungsregeln	13
8.3.2 Evaluierung der Schwellenwerte	14
8.4 Ergebnisse der Verifizierung	16
8.4.1 Statusinformation	16
8.4.2 Verifizierungsberichte	16
9 Validierungsregeln einer expliziten Geometrie	17
9.1 Einleitung	17
9.2 Validierungsebene	17
9.3 Vergleich der geometrischen Validierungseigenschaften (GVP)	18
9.4 Ergebnisse der Validierung	19
9.4.1 Beim Datenübernahmeprozess (Qualifizierung)	19
9.4.2 Beim Bereitstellungsprozess (Vergleich)	20
9.4.3 Validierungsberichte	20
Anhang A (informativ) Beschreibung von Anwendungsfällen für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von expliziten 3D-CAD-Geometrien	21
A.1 Dokumentation der Entwicklung von Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsprodukten zur Einhaltung der aufsichtsrechtlichen und vertraglichen Bestimmungen	21
A.2 Untersuchung von Zwischenfällen in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie	23
A.3 Wiederverwendung von Entwicklungen — Produktmodifizierung	24
A.4 Produktlebenszyklus & Lieferkettenunterstützung und Entsorgung	25

Anhang B (informativ) Definition von expliziter 3D-Form als Advanced Boundary Representation nach ISO 10303-514	27
B.1 Einleitung	27
B.2 Geometrische Konstrukte	28
B.3 Topologische Konstrukte	28
Anhang C (informativ) Definition von tessellierten 3D-Formen nach ISO 10303-42 (informativ)	30
Anhang D (informativ) Empfohlene Verifizierungsregeln Ebene 1 und 2	33
D.1 Zum Definieren der Verifizierungsregeln Ebene 1 und 2 für eine exakte Geometrie angewandtes Verfahren	33
D.2 Verifizierungsregeln Ebene 1 und 2 für eine exakte Geometrie	35
D.3 Verifizierungsregeln Ebene 1 und 2 für eine tessellierte Geometrie	36
Anhang E (informativ) Veranschaulichung von Qualifizierungsberichten	37
Anhang F (informativ) Veranschaulichung von Validierungseigenschaften von 3D-CAD-Geometrien	39
F.1 Validierungseigenschaften bei exaktem Festkörper	39
F.1.1 Die Validierungseigenschaft Schwerpunkt, Volumen und Fläche	39
F.1.2 Die Validierungseigenschaft „Punktwolke“	40
F.2 Validierungseigenschaften für einen tessellierten Festkörper	41
F.3 Validierungseigenschaften bei exakter unabhängiger Fläche/offener Hülle	42
F.4 Validierungseigenschaften bei einer tessellierten unabhängigen Fläche/offenen Hülle	42
F.5 Validierungseigenschaften für eine exakte unabhängige Kurve	43
F.6 Validierungseigenschaften für eine tessellierte unabhängige Kurve	44

Bilder

	Seite
Bild 1 — Veranschaulichung der wichtigsten Generationen von CAD-Systemen	9
Bild 2 — Verbindungen zwischen Anwendungsfällen, wesentlichen Informationen und Normen des Themengebiets EN 9300-1xx	10
Bild 3 — Keine Kanten-Lücke	15
Bild 4 — Inakzeptable Kanten-Lücke	15
Bild B.1 — Veranschaulichung einer Manifold Solid Brep	27
Bild C.1 — Veranschaulichung einer tessellierten Darstellung	30
Bild C.2 — Veranschaulichung des tessellierten Konzepts	30
Bild C.3 — Veranschaulichung von Fächer und Streifen	31
Bild C.4 — Veranschaulichung einer wasserdichten Tessellierung	31
Bild C.5 — Wasserdichte Tessellierung, die durch eine gemeinsame Liste von Koordinatenpunkten sichergestellt wird	32
Bild D.1 — Verfahren zum Definieren von Verifizierungsregeln	33
Bild F.1 — Veranschaulichung des Schwerpunkts von Festkörpern	39
Bild F.2 — Veranschaulichung des Volumens und der Fläche	40

Bild F.3	41
Bild F.4 — Veranschaulichung der Fläche bei einem tessellierten Festkörper.....	41
Bild F.5 — Veranschaulichung des Schwerpunkts bei einem tessellierten Festkörper	42
Bild F.6 — Veranschaulichung der Anzahl von Facetten bei einem tessellierten Festkörper	42
Bild F.7 — Veranschaulichung des Schwerpunkts und der Fläche bei einer exakten unabhängigen Fläche	42
Bild F.8 — Veranschaulichung des Schwerpunkts und der Fläche bei einer tessellierten unabhängigen Fläche	43
Bild F.9 — Veranschaulichung der Anzahl von Facetten bei einer tessellierten unabhängigen Fläche.....	43
Bild F.10 — Veranschaulichung der Länge und des Schwerpunkts bei einer unabhängigen Kurve	43
Bild F.11 — Veranschaulichung der Länge und des Schwerpunkts bei einer unabhängigen tessellierten Kurve.....	44
Bild F.12 — Veranschaulichung der Anzahl von Segmenten bei einer tessellierten unabhängigen Kurve.....	44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 9300-110:2017) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Abstimmung vorgelegt.

Vorwort

Diese Norm wurde gemeinsam von AIA, ASD-STAN, PDES, Inc. und dem PROSTEP iViP Verein erarbeitet.

Der PROSTEP iViP Verein ist ein internationaler gemeinnütziger Verein in Europa. Er bietet seinen fast 200 Mitgliedern aus führenden Industrien, von Systemlieferanten und aus Forschungseinrichtungen eine moderierte Plattform zur Etablierung einer Führungsrolle in der IT-basierten Entwicklung. Seine Normierungsarbeit im Bereich Produkt- und Prozessdaten auf europäischer und internationaler Ebene ist bekannt und anerkannt. Der PROSTEP iViP Verein betrachtet diese Norm und die dazugehörigen Normen als einen Meilenstein in der Produktdatentechnologie.

Die PDES, Inc. ist eine internationale gemeinnützige Vereinigung in den USA. Sie hat sich die Aufgabe gestellt, die Entwicklung und Umsetzung von ISO 10303 im Interesse der Unternehmensintegration und PLM-Interoperabilität ihrer Mitgliedsunternehmen voranzutreiben. Zu den Mitgliedern der PDES, Inc. gehören führende Hersteller, nationale Regierungsbehörden, PLM-Anbieter und Forschungsinstitutionen. Die PDES, Inc. unterstützt diese Norm als Industrieressource zur Erhaltung der Interoperabilität digitaler Produktinformationen, um über den gesamten Lebenszyklus der Produkte deren authentische Langlebigkeit sicherzustellen und zu erhalten.

Leser dieser Norm sollten beachten, dass alle Normen regelmäßigen Überarbeitungen unterzogen werden, und dass sich jede hier vorgenommene Verweisung auf eine andere Norm, sofern nicht anderweitig angegeben, auf deren letzte Ausgabe bezieht.

Die Normen werden von zwei verschiedenen Normungsinstituten veröffentlicht, die unterschiedliche Präfixe verwenden. ASD-STAN veröffentlicht die Norm unter der Bezeichnung EN 9300-xxx. AIA veröffentlicht die Norm unter der Bezeichnung NAS 9300-xxx. Der Inhalt der Dokumente EN 9300 und NAS 9300 ist gleich. Die Unterschiede werden in den Bezugsdokumenten angegeben (d. h. die Form- und Lage-Toleranzen der EN 9300 werden in ISO 1101 und ISO 16792 zitiert, während dieselben Informationen in NAS 9300 in ASME Y14.5M und Y14.41 zitiert werden). Die Dokumentformatierung usw. folgt jener der entsprechenden redaktionellen Regeln von ASD-STAN und AIA.

1 Anwendungsbereich

1.1 Einleitung

Dieses Dokument legt die Anforderungen an ein digitales Archiv fest, um langfristig die explizite 3D-Geometrie einzelner CAD-Teile aufzubewahren. Das Ziel besteht in der verlustfreien Aufbewahrung der 3D-Informationen über die vom ursprünglichen CAD-System erstellte Geometrie nach den in EN 9300-003 „Grundlagen und Konzepte“ festgelegten Grundsätzen, einschließlich der Verwendung eines offenen Datenformats.

1.2 Im Anwendungsbereich

Folgendes liegt im Anwendungsbereich dieser Norm der Reihe EN 9300:

- Betriebliche Spezifikation zur Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von expliziten 3D-CAD-Geometrien (siehe Abschnitt 5);
- wesentliche Informationen expliziter 3D-CAD-Geometrien (Festkörper, Kurven, Flächen und Punkte), die aufzubewahren sind (siehe Abschnitt 6);
- Datenstrukturen, die detailliert die wichtigsten Grundlagen und Konzepte expliziter 3D-CAD-Geometrien angeben (siehe Abschnitt 7);
- Verifizierungsregeln zur Überprüfung der expliziten 3D-CAD-Geometrie auf Einheitlichkeit und Datenqualität (siehe Abschnitt 8);
- Validierungsregeln, die mit der expliziten 3D-CAD-Geometrie im Archiv zu speichern sind, um die wesentlichen Merkmale nach der Bereitstellung zu überprüfen (siehe Abschnitt 9).

ANMERKUNG Dazu gehört die geometrische Außenform, die sich aus 3D-Entitäten der CAD-Disziplinen ergibt (z. B. 3D-Statikbauteile, 3D-Rohrleitungen, 3D-Leitungsbündel, 3D-Verbundwerkstoffe usw.).

1.3 Außerhalb des Anwendungsbereichs

Folgendes liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm der Reihe EN 9300:

- die formale Definition von Validierungs- und Verifizierungsregeln zur Überprüfung der expliziten 3D-Geometrie im Hinblick auf Einheitlichkeit und Datenqualität unter Verwendung einer maschinenlesbaren Syntax;
- implizite oder parametrische Geometrie;
- Form- und Lage-Toleranzen (en: Geometric Dimensioning & Tolerancing – GD&T), Produkt- & Fertigungsinformationen (en: Product & Manufacturing Information – PMI);
- Baugruppenstrukturen;
- Darstellung der expliziten Geometrie.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 9300 (alle Teile), *Luft- und Raumfahrt — LOTAR — Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung digitaler technischer Produktdokumentationen, wie zum Beispiel von 3D-, CAD- und PDM-Daten*

ISO 1101:2012, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ISO 2768-1:1989, *General tolerances — Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications (First Edition)*

ISO 2768-2:1989, *General tolerances — Part 2: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications (First Edition)*

ISO 10303-42:2003, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 42: Integrated generic resource: Geometric and topological representation*

ISO 10303-59:2014, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 59: Integrated generic resource — Quality of product shape data*

ISO 10303-203:2011, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 203: Application protocol: Configuration controlled 3D design of mechanical parts and assemblies*

ISO 10303-214:2010, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 214: Application protocol: Core data for automotive mechanical design processes*

ISO 10303-242:2014, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering*

ISO 10303-514:1999, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 514: Application interpreted construct: Advanced boundary representation*

ISO 16792:2006, *Technical product documentation — Digital product definition data practices*

ASME Y14.5:2009, *Dimensioning and Tolerancing*

ASME Y14-41:2012, *Digital Product Definition Data Practices*

FAA Part 21, *Certification for Products, Parts & PMA*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe und Abkürzungen nach EN 9300-007 und EN 9300-100.

4 Anwendbarkeit

Siehe Anwendbarkeit von EN 9300-001, Abschnitt 4.

5 Betriebliche Spezifikationen für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrieinformationen

5.1 Einleitung

Allgemeine Spezifikationen für die Langzeit-Archivierung von mechanischen CAD-Entwicklungsinformationen sind in EN 9300-100 im Abschnitt „Grundlagen und Konzepte für die Verifizierungsregeln mechanischer 3D-CAD-Informationen“ beschrieben.

Nach 5.1 „Verschiedene Generationen von CAD-Systemen und dazugehörige Entwicklungsverfahren“ gibt es mehrere Entwicklungsverfahren:

- Die erste Generation von CAD-Entwicklungsverfahren ermöglichte es dem Ingenieur, digital eine 2D-Zeichnung (ohne ein 3D-Modell) zu erzeugen. Durch die 2D-Zeichnung werden die wesentlichen Informationen sowie die für die beabsichtigte Entwicklung zuständige regelsetzende Behörde dargestellt.
- Der zweiten Generation von CAD-Entwicklungsverfahren liegt vor allem die Verwendung von 3D-Modellen zugrunde, bei denen sowohl 2D-Darstellungen (Zeichnungen) als auch ein 3D-CAD-Datensatz zum Ansteuern von CAM/CAI ausgegeben werden. Die für die beabsichtigte Entwicklung zuständige regelsetzende Behörde wird durch die 2D-Zeichnung angegeben.

Die dritte Generation von CAD-Entwicklungsverfahren basiert auf der Verwendung von parametrischen und relationalen Entwürfen. Die wesentlichen Informationen sowie die für die beabsichtigte Entwicklung zuständige regelsetzende Behörde werden durch das 3D-Modell dargestellt.

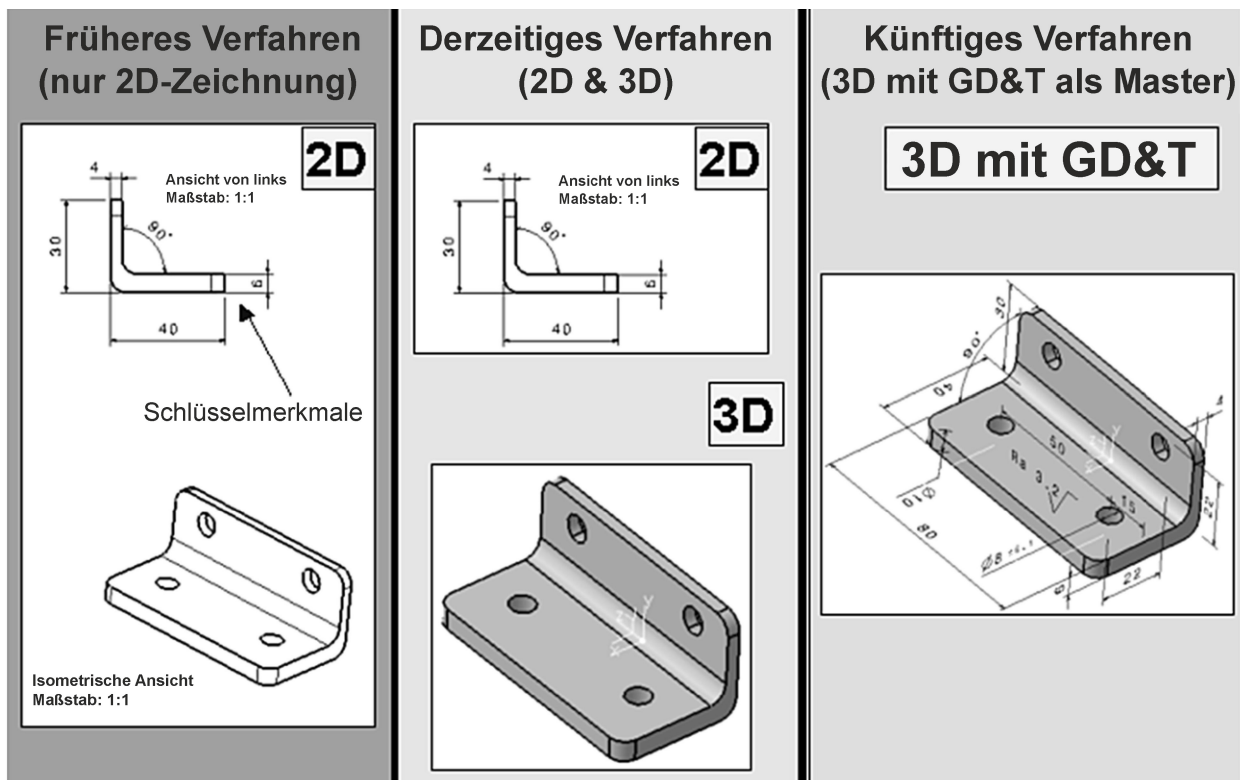


Bild 1 — Veranschaulichung der wichtigsten Generationen von CAD-Systemen

Die Norm EN 9300-110 beschreibt im Einzelnen die Langzeit-Archivierung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrien, die in CAD-Systemen der zweiten und dritten Generation erzeugt werden.

5.2 Beschreibung von Anwendungsfällen für die Bereitstellung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrien

Anwendungsfälle für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von mechanischen CAD-Informationen werden genutzt, um zu überprüfen, dass die Spezifikationen den betrieblichen Anforderungen entsprechen und somit im Laufe der Zeit entstehende Lücken zu erkennen und zu füllen. Dies wird in Bild 2 verdeutlicht, das EN 9300-100, Bild 2 entnommen ist: „Verbindungen zwischen Anwendungsfällen, wesentlichen Informationen und Normen des Themengebiets EN 9300-1xx“.

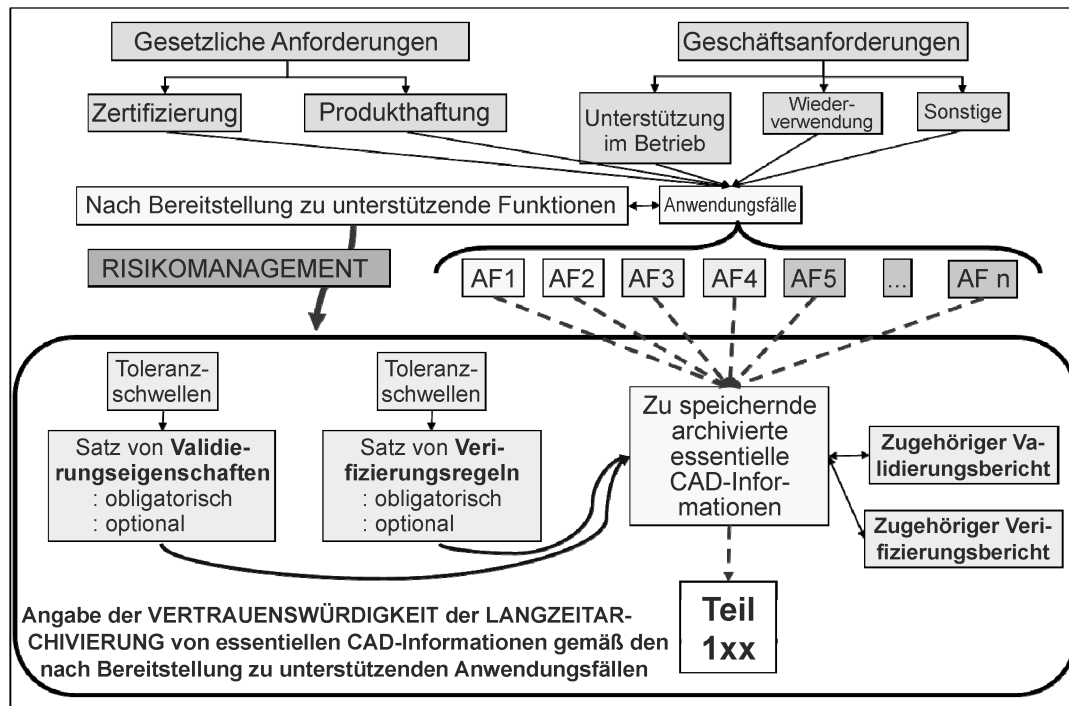


Bild 2 — Verbindungen zwischen Anwendungsfällen, wesentlichen Informationen und Normen des Themengebiets EN 9300-1xx

Dieser Abschnitt fasst die allgemeinen, für die Luft- und Raumfahrt insgesamt geltenden Anforderungen im Hinblick auf die Langzeit-Archivierung der 3D-Außenform des Produkts zusammen. Diese Anforderungen sollten von jedem Unternehmen entsprechend seinen Produkten und Geschäftspraktiken bewertet und angepasst werden.

Nach der Bereitstellung aus dem Langzeit-Archivierungssystem stimmen die 3D-CAD-Informationen möglicherweise nicht exakt mit dem Original überein. Dies kann beispielsweise durch Änderungen in der mathematischen Darstellung des CAD-Modellierers („Generationswechsel von CAD-Systemen“) entstehen oder durch die Entwicklung ihrer eigenen Datenmodelle über aufeinanderfolgende Versionen hinweg. Das Ziel besteht darin nachzuweisen, dass der Prozess noch die wesentlichen Informationen über die 3D-Form des Produkts so speichert, wie sie vom ursprünglichen CAD-System zu dem Zeitpunkt definiert wurden, als die CAD-Informationen freigegeben wurden.

Die Art der aufzubewahrenden CAD-Darstellung ist je nach Anwendungsfall verschieden (siehe EN 9300-100, Bild 4: Verbindungen zwischen Anwendungsfällen, wesentlichen Informationen und Normen des Themengebiets EN 9300-1xx). Genauso beziehen sich die Toleranzschwellenwerte für die Verifizierungsregeln und die geometrischen Validierungseigenschaften auf die jeweiligen Anwendungsfälle und die konkreten Anforderungen jedes Unternehmens. Solche Schwellenwerte werden in dieser Norm nicht normativ festgelegt, sondern es werden Werte für dazugehörige empfohlene Vorgehensweisen vorgeschlagen. Diese Toleranzen hängen von der Fehlergrenze des CAD-Modellierers ab; es wird davon

ausgegangen, dass sich die Genauigkeit im Laufe der Zeit erhöht. Darüber hinaus stehen sie im Zusammenhang mit den Teilekategorien und -funktionen.

Wie in EN 9300-002 erwähnt, gibt es 4 Hauptanwendungsfälle für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von exakten 3D-CAD-Geometrien und ihren ergänzenden 2D-Zeichnungen:

- Dokumentation der Entwicklung von Produkten der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie zur Einhaltung der aufsichtsrechtlichen und vertraglichen Bestimmungen;
- Untersuchung von Zwischenfällen in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie (Produkthaftung);
- Wiederverwendung von Entwicklungen – Produktmodifizierung;
- Support während des Lebenszyklus des Produkts und Entsorgung.

Diese Anwendungsfälle werden im Kontext der langfristigen Aufbewahrung von mechanischen expliziten 3D-CAD-Geometrieinformationen näher beschrieben.

Für nähere Angaben siehe Anhang A.

5.3 Beschreibung des Dateiinhalts

- Szenario 1: Datei eines Bauteils lediglich mit exakter Geometrie;
- Szenario 2: Datei eines Bauteils lediglich mit tessellierter Geometrie;
- Szenario 3: Datei eines Bauteils mit exakter und tessellierter Geometrie;
- Szenario 4: Datei eines Bauteils, das eine Baugruppe enthält, bei der exakte und tessellierte geometrische Informationen kombiniert sind (Beispiel: Innengeometrie einer Einrichtung) → siehe EN 9300-115 und EN 9300-125.

6 Wesentliche Informationen einer expliziten Geometrie

Wesentliche Informationen einer expliziten 3D-Geometrie, die in Archivdateien erfasst sind, sind definiert als:

- die exakte Form des Begrenzungsflächenmodells (en: boundary representation) eines einzelnen Bauteils innerhalb freier Fertigungstoleranzen (z. B. nach ISO 2768, General Tolerances);
- die Form des tessellierten Begrenzungsflächenmodells;
- die exakte Darstellung von Kurven;
- die tessellierte Darstellung von Kurven;
- die exakte Darstellung von Flächen;
- die tessellierte Darstellung von Flächen;
- die Darstellung von Punkten.

Die Normen der Reihe EN 9300 gelten für alle weiteren Informationen, die nicht von dieser Norm erfasst werden.

7 Definition des Kernmodells für eine explizite Geometrie

Zur langfristigen Erhaltung der wesentlichen Informationen einer expliziten 3D-Geometrie unabhängig von den spezifischen Geometrie-Erzeugungsfunktionen der verschiedenen Tools sollte die Form präzise und vollständig in Nenngröße innerhalb der definierten Toleranzen dargestellt werden. Daher ist ein Begrenzungsflächenmodell als akkumulatives topologisches und geometrisches Volumenmodell als Kernmodell für diese Norm der Reihe EN 9300 ausgewählt worden.

Dieses Kernmodell wird von ISO 10303-514 (Advanced Boundary Representation) und ISO 10303-42 (Geometric and Topological Representation) definiert. Diese Darstellung wird von ISO 10303-203 (Configuration Controlled 3D Design of Mechanical Parts and Assemblies) CC08, ISO 10303-214 (Core Data for Automotive Mechanical Design Processes) CC02 und ISO 10303-242 (Managed Model Based 3D Engineering) genutzt. Daher können physische STEP-Dateien, die die Anforderungen von ISO 10303-203 CC08 oder ISO 10303-214 CC02 oder ISO 10303-242 erfüllen, für die Datenübernahme expliziter Geometrien verwendet werden. Die deskriptiven Informationen des AIP müssen die Versionen sowohl des Anwendungsprotokolls von EN 9300-110 als auch von ISO 10303 dokumentieren, welche die Grundlage für das AIP bilden¹.

Andere geometrische Informationen oder Informationen im Zusammenhang mit der Geometrie, beispielsweise Entwicklungshistorie, Schichteninformationen, Hilfsgeometrie oder technische Attribute wie Rauheit oder Toleranzen, wie sie in typischen CAD-Systemen modelliert werden, dürfen zusammen mit der expliziten 3D-Geometrie innerhalb derselben STEP-Datei unter der Annahme aufrechterhalten bleiben, dass diese Informationen durch das gewählte Anwendungsprotokoll von ISO 10303 dargestellt werden können. In diesem Fall sollten zusätzliche Validierungseigenschaften und Verifizierungsregeln zum Einsatz kommen, die in den jeweiligen Normen der Reihe EN 9300 definiert sind, um die Aufrechterhaltung dieser zusätzlichen Informationen sicherzustellen.

8 Verifizierungsregeln expliziter Geometrien

8.1 Einleitung

Wie unter „Authentifizierung und Verifizierung“ (EN 9300-005) beschrieben, ist die Verifizierung eines der beiden grundlegenden Qualifizierungsverfahren, mit denen das Risiko verringert wird, dass während der Langzeit-Archivierung wesentliche Informationen verloren gehen.

Die Verifizierung des CAD-Quellen- und des -Zielmodells sind in dieser Norm nicht erforderlich, jedoch hängt die Qualität der exportierten Datei im Archivformat stark von der Qualität des CAD-Quellenmodells ab, und durch eine fehlende Verifizierung entsteht die Gefahr, dass der Bereitstellungsprozess misslingt.

Die in diesem Abschnitt beschriebene explizite 3D-Geometrie betrifft lediglich die Archivdatei während des Datenübernahmeprozesses (EN 9300-012).

Um die Lebensdauer des Archivs zu verbessern, können sich Unternehmen entscheiden, neue Verifizierungsregeln hinzuzufügen und eine Auswahl der archivierten Dateien zu überprüfen. In diesem Fall kann sich das Unternehmen entschließen, den neuen Verifizierungsbericht zu archivieren und je nach Ergebnis die geeigneten Maßnahmen zu ergreifen, um die langfristige Erhaltung der archivierten CAD-Informationen sicherzustellen.

Wenn eine Verifizierung des nativen CAD-Zielmodells im Bereitstellungsprozess durchgeführt wird (EN 9300-014), muss das CAD-Modell den Validierungsprozess durchlaufen, ehe das Modell vollständig angenommen werden kann. Der Verifizierungsprozess ist notwendig, um das Risiko eines Datenverlusts oder einer inakzeptablen Änderung zwischen den Archiv- und den Bereitstellungsinformationen so gering

1) AIP: Archivinformationspaket (en: Archive Information Package), (siehe EN 9300-007 „Begriffe“)

wie möglich zu halten. Dieser Prozess muss an der STEP-Datei während der Dateiübernahme ins Archiv und nach jeder Langzeit-Archivierungskonvertierung angewandt werden. Es wird nachdrücklich empfohlen, dass dieser Prozess nach dem STEP-Import auch an dem CAD-Zielmodell durchgeführt wird.

8.2 Verifizierungsebene

Eine Konvertierung von CAD-Modellen zwischen unterschiedlichen Formaten kann zum Verlust geometrischer und topologischer Elemente führen.

Um das Risiko dieser Art von Problemen zu minimieren, müssen Unternehmen eine der drei folgenden Verifizierungsebenen wählen:

- Verifizierungsebene 0, keine Verifizierung, was damit einhergeht, dass bei der Datenbereitstellung das maximale Risiko eines Fehlschlags akzeptiert wird;
- Verifizierungsebene 1, mit kontrolliertem Risiko unter Verwendung einer Liste nachstehend definierter Verifizierungsregeln;
- Verifizierungsebene 2, mit einem minimalen Risiko durch Anwendung der Regeln von Verifizierungsebene 1 sowie weiterer Verifizierungsregeln, die vom Unternehmen festgelegt werden.

Für einen exakten Festkörper und eine exakte Fläche stellen die Regeln für die Verifizierungsebene 1 eine Untergruppe der in SASIG PDQ und ISO 10303-59 definierten Regeln dar, die für jede Regel eine Definition, eine Veranschaulichung der Fehler, die von der Regel erkannt wurden, und wenn möglich ein Verfahren zur Fehlerbehebung bereitstellt.

Für tessellierte Festkörper und Flächen kann die Verifizierungsregel 1 aus einer Überprüfung bestehen, beispielsweise eine wasserdichte Tessellierung.

Für die Verifizierungsebene 2 können Unternehmen die Überprüfung anhand ihrer eigenen Verifizierungsregeln durchführen (siehe Anhang D (informativ) – Empfohlene Verifizierungsregeln Ebene 1 und 2).

Bei Beispiel 1 können mehrere identische Elemente (Punkte, Kurven, Flächen) in einigen Anwendungsfällen problematisch sein, und der Abstand zwischen zwei identischen Elementen muss innerhalb einer bestimmten Toleranz liegen, die sich von System zu System ändern kann (z. B. Generationswechsel von CAD-Modellierern).

Bei Beispiel 2 können spezielle Regeln zur Verifizierung der Struktur des CAD-Modells (Farbe und Schichten) hinzugefügt werden.

Einige Regeln werden durch Akzeptanzschwellen parametrisiert. Für die Langzeitaufbewahrung von expliziten 3D-Geometrien ist bei der Datenübernahme die Verifizierungsebene 1 mit geeigneten Schwellenwerten anzuwenden. Beim Bereitstellungsprozess ist dies nicht erforderlich.

8.3 Geometrische Verifizierungsregeln und geeignete Schwellenwerte

8.3.1 Verifizierungsregeln

Eine Verifizierung erfolgt an der B-REP-STEP-Datei nach ISO 10303-514 und ISO 10303-42.

Die Verifizierungsregeln der Ebene 1 müssen von jedem Unternehmen angewandt werden. Diese sind erforderlich, um eine hohe Erfolgsrate beim Importieren der Archivdatei und bei der Bereitstellung der Form der Bauteile ohne signifikante Änderung sicherzustellen.

Das zum Definieren der Verifizierungsregeln (sowohl Ebene 1 als auch 2) angewandte Verfahren und der anfängliche Satz empfohlener Verifizierungsregeln für Ebene 1 befinden sich in Anhang C.

Der Satz von Verifizierungsregeln kann sich im Laufe der Zeit entsprechend aufeinanderfolgenden Upgrades der CAD-Systeme ändern. Zum Hinzufügen neuer Verifizierungsregeln sollte das Verfahren aus Anhang C zum Einsatz kommen.

Zur Qualitätsprüfung der STEP-Dateien sind zwei Möglichkeiten identifiziert worden:

- Verwendung eines STEP-Prüfprogramms mit eigenem Geometrie-Kern;
- Nutzung eines CAD-Prüfprogramms nach dem Import der STEP-Datei in ein CAD-System.

Wenn ein Prüfprogramm die Verifizierungsregeln von Ebene 1 nicht anwendet, muss eine Darstellung mit den eigenen Verifizierungsregeln dokumentiert und eine Qualifizierung mit geeigneten Prüffällen bereitgestellt werden.

Nach der Änderung des CAD-Systems und seiner STEP-Schnittstellen kann die Liste der Verifizierungsregeln mit einem geeigneten Verfahren angepasst werden, wie in Anhang C beschrieben. Ansonsten sollte die Liste der Verifizierungsregeln der Ebene 1 angewendet werden.

Ein Unternehmen darf eine Verifizierungsregel aus Ebene 1 entfernen, wenn nachgewiesen und dokumentiert ist, dass mit den Verfahren der Nutzer oder dem in Betrieb befindlichen CAD-System von der Regel erkannte Qualitätsmängel in STEP-Dateien nicht auftreten können.

Vor dem Implementieren der Datenübernahmeprozesse wird empfohlen, eine Analyse der Exportoptionen der CAD-System-Schnittstellen und deren Konsequenzen für die Inhalte der STEP-Dateien durchzuführen. Zum Beispiel kann sich eine Option zum Exportieren oder Nichtexportieren der Entitäten, die nicht angezeigt werden, auf die Verifizierung auswirken.

8.3.2 Evaluierung der Schwellenwerte

Die Verifizierung kann durch Prüfprogramme erfolgen, die mit den Regeln für die Verifizierungsebenen 1 und 2 übereinstimmen müssen.

Je nach Präzision der Bauteile, Berechnungsqualität und Präzision der CAD-Quellensysteme kann je CAD-Teiletyp und je Regel ein Schwellenwert definiert werden.

ANMERKUNG Daher können nicht für jede Verifizierungsregel die Schwellenwerte normiert werden. Die Schwellenwerte in Anhang C haben informativen Charakter.

Falls für spezielle Regeln und Kategorien von CAD-Teilen erforderlich, kann ein zweiter Schwellenwert definiert werden, der eher eine „Warnung“ als einen Fehlschlag anzeigt.

Das nachfolgende Beispiel verdeutlicht, dass bei derselben Regel die „Kanten-Lücken“-Schwellenwerte (en: „Edge Gap“) für den Erfolg des Importierens von Bedeutung sind:

- Wenn in einem STEP-Modell lediglich vernachlässigbare Lücken zwischen verbundenen Kanten vorhanden sind, können empfangende CAD-Systeme die Geometrie mit vernachlässigbaren Formänderungen importieren, wobei auch die BREP-Festkörperdefinition erhalten bleibt (siehe Bild 3 „Keine Kanten-Lücke“).
- Wenn im STEP-Modell die Lücke zwischen verbundenen Kanten zu groß ist, ist es für das empfangende CAD-System meist zu schwierig, sie ausreichend zu schließen, um ein Festkörpermodell zu erstellen. In diesem Fall wurde das Modell rechts als offene Hülle importiert (siehe Bild 4 „Inakzeptable Kanten-Lücke“).

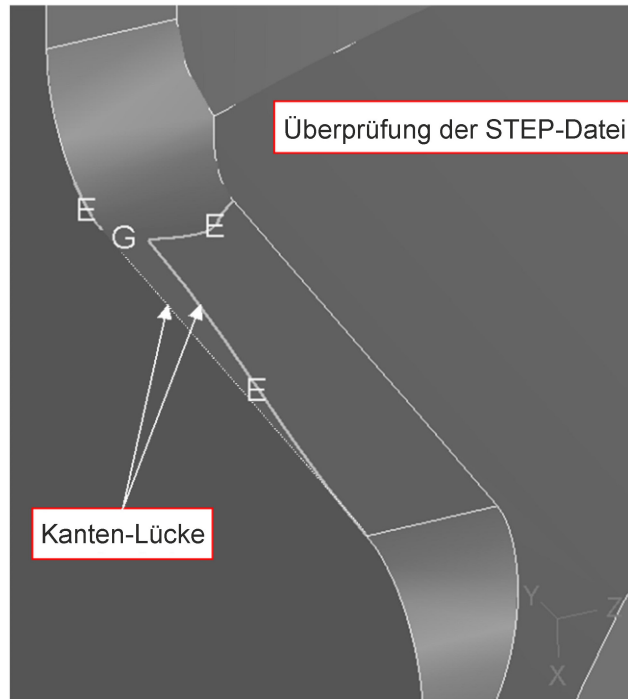


Bild 3 — Keine Kanten-Lücke

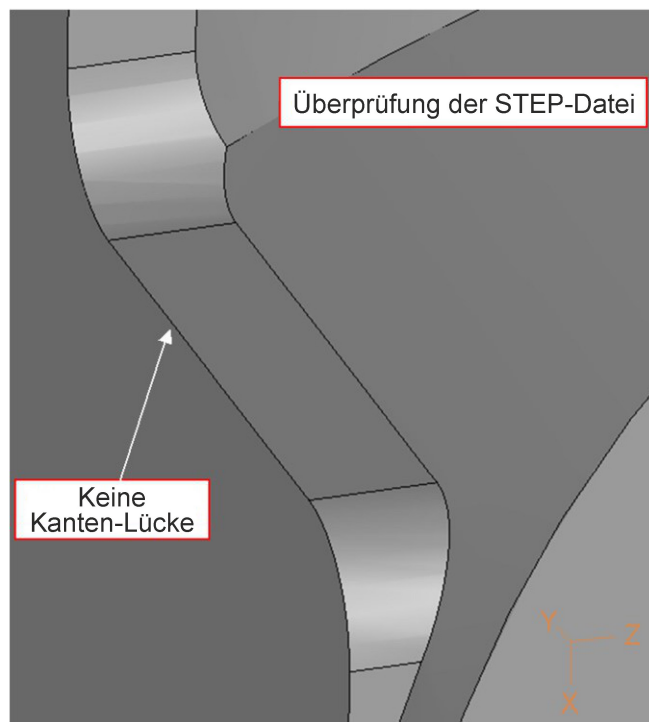


Bild 4 — Inakzeptable Kanten-Lücke

Dies impliziert, dass das Prüfprogramm gegenüber den Verifizierungsregeln und Schwellenwerten qualifiziert werden sollte und alle Änderungen in diesem Tool genehmigt werden müssen. Diese Qualifizierung muss Prüffälle mit bekannten Fehlern nach dem Import der Archivdateien in verschiedene Geometriekerne einschließen. Das Qualifizierungsverfahren liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Eine Qualifizierung des STEP-Dateiprüfprogramms durch Export und Import in demselben CAD-System reicht nicht aus, da derselbe Fehler durchgehend auftreten kann.

Die Verifizierung wird als erfolgreich betrachtet, wenn alle Ergebnisse der Regeln innerhalb der angemessenen Schwellenwerte liegen.

Die Verifizierung wird als nicht erfolgreich betrachtet, wenn eines der Ergebnisse außerhalb der angemessenen Schwellenwerte liegt.

Erkennt der Verifizierungsprozess Fehler oder liefert er keine Ergebnisse, muss der Datenübernahmeprozess angehalten werden und ein Fehlerbehandlungsprozess muss den Administrator des Archivsystems benachrichtigen. Der Hersteller sollte ebenfalls informiert werden.

8.4 Ergebnisse der Verifizierung

Die Verifizierung muss die folgenden Ergebnisse erbringen:

- eine Statusinformation;
- einen Verifizierungsbericht (Textformat), einschließlich der höchsten Gesamtwerte und erforderlichen Schwellenwerte für jeden Fehler;
- optional einen graphischen Bericht, um an der Form festgestellte Fehler zu erkennen.

Es wird empfohlen, die Statusinformation zu speichern und zu statistischen Zwecken zu verwenden. Auf jeden Fall muss der Hersteller über die Verifizierungsergebnisse informiert werden.

8.4.1 Statusinformation

Es werden drei Klassen von Statusinformationen unterschieden:

- Bestanden;
- Nicht bestanden;
- Nicht durchgeführt.

„Bestanden“ bedeutet, dass das CAD-Modell in das Archivsystem übernommen werden konnte.

„Nicht bestanden“ bedeutet, dass das CAD-Modell abgelehnt wird und dass die Fehler vor der erneuten Vorlage korrigiert werden sollten.

„Nicht durchgeführt“ bedeutet, dass der Verifizierungsprozess zu keinem Ergebnis führte.

Ein Unternehmen kann eine Ausnahmeregelung festlegen, um ein ursprüngliches Modell mit Fehlern zu akzeptieren (beispielsweise wenn das gefertigte Bauteil in Betrieb ist und keine Probleme aufweist), wobei in diesem Fall der Status „Ausnahmeregelung“ anzuwenden ist. Diese Informationen müssen dem Verbraucher bei der Bereitstellung übermittelt werden, damit die Fehler korrigiert werden.

8.4.2 Verifizierungsberichte

Der Verifizierungsbericht, welcher das Ergebnis jeder Regelüberprüfung enthält, ist zu erstellen und in den Archivinformationspaketen (AIP) zu speichern. Bei einer fehlgeschlagenen Verifizierung wird ein Fehlerbericht an den Bereitsteller der Daten gesandt, um ihn über den Fehlschlag zu informieren.

Diese Verifizierungsberichte müssen die folgenden obligatorischen Angaben enthalten:

- das Erstellungsdatum der Datei;

- den Namen der überprüften STEP-Datei;
- die Werte für jede Regel von Verifizierungsebene 1 und die entsprechenden Schwellenwerte.

Diese Verifizierungsberichte können auch die folgenden Angaben enthalten:

- Ergebnisse zusätzlicher Regeln;
- Statusinformation.

Gegebenenfalls kann dieser Bericht zu Informationszwecken an den Hersteller geschickt werden.

9 Validierungsregeln einer expliziten Geometrie

9.1 Einleitung

Wie in der Norm „Authentifizierung und Verifizierung“ (EN 9300-005) eingeführt, ist die Validierung eines der beiden grundlegenden Qualifizierungsverfahren zur Verringerung des Risikos, dass während der Langzeit-Archivierung wesentliche Informationen verloren gehen.

Für die explizite 3D-Geometrie ist die Form die wichtigste Information. Das CAD-Quellenmodell muss mindestens eine/n exakte/n oder tessellierte/n Festkörper/Fläche/Kurve/Punkt enthalten (die Verifizierung des CAD-Quellenmodells ist in dieser Norm nicht erforderlich).

Die Validierung bei expliziter 3D-Geometrie ist ein End-to-End-Prozess, der Folgendes umfasst:

- Beim Datenübernahmeprozess (EN 9300-012) werden Validierungseigenschaften berechnet, im Archivformat gespeichert, das entweder in einem neutralen Format, wie zum Beispiel STEP, definiert ist, oder in einer spezifischen Datei mit den Validierungseigenschaften in einem offenen Format, das im Archivinformationspaket (AIP) gespeichert ist. Bei einer fehlgeschlagenen Berechnung wird ein Fehlerbericht an den Bereitsteller der Daten gesandt, um ihn über den Fehlschlag zu informieren.
- Im Bereitstellungsprozess (EN 9300-014) werden die Validierungseigenschaften erneut berechnet und mit den ursprünglichen Validierungseigenschaften verglichen, woraufhin eine Statusdatei mit dem Ergebnis „Bestanden“, „Nicht bestanden“ oder „Nicht durchgeführt“ erstellt wird.

Die Berechnung der Geometrischen Validierungseigenschaft (en: Geometrical Validation Property - GVP) kann durch das CAD-System oder den STEP-Konvertierer oder eine eigenständige Batch-Anwendung erfolgen.

Zur Fortsetzung des Bereitstellungsprozesses ist ein Informationsstatus erforderlich. Wenn dieses Vergleichsergebnis beispielsweise außerhalb des Schwellenwerts liegt (Status „Nicht bestanden“), könnte die Verifizierung der CAD-Zieldatei optional erfolgen.

ANMERKUNG Nach einer nicht bestandenen Validierung kann dem Verbraucher die bereitgestellte Datei mit einem Validierungsbericht zur Verfügung gestellt werden. Wenn der Verbraucher das CAD-Modell ablehnt, kann eine Nachbearbeitung (en: healing) durchgeführt werden, und das Ergebnis mit demselben Validierungsprozess erneut bewertet werden.

9.2 Validierungsebene

Die Konvertierung von CAD-Modellen zwischen unterschiedlichen Formaten kann zum Verlust topologischer Elemente führen.

Um das Risiko solcher Probleme so gering wie möglich zu halten, müssen Unternehmen eine der drei folgenden Validierungsebenen wählen:

- Validierungsebene 0, keine Validierung, mit maximalem Risiko;
- Validierungsebene 1, die Nutzung allgemeiner Validierungseigenschaften, verbunden mit einem mittleren Risiko (siehe Tabelle 1 — Validierungseigenschaften Ebene 1)

Tabelle 1 — Validierungseigenschaften Ebene 1

Validierungsebene	Validierungsebene 1
Exakter Festkörper	Volumen, Schwerpunkt, Fläche
Exakte unabhängige Fläche/offene Hülle	Schwerpunkt und Fläche
Exakte unabhängige Kurve	Länge der unabhängigen Kurve Schwerpunkt der unabhängigen Kurve
Tessellierter Festkörper	Fläche, Schwerpunkt
Tessellierte Fläche	Fläche, Schwerpunkt
Tessellierte Kurve	Gesamtlänge, Schwerpunkt

- Validierungsebene 2, auf der das Risiko durch Anwendung von Validierungseigenschaften zusätzlich zu Ebene 1 minimiert wird, beispielsweise die Validierungseigenschaft „Punktwolke“ (en: Cloud of Points) oder weitere, vom Unternehmen definierte Validierungseigenschaften.
- Die Anzahl von Facetten und Segmenten kann sich potentiell ändern, weshalb es problematisch sein könnte, sie zu zählen. Diese Validierung kann nach Ermessen des Unternehmens angewandt werden.

Für exakte Festkörper, Flächen und Kurven sind die Validierungseigenschaften Volumen, Schwerpunkt, Fläche und Punktwolke in den empfohlenen Praktiken (en: Recommended Practices) für geometrische Validierungseigenschaften (en: Geometrical Validation Properties) beschrieben (siehe Website des CAD Implementer Forum: <http://www.cax-if.org/>).

Für tessellierte Festkörper, Flächen und Kurven sind die Validierungseigenschaften in den empfohlenen Praktiken für tessellierte 3D-Geometrien (en: 3D Tessellated Geometry) beschrieben.

Für die Langzeitaufbewahrung von expliziten 3D-Geometrien ist entweder Validierungsebene 1 oder 2 mit dem geeigneten Schwellenwert anzuwenden.

Für den unabhängigen Punkt gibt es keine für Ebene 1 definierten Validierungseigenschaften. Dennoch kann ein Unternehmen seine eigenen Validierungseigenschaften entsprechend seinen jeweiligen Anwendungsfällen definieren.

9.3 Vergleich der geometrischen Validierungseigenschaften (GVP)

Der Vergleich zwischen den GVP ist eine Funktion der Präzision der Bauteile, der Berechnungsqualität und der Präzision des CAD-Quellen- und -Zielsystems. Das bedeutet, dass für jede GVP mehrere Schwellenwerte definiert werden können.

Falls für eine spezielle GVP und konkrete Kategorien von CAD-Bauteilen erforderlich, könnte ein zweiter Schwellenwert definiert werden, der eine „Warnung“ anzeigt.

Zum Beispiel ist der Schwellenwert bei den Volumen-GVP dann größer, wenn zwei verschiedene GVP-Algorithmen zum Einsatz kommen - etwa die nativen Algorithmen der CAD-Quellen- und -Zielsysteme -, und kleiner, wenn das gleiche Tool die Eigenschaft bei der Datenübernahme und bei der Bereitstellung berechnet.

Eine Qualifizierung der für die GVP-Berechnung im Datenübernahme- und -bereitstellungsprozess verwendeten Algorithmen ist erforderlich, um die Schwellenwerte zu definieren, selbst wenn spezielle Tools genutzt werden. Das Luft- und Raumfahrtunternehmen muss die geeigneten Schwellenwerte entsprechend seiner konkreten Produktkategorien definieren. Gleiches gilt für zusätzliche, von Unternehmen gewählte GVP.

Diese Qualifizierung kann mithilfe von Prüffällen für die in verschiedenen Geometriekernen berechneten GVP erfolgen, ein solches Verfahren befindet sich jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm.

Für die Qualifizierung eines GVP-Algorithmus ist der Import und Export mit dem gleichen CAD-Quellsystem nicht geeignet, da das CAD-System konsequent denselben Fehler machen kann.

Jedes Unternehmen muss den in seinem internen Prozess angewandten Vergleichsalgorithmus dokumentieren.

Die Konvertierung einer expliziten Geometrie ist erfolgreich validiert, wenn alle Ergebnisse der GVP-Vergleiche niedriger als die Schwellenwerte sind.

Die Konvertierung der expliziten Geometrie ist fehlgeschlagen, wenn eines der Ergebnisse von GVP-Vergleichen höher als dessen Schwellenwert ist.

ANMERKUNG Für die GVP-Punktwolke bildet die maximal zulässige Abweichung zwischen den vom CAD-Quellenmodell berechneten Abtastpunkten und ihrer Projizierung auf die Form des CAD-Zielmodells den Schwellenwert.

Sämtliche Änderungen an den GVP-Berechnungsmodellen müssen nach der Anforderung aus Abschnitt 8 „Planung der Langzeit-Archivierung von CAD-Informationen“ aus der Norm EN 9300-100 „Allgemeine Konzepte für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von mechanischen 3D-CAD-Informationen“ mit Prüffällen dokumentiert und kontrolliert werden.

9.4 Ergebnisse der Validierung

9.4.1 Beim Datenübernahmeprozess (Qualifizierung)

Wenn die Erzeugung der GVP-Werte fehlschlägt, wird ein Fehlerbericht an den Bereitsteller gesandt, um ihn über den Fehlschlag zu informieren. In diesem Fall wird der Datenübernahmeprozess angehalten und kein Validierungsbericht erstellt.

Nach der Berechnung der GVP muss ein Validierungsbericht erstellt und in den Archivinformationspaketen (AIP) gespeichert werden, und die Werte der GVP müssen in den AIP gespeichert werden.

Diese „qualifizierten“ Validierungsberichte müssen die folgenden obligatorischen Angaben enthalten:

- das Erstellungsdatum der Datei;
- den Namen des CAD-Quellenmodells;
- den Namen der Datei, die die Validierungseigenschaften in einem AIP enthält;
- die Versionen aller Anwendungen, die in die Berechnung der GVP bei der Datenübernahme einbezogen sind.

Diese „qualifizierten“ Validierungsberichte können auch die folgenden Angaben enthalten:

- die Werte für alle GVP Ebene 1;

— andere zusätzliche Validierungseigenschaften.

Gegebenenfalls könnte dieser Bericht zu Informationszwecken an den Verbraucher geschickt werden.

9.4.2 Beim Bereitstellungsprozess (Vergleich)

Der Vergleich der GVP muss die folgenden Ergebnisse hervorbringen:

- eine Statusinformation;
- einen Validierungsbericht (Textformat) für den Verbraucher mit den beim Datenübernahmeprozess berechneten GVP, den beim Bereitstellungsprozess berechneten GVP, den Vergleichsergebnissen und den Schwellenwerten;
- optional einen graphischen Bericht, um die Änderung an der Form aufzuzeigen (diese Funktionalität wird mit der Punktwolke bereitgestellt, indem alle Flächen erkannt werden, an denen Abweichungen von den Abtastpunkten außerhalb des Schwellenwerts liegen).

Es wird empfohlen, sämtliche Statusinformationen zu speichern und für eine statistische Analyse zu verwenden.

Der Verbraucher muss über die Validierungsergebnisse informiert werden.

9.4.2.1 Statusinformation

Es sind drei Statusklassen zu unterscheiden:

- Bestanden;
- Nicht bestanden;
- Nicht durchgeführt.

„Bestanden“ impliziert, dass das bereitgestellte CAD-Modell dem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden kann.

„Nicht bestanden“ impliziert, dass das bereitgestellte CAD-Modell dem Verbraucher ebenfalls zur Verfügung gestellt werden kann, wobei jedoch ein Validierungsbericht den Fehlschlag hervorhebt. In Abhängigkeit von den Mängeln wird das CAD-Modell vom Verbraucher akzeptiert oder abgelehnt.

„Nicht durchgeführt“ bedeutet, dass die Konvertierung im CAD-Zielsystem fehlgeschlagen ist und der Vergleich nicht durchgeführt werden konnte. In diesem Fall kann dem Verbraucher jedes beliebige CAD-Modell zur Verfügung gestellt werden, und es wird ein Fehlerbericht an den Administrator des Archivsystems gesendet. Nach einem Reparaturvorgang muss eine neue Validierung erfolgen, um einen Validierungsbericht für denselben Validierungsprozess zu erstellen.

9.4.3 Validierungsberichte

Diese Validierungsberichte müssen die folgenden obligatorischen Angaben enthalten:

- das Erstellungsdatum der Datei;
- den Namen des CAD-Zielmodells;
- die Versionen aller Anwendungen, die an der Berechnung des Bereitstellungsprozesses beteiligt sind.

Diese Validierungsberichte müssen wenigstens eine der folgenden Angaben enthalten:

- Statusinformation;
- einen Vergleich zwischen den Quellen- und Ziel-GVP.

Anhang A (informativ)

Beschreibung von Anwendungsfällen für die Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von expliziten 3D-CAD-Geometrien

Wie in 5.2 dargelegt, hat dieser Anhang informativen Charakter. Sein Ziel besteht darin, die empfohlene Herangehensweise an die Beschreibung des betrieblichen Kontexts und der Aufgaben bereitzustellen, um entsprechend den vier wichtigsten Anwendungsfällen für eine Langzeit-Archivierung und -Bereitstellung von expliziten 3D-CAD-Geometrien und der ergänzenden 2D-Zeichnungen Folgendes sicherzustellen:

- Dokumentation der Entwicklung von Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsprodukten zur Einhaltung der aufsichtsrechtlichen und vertraglichen Bestimmungen;
- Untersuchung von Zwischenfällen in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie (Produkthaftung);
- Wiederverwendung von Entwicklungen – Produktmodifizierung;
- Support während des Lebenszyklus des Produkts und Entsorgung.

A.1 Dokumentation der Entwicklung von Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsprodukten zur Einhaltung der aufsichtsrechtlichen und vertraglichen Bestimmungen

Zusammenfassung von Anwendungsfällen

Hersteller und Vertragspartner in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie müssen die Entwicklungsdaten, die ihre Produkte beschreiben, solange speichern, wie diese in Betrieb sind. Bei Herstellern kommerzieller Flugzeuge erfolgt dies auf der Grundlage von aufsichtsrechtlichen Vorgaben. Bei Auftragnehmern im Verteidigungssektor ist es üblicherweise eine vertragliche Anforderung. Alternativ kann der Vertrag fordern, dass der Auftragnehmer die Entwicklungsdaten an seinen Kunden aushändigt, sie aber weiterhin aufbewahrt.

Beteiligte Organisationen

Üblicherweise erarbeitet die technische Organisation des Auftragnehmers im Luft- und Raumfahrt-/Verteidigungsbereich die Definition der Produktentwicklung, und dessen Technikabteilung ist meist für die Daten verantwortlich. Im Umfeld der kommerziellen Luft- und Raumfahrt ist die Regulierungs- oder Zertifizierungsbehörde der Verbraucher. Im Bereich Verteidigung / Raumfahrt wären Verteidigungsministerien, Raumfahrtbehörden oder andere Regierungsstellen die Kunden. Der Hersteller (und der Auftragnehmer im Bereich Verteidigung, falls vertraglich verpflichtet) trägt die Verantwortung für die Aufbewahrung der Produktentwicklungsdefinition und muss zudem das Datenarchiv verwalten und pflegen.

Zweck von Anwendungsfällen

Die Hersteller von kommerziellen Flugzeugen und Triebwerken müssen die Entwicklungsdaten der einzelnen Typen speichern, um die Musterbauart des Flugzeugs/Triebwerks zu dokumentieren. Zertifizierungsstellen, beispielsweise die FAA oder EASA, erteilen Musterzulassungen auf der Grundlage von Musterbauarten. Auf Anforderung der Zertifizierungsstelle muss die Musterbauart über die gesamte Produktlebensdauer erhältlich sein.

Oft muss die Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie auch sicherstellen, dass die Definition der Produktentwicklung über die gesamte Nutzungsdauer des Produkts auf Anforderung der verantwortlichen Stelle erhältlich ist. Die Lebensdauer eines Produkts kann von sehr kurzen Zeiträumen bis hin zu mehreren Jahrzehnten schwanken.

Historischer Prozess, falls zutreffend

Das von vielen Auftragnehmern angewandte Verfahren dient dazu, ein Luft- und Raumfahrtprodukt mithilfe eines 3D-CAD-Systems zu erzeugen. Anschließend wird das 3D-Modell zum Erstellen der 2D-Zeichnungen verwendet. Jedes Bauteil wird vollständig von 2D-Zeichnungen definiert, welche die Abmessungen, Toleranzen und andere Anmerkungen enthalten. Zum Archivieren des Fertigungszustands werden die 2D-Zeichnungen in ein Bildformat umgewandelt, zum Beispiel in eine Rasterdatei oder ein Mikrofiche. Ein Zugriff auf die Entwicklungsdaten kann entweder durch die Bereitstellung ausgedruckter Bilder oder mittels Computeranwendung erfolgen, um die Raster-Bilddatei anzusehen. Darüber hinaus gestatten einige Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsverträge die Nutzung elektronischer Bilddateidaten, fordern aber zugleich, dass eine Sicherung über Mikrofiche-Datenspeicherung erfolgt.

Anwendungsfälle

Viele Auftragnehmer sind zu einem Entwicklungsprozess übergegangen, bei dem 3D-Modelle das vollständige Produkt mit einer allgemein zulässigen Toleranz definieren, und bei dem die 2D-Zeichnungen lediglich Anmerkungen zu den Abmessungen, spezielle Toleranzen und Anmerkungen enthalten, welche die 3D-Modellinformationen vervollständigen. Dabei sollte der Auftragnehmer sicherstellen, dass die Übereinstimmung zwischen beiden Informationssätzen und dem 3D-Modell sowie den dazugehörigen 2D-Zeichnungen gewahrt bleibt, um die Produktdefinition einer Entwicklung zu dokumentieren. Über eine Computeranwendung kann zwecks Auswertung der 3D-Daten auf die Entwicklungsdaten zugegriffen werden, z. B. um die Abmessungen des 3D-Modells zusammen mit den ergänzenden 2D-Zeichnungen zu berechnen. Neben der Langzeit-Archivierung der 2D-Zeichnungen kann der Auftragnehmer für die Aufbewahrung der 3D-Daten und der Betrachtungsanwendung(en) über die Nutzungsdauer des Produkts verantwortlich sein — in einigen Fällen einschließlich der Produktentsorgung. Künftig wird der Auftragnehmer ebenfalls für die Koordinierung mit den Regulierungsbehörden zuständig sein, um sicherzustellen, dass die für den Zugriff und die Ansicht benötigte Technologie vorhanden und geeignet ist.

Allgemeiner Inhalt hinzugezogener Daten

Normalerweise umfassen Entwicklungsdaten die explizite 3D-CAD-Geometrie, die ergänzenden 2D-Zeichnungen, die Produktstruktur, Konfigurationsmanagementdaten, Spezifikationen usw. Die Daten müssen ausreichen, um die Entwicklung zu dokumentieren und die Informationen für einen Nutzer darzustellen.

Im Bereich kommerzieller Flugzeuge werden die Inhalte der Musterbauart in Europa (bzw. Amerika) durch die EASA-Regeln IR — Teil 21 (bzw. FAA ,Teil 21) definiert. Andere Regulierungsbehörden verfügen über gleichwertige Vorschriften.

1. Wirtschaftliche Faktoren

Die Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie versucht, die mit der Entwicklung von Produkten einhergehenden Kosten zu senken. Im Maschinenbau gelangte dabei aus mehreren Gründen die Erstellung und Aufbewahrung der vollständigen 2D-Zeichnungen ins Visier. Durch digitale 3D-Entwicklungen wird es möglich, nachgelagerte Prozesse zu automatisieren und Entwicklungen vor der eigentlichen Herstellung der Bauteile virtuell zu montieren und analysieren. Da der Großteil der Entwicklungstätigkeit mithilfe digitaler 3D-Daten vor der Gewinnung von 2D-Zeichnungen erfolgt, ist die Nutzung von Zeichnungen zwecks ergänzender Informationen weitgehend entfallen und ihre Herstellung stellt keine Dokumentationsaufgabe mit Wertschöpfung mehr dar. Ungeachtet dessen, ob die Entwicklungsdaten digital oder in Papierform vorliegen, bleibt allerdings die Forderung bestehen, sie zu speichern und den Kundenvertretern zur Verfügung zu stellen. Eine fehlende Speicherung der Entwicklungsdaten könnte die Fähigkeit des

Auftragnehmers gefährden, den Kunden zu unterstützen, und Bußgelder oder andere Sanktionen nach sich ziehen.

2. Aufsichtsrechtliches und gesetzliches Umfeld

In den USA geht die Forderung, Entwicklungsdaten von Luftfahrzeugtypen zu speichern, auf den U.S.-amerikanischen Code of Federal Regulations zurück. In der europäischen Luft- und Raumfahrzeugbranche hat die Forderung der Speicherung von Musterdaten ihren Ursprung in den EASA-Verordnungen. Diese Verordnungen regulieren die Luftfahrtindustrie per Gesetzeskraft. Jeder Archivierungsprozess von Musterdaten muss mit diesen Verordnungen übereinstimmen (siehe EN 9300-002 „Anforderungen“).

Im Verteidigungsumfeld geht die Anforderung der Speicherung von Entwicklungsdaten auf die Verträge für einen speziellen Beschaffungsgegenstand zurück. Diese Verträge sind für die Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie rechtskräftig. Jeder Archivierungsprozess von Entwicklungsdaten muss sowohl einem typischen vertraglichen Rahmen als auch den exakten Anforderungen bei einer konkreten Beschaffung entsprechen.

A.2 Untersuchung von Zwischenfällen in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie

Zusammenfassung von Anwendungsfällen

Bei Zwischenfällen in Bezug auf Produkte der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie während des Betriebs wird generell eine Untersuchung eingeleitet. Für die Untersuchung können die Entwicklungs- und Analysedaten erforderlich sein, die die Entwicklung eines Bauteils dokumentieren.

Beteiligte Organisationen

Die technische Organisation ist der Hersteller der Entwicklungsdaten. In diesem Szenario können zu den Verbrauchern der Daten Vertreter der Auftragnehmer, Regulierungsbehörden und Regierungsstellen, Kongressabgeordnete und Ermittler von Sonderausschüssen gehören. Wenn das Bauteil von einem Lieferanten konstruiert oder gebaut wurde, so kann dieser ebenfalls einbezogen werden. Bei großen Zwischenfällen ist das Untersuchungsteam bestrebt, mithilfe einer äußerst exakten Darstellung des Produktzustands, oft mithilfe modernster Simulationen jeder potentiellen Fehlerart, die exakte Konfiguration des fraglichen Produkts zu rekonstruieren. Für all das wird ein einwandfrei gepflegter und vollständiger Datensatz der Produktdefinition benötigt.

Zweck von Anwendungsfällen

Auftragnehmer haben mit den Untersuchungskräften des Zwischenfalls zusammenzuarbeiten. Eine nicht erfolgte Bereitstellung von Informationen über die Entwicklung eines Bauteils könnte aufsichtsrechtliche und/oder rechtliche Maßnahmen für den Auftragnehmer nach sich ziehen.

Historischer Prozess, falls zutreffend

Heutzutage werden die 2D-Entwicklungsdarstellungen, zum Beispiel Rastergraphiken oder Microfiche, zum Dokumentieren der Entwicklung verwendet. 3D-Daten werden als zusätzlich betrachtet. Papierdokumente, die eine Analyse des Bauteils enthalten, können ebenfalls verwendet werden. Wenn die Analysedokumentation nicht zur Verfügung steht, kann die Analyse erneut durchgeführt werden. In einigen Fällen werden vollkommen neue Analysen von Szenarien durchgeführt, die konkret den fraglichen Zwischenfall betreffen.

Szenario eines Anwendungsfalls für EN 9300-110

Bei diesem Szenario sind die Entwicklungsdaten eine 3D-Darstellung mit ergänzenden 2D-Zeichnungen. Neben den Zeichnungen müssen die 3D-Daten archiviert werden. Bei diesem Szenario ist es erforderlich, dass die 3D-Daten mit einer Software-Anwendung bereitgestellt und ausgewertet werden können, welche die 3D-Darstellung importieren kann, wobei der Auftragnehmer für die Bereitstellung der

Auswertungsanwendung verantwortlich ist. Bei Ermittlungen spielt die Zeit üblicherweise eine ausschlaggebende Rolle, da ein nicht beseitigtes Problem zu einer Maßnahme seitens einer Regulierungsbehörde führen könnte, z. B. dass die Flotte eines bestimmten Flugzeug- oder Triebwerkstyps am Boden bleiben muss. Diese engen Zeitvorgaben stellen für die Auswertung der Daten eine große Einschränkung dar.

Allgemeiner Inhalt hinzugezogener Daten

Für die Untersuchung von Zwischenfällen sind die Entwicklungsdaten erforderlich, wie im vorhergehenden Szenario beschrieben. Darüber hinaus kann von den Ermittlern eine Analyse der Entwicklung, wie zum Beispiel eine Analyse der statischen Beanspruchung, Ermüdungsanalyse usw., angefordert werden. Möglicherweise benötigen sie auch Daten aus dem Betrieb, beispielsweise Wartungsaufzeichnungen, Seriennummern, das Serviceheft des Bauteils usw. Es muss möglich sein festzustellen, ob die Version des Produkts eine zugelassene Konfiguration war, dass das Produkt nach den Spezifikationen gewartet und entsprechend der Nutzungsabsicht zum Einsatz kam.

1. Wirtschaftliche Faktoren

Untersuchungen von Zwischenfällen sind oft von hohem öffentlichen Interesse. Außerdem ist es aufgrund der finanziellen Auswirkungen und potentiellen Haftungsklagen unerlässlich, dass die Entwicklungsdaten schnell und korrekt bereitgestellt und analysiert werden können. Bei einem Zwischenfall sind Rechtsansprüche in Höhe mehrerer Hundert Millionen oder sogar Milliarden Dollar möglich. Die Risikoreduzierung ist daher ein entscheidender Aspekt für einen an einem Zwischenfall beteiligten Auftragnehmer.

2. Aufsichtsrechtliches und gesetzliches Umfeld

Neben dem oben beschriebenen aufsichtsrechtlichen Umfeld bergen Zwischenfälle das Potential in sich, dass es zu gerichtlichen Schritten gegenüber dem Auftragnehmer kommt. In den USA können Gerichtsverfahren gegen den Auftragnehmer mit Beweiserhebungsverfahren einhergehen, bei denen der Auftragnehmer der Klägerseite die angeforderten Informationen vorlegen muss. Sofern die angeforderten Informationen nicht vorgelegt werden oder werden können, kann die rechtliche Stellung des Auftragnehmers ernsthaft Schaden nehmen.

A.3 Wiederverwendung von Entwicklungen — Produktmodifizierung

Zusammenfassung von Anwendungsfällen

Die Entwicklung neuer Versionen von Luft- und Raumfahrtprodukten kann nach vierzig oder mehr Jahren erfolgen, weshalb es wichtig ist, die 3D-CAD-Geometrie bereitzustellen und die Entwicklung zwecks Modifizierung aktualisieren zu können, damit die Entwicklungskosten gesenkt werden und die Zeit für die Modifizierung verringert wird. Dabei wird die Langzeit-Archivierung der expliziten 3D-CAD-Geometrien nicht für die Produkthaftung benötigt (Anwendungsfälle 1 und 2), sondern zur Bewahrung des digitalen Vermögens der Hersteller von Luft- und Raumfahrzeugen.

Beteiligte Organisationen

Die technische Organisation kann als Hersteller und Verbraucher angesehen werden.

Zweck von Anwendungsfällen

Auftragnehmer verwenden oft Entwicklungen aktueller Produkte als Grundlage für neue Produkte. Sie verfügen über fortlaufende Produktverbesserungsprozesse, mit denen das Gewicht oder die Kosten reduziert oder die Sicherheit oder Funktionsfähigkeit verbessert wird oder neue Merkmale oder Funktionalitäten hinzugefügt werden.

Historischer Prozess, falls zutreffend

Wenn die ursprüngliche Entwicklung im aktuellen System als natives CAD-Modell vorliegt, dann wird jenes Modell als Ausgangspunkt verwendet. Wenn das Format des vorhandenen CAD-Modells vom aktuellen CAD-System gelesen werden konnte (oder in ein lesbares Format übersetzt werden konnte), wird das Modell im CAD-System bearbeitet. Wenn das vorhandene Modell im aktuellen CAD-System nicht lesbar ist und auch nicht übersetzt werden kann, bestünde ein anderer Ansatz darin, das ursprüngliche System - falls vorhanden - zu verwenden. Wenn die direkte Nutzung des 3D-CAD-Modells nicht möglich ist, könnten die entsprechenden Zeichnungen herangezogen, eingescannt und im aktuellen CAD-System in ein 3D-Modell konvertiert werden. Die letzte Alternative, die meist die kostspieligste ist, besteht darin, das CAD-Modell noch einmal zu erstellen.

Szenario eines Anwendungsfalls für EN 9300-110

Entscheidend dafür ist, dass sich die CAD-Daten für ein Update eignen. Zur Unterstützung dieses Szenarios muss das CAD-Modell in einem Format vorliegen, das eine weitere Verarbeitung durch derzeitige und künftige CAD-Systeme ermöglicht. Ein typischer Anwendungsfall wäre die Abwandlung eines vorhandenen Bauteils oder die Erzeugung eines neuen Bauteils im Zusammenhang mit dem bereitgestellten Bauteil. Beim idealen Prozess wäre die volle Funktionalität des CAD-Systems bei Nutzung der vorhandenen Daten gegeben.

Allgemeiner Inhalt hinzugezogener Daten

Die erforderlichen Entwicklungsdaten sind in den obigen Anwendungsfällen beschrieben. Darüber hinaus ist es bei vielen CAD-Systemen erforderlich, dass die Entwicklungs- und/oder Merkmalshistorie vollständig editierbar ist, wenngleich dies nicht von EN 9300-110 unterstützt wird.

1. Wirtschaftliche Faktoren

Der wichtigste Faktor bei diesem Prozess ist, dass die mit einer erneuten Erstellung des 3D-CAD-Modells verbundenen Kosten und potentiellen Fehler vermieden werden. Die erneute Datenerstellung erfordert oft eine beträchtliche Investition in Arbeitskosten für Fachleute, und es können sich zudem Fehler oder Abweichungen von der ursprünglichen Entwicklung einschleichen.

2. Aufsichtsrechtliches und gesetzliches Umfeld

Die neuen Entwicklungen unterliegen den gleichen Regulierungsvorschriften wie die vorhandenen. Wenn die Entwicklungen neu vorgenommen werden, hat der Auftragnehmer dafür zu sorgen, dass die Entwicklungsangaben unverändert sind.

A.4 Produktlebenszyklus & Lieferkettenunterstützung und Entsorgung

Zusammenfassung von Anwendungsfällen

Die Wartung und Instandhaltung von Luft- und Raumfahrtprodukten wie beispielsweise Luftfahrzeugen und Triebwerken kann sich über fünfzig Jahre erstrecken. Reparaturen, die Fertigung von Ersatzteilen, Qualitätsprüfungen oder die Dokumentation müssen auf der Grundlage der Produktentwicklung erfolgen, wie sie in der 3D-CAD-Geometrie und den dazugehörigen 2D-Zeichnungen definiert ist. Zivile Auftraggeber können bestimmte Kategorien von Bauteilen selbst fertigen oder sie von Vertragspartnern fertigen lassen und sie können Wartungsaufgaben an Wartungs- und Instandhaltungsorganisationen (en: Maintenance and Repair Organizations - MROs) vergeben. Die Wartung von militärischen Luft- und Raumfahrtprodukten ist oft im Vertrag geregelt und der Auftragnehmer muss den Support für die Produktentwicklung so lange bereitstellen, wie das Produkt in Betrieb ist.

Beteiligte Organisationen

Die technische Organisation ist der Hersteller der Entwicklungsdaten. Bei diesem Szenario sind die Verbraucher des 3D-CAD-Modells die Auftraggeber des Luft- und Raumfahrtprodukts. Bei zivilen