

3D-FORMATE IM ENGINEERING-UMFELD

– ein Vergleich

Neutrale 3D-Formate sind unverzichtbar für die Verteilung und den Austausch von 3D-Modellen im Engineering und in benachbarten Bereichen, wenn das Originalsystem nicht zur Verfügung steht, seine Verteilung zu kostenintensiv und eine vollständige Detailgenauigkeit nicht erforderlich ist. Die Auswahl eines Formats bestimmt unter anderem die Bandbreite der möglichen Anwendungen und die entstehenden Folgekosten. Welches neutrale 3D-Format für ein Unternehmen das Richtige ist, wird von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt.

Ein Überblick sowie eine Orientierungshilfe für die Identifizierung des jeweils passenden 3D-Formats in bestimmten Anwendungsszenarien wird in diesem Whitepaper gegeben.

Inhalt

Zusammenfassung	2
Einleitung	4
Entwicklung und technische Eigenschaften	6
STEP	6
3D XML	6
JT	6
3D-PDF	7
Anwendungsszenarien	8
Viewing von Engineering-Daten	8
Datenaustausch	8
Digital Mock-Up (DMU)	9
Dokumentation und Archivierung	9
„Portable PLM Document“ - Verwendung von 3D-Informationen in Bereichen mit Engineering-Bezug	10
Kriterien für den Vergleich der 3D-Formate	11
Kostenfreie Viewer	11
Konverter und Software	12
Software Development Kits (SDKs)	13
Kompression und resultierende Dateigröße der 3D-Formate	14
Aspekt der Normung	15
Welches 3D-Format für welches Anwendungsszenario?	16
Für das Anwendungsszenario Viewing	16
Für das Anwendungsszenario Datenaustausch	16
Für das Anwendungsszenario DMU	17
Für das Anwendungsszenario Dokumentation und Archivierung	17
Für das Anwendungsszenario Portable PLM Document	18
Grafische Auswertung „Eignung der Formate für die Anwendungsszenarien“	18
Schlussbemerkung	19
Verzeichnis der Abkürzungen	20
Weblinks / Quellen	21

Zusammenfassung

Im Umfeld von Kino und TV ist das Thema 3D in aller Munde, und auch im Engineering ist die dreidimensionale Darstellung von Produkten seit einiger Zeit Realität. Ehemals physisch konstruierte Modelle werden heute virtuell nachgebildet, und diese virtuellen 3D-Modelle finden in immer mehr Bereichen auch außerhalb des Engineerings Verwendung. Da nicht überall CAD-Systeme zur Verfügung stehen und die Systemwelten im Engineering sehr heterogen sind, werden für 3D-Modelle bevorzugt neutrale 3D-Formate für den Austausch mit anderen Domänen und die Verteilung im „Extended Enterprise“ genutzt.

Für die Übertragung von 3D-Modellen steht eine Vielzahl von neutralen 3D-Formaten zur Verfügung. Jedes dieser Formate besitzt unterschiedliche Eigenschaften – große Genauigkeit der Darstellung, kleine Dateigröße, vielseitige Einsetzbarkeit und vieles andere mehr.

Werden im Engineering Bauteile in 3D entwickelt, so werden die Daten zunächst im Originalformat der Software gespeichert, mit der das Bauteil konstruiert wurde. Sollen diese 3D-CAD-Daten nun Personen zugänglich gemacht werden, die nicht über diese Software verfügen, kommen neutrale 3D-Formate ins Spiel. Wesentlich für die Auswahl der vier hier betrachteten 3D-Formate - STEP, 3D XML, JT und 3D-PDF - ist die Offenlegung der Formatspezifikation, die Verbreitung des Formats und seine (potentielle) Anwendung im Engineering.

Die vier Formate wurden dahingehend untersucht, inwieweit ihre Eigenschaften für fünf der am häufigsten in Unternehmen vorkommenden Anwendungsszenarien geeignet sind. Die Verwendbarkeit für die Use Cases gab auch den Ausschlag dafür, die vier genannten Formate zu betrachten und andere Formate wie beispielsweise IGES, CGM, DXF, VRML, COLLADA und X3D, die keine starke Verbreitung in den gewählten Anwendungsszenarien haben, unberücksichtigt zu lassen.

Als Anwendungsszenarien waren definiert: das Viewing von Engineering-Daten, der Datenaustausch, die Verwendung im Digital Mock-Up (DMU), die Dokumentation und Archivierung sowie das „Portable PLM Document“, also die Verwendung von 3D-Informationen in Bereichen mit Engineering-Bezug.

In den beiden letztgenannten Use Cases hat 3D-PDF durch seine enorme Vielseitigkeit eindeutig die Nase vorn.

Auch für den Use Case „Viewing“ erfüllt 3D-PDF die wichtigsten Anforderungen. In der Gesamtheit der Eigenschaften ist auch JT für diesen Use Case sehr gut geeignet.

JT ist für den Use Case „DMU“ sehr gut geeignet. 3D XML ist hier prinzipiell zwar auch gut geeignet, jedoch derzeit stark eingeschränkt auf Anwendungen innerhalb der Dassault Systèmes-Produktfamilie.

Liegt der Schwerpunkt der Verwendung eines Formats im Datenaustausch, so ist das seit vielen Jahren genormte STEP mit seiner Vielzahl an Applikationen die beste Wahl.

Das Ergebnis unserer Untersuchung in Bezug auf die Eignung der neutralen 3D-Formate für die einzelnen Anwendungsszenarien finden Sie in der folgenden Tabelle im Überblick:

Szenario	STEP	3D XML	JT	3D-PDF
Viewing	●	● ●	● ● ●	● ● ●
Datenaustausch	● ● ●	●	● ●	●
DMU	●	● ●	● ● ●	●
Dokumentation und Archivierung	● ●	●	● ●	● ● ●
Portable PLM Document	●	●	●	● ● ●

Legende

- ● ● Sehr gut geeignet
- ● Gut geeignet
- Geeignet mit Einschränkungen

Welches der 3D-Formate „das“ Beste ist, lässt sich nicht pauschal beantworten. Die Formate weisen Stärken in unterschiedlichen Bereichen auf. Welche Eigenschaften eines Formats als Vorteil zu werten sind, hängt von den Rahmenbedingungen ab, in denen das Format verwendet werden soll, und von den Anwendungsszenarien, in denen es eingesetzt wird. Mit Fragestellungen in diesem Spannungsfeld ist PROSTEP tagtäglich konfrontiert und bietet mit diesem Whitepaper einen Überblick sowie eine Orientierungshilfe für die Identifizierung des richtigen 3D-Formats für Ihren konkreten Bedarfsfall.

Einleitung

Wenn CAD-Daten mit Entwicklungspartnern ausgetauscht oder direkt in Entwicklungsprozessen genutzt werden sollen, ist die Wahl des Datenformats von entscheidender Bedeutung. Es bestimmt, welche Möglichkeiten bei der Datennutzung in nachgelagerten Prozessen bestehen, wie zukunftssicher die Lösung ist und welche Folgekosten entstehen.

Wichtige Eigenschaften eines 3D-Formats sind dabei seine vielseitige Einsetzbarkeit, die Verwendung von Entwicklungsdaten in Unternehmensbereichen auch außerhalb des Engineerings ermöglicht, eine hohe Datensicherheit und seine Erweiterbarkeit auch für zukünftige Entwicklungen.

Um eine Aussage darüber treffen zu können, welches 3D-Format für den Einsatz in Unternehmen, speziell in Engineering-nahen Prozessen, am besten geeignet ist, wurden vier 3D-Formate untersucht:

- STEP (STandard for the Exchange of Product model data),
- 3D XML (eXtensible Markup Language),
- JT (Jupiter Tessellation),
- 3D-PDF (Portable Document Format).

Ausschlaggebend für die Wahl dieser vier Formate war die Offenlegung der Formatspezifikation, eine weite Verbreitung der Formate sowie ihre Relevanz für die Anwendungsszenarien. Daher konnten andere Formate wie beispielsweise IGES, CGM, DXF, VRML, COLLADA und X3D, die in den gewählten Anwendungsszenarien nicht sehr verbreitet sind, nicht berücksichtigt werden.

Für die Einschätzung der Eignung eines 3D-Formats wurden Kriterien gewählt, die in der Praxis für dessen Verwendung relevant sind. Dazu gehört der einfache Einstieg in die Nutzung von 3D-Daten durch die Verwendung kostenfreier Viewer. Mindestens ebenso wichtig ist die Verfügbarkeit von geeigneter Software und Konvertern, um die Möglichkeiten und Vorteile eines Formats im vollen Umfang auszuschöpfen. Damit ein Format an die vorhandene Systemlandschaft und die individuellen Geschäftsprozesse eines Unternehmens angepasst und gegebenenfalls erweitert werden kann, sollten geeignete Software Development Kits (SDK) zur Verfügung stehen.

Die Größe der bei der Konvertierung in ein 3D-Format entstehenden Datei kann bei der Handhabung der Daten ebenfalls von Bedeutung sein, da die effiziente Nutzung von Systemressourcen entscheidend auch durch die Dateigröße bestimmt wird.

Die Offenlegung und freie Verfügbarkeit der Formatspezifikation im Rahmen der Normierung schließlich ist als ein Indiz für die Investitions- beziehungsweise Zukunftssicherheit eines 3D-Formats zu sehen. In der Summe beeinflussen alle diese Kriterien letztendlich die Kosten, die bei der Verwendung eines Formats entstehen.

Als grundlegende Vergleichskriterien werden daher folgende Fragen beantwortet:

- Welche kostenfreien Viewer sind verfügbar?
- Welche Konverter oder Produkte gibt es, die Daten im jeweiligen 3D-Format ausgeben und verwenden?
- Welche SDK stehen für die (Weiter-)Entwicklung von Software zur Verfügung?
- Welche Unterschiede gibt es bei der Dateigröße?
- Ist das Format genormt beziehungsweise auf dem Weg dorthin?

Anschließend werden anhand dieser Aspekte die Formate vor dem Hintergrund von typischen Anwendungsszenarien bewertet, im Einzelnen:

- Visualisierung von Engineering-Daten,
- Datenaustausch von exakter Geometrie,
- Verwendung im Digital Mock-Up (DMU),
- Dokumentation und Archivierung,
- Verwendung von 3D-Informationen in Bereichen mit Engineering-Bezug („Portable PLM Document“).

Das Ergebnis der Bewertung ist in einer Matrix dargestellt, die eine Einschätzung der Eignung eines 3D-Formats für ein Anwendungsszenario erlaubt. Wie die Eigenschaften eines Formats für eine konkrete Fragestellung in einem Unternehmen zu gewichten sind, ist Gegenstand einer kompetenten, unabhängigen und individuellen Beratung.

Ein umfassender Vergleich aller Aspekte der untersuchten 3D-Formate ist kaum möglich. Diese Untersuchung beschränkte sich daher auf die Aspekte, die erfahrungsgemäß in der Praxis bei der Auswahl eines 3D-Formats eine wichtige Rolle spielen.

Da sich die Rahmenbedingungen, die die Unternehmenspraxis vorgibt, ständig weiter entwickeln, sind regelmäßige Aktualisierungen dieses Whitepapers vorgesehen.

Entwicklung und technische Eigenschaften

STEP

STEP ist ein Standard zur Beschreibung von Produktdaten und in der ISO¹-Norm 10303 definiert. Die Beschreibung umfasst neben den physischen auch funktionale Aspekte des Produkts.

Die Entwicklung von STEP begann 1984 als Nachfolger der Formate IGES, SET und VDA-FS und wurde 1994/95 von der ISO in einer ersten Version als Internationaler Standard (IS) veröffentlicht. Die wichtigsten Teile von STEP sind heute die AP (Anwendungsprotokolle) 214 und 203 des ISO IS 10303, die von vielen CAD-, CAM- und CAE-Systemen für den Import und Export von Produktdaten verwendet werden können. Die Entwicklung von STEP wurde maßgeblich vom ProSTEP iViP Verein² und PDES, Inc.³ vorangetrieben.

In STEP kann die Geometrie eines Produkts als Drahtmodell, Flächenmodell und Volumenmodell dargestellt werden. Datenkompression oder Vereinfachung wird nicht unterstützt. Da STEP ein ASCII-Format ist, kann die Dateigröße jedoch durch externe Kompression, beispielsweise in das ZIP-Format, signifikant reduziert werden. Eine Tessellierung ist im STEP-Datenmodell zwar vorgesehen, wird aber durch die am Markt erhältlichen Applikationen nicht unterstützt.

STEP wird auch weiterhin laufend weiterentwickelt. Derzeit läuft die Zusammenfassung der AP 203 und AP 214 zum AP 242, um einen gemeinsamen Standard für die Branchen Aerospace und Automotive zu schaffen. Das Datenmodell (Business Object Model) wird in UML (Unified Modeling Language) und XML definiert und so dem aktuellen Stand angepasst. JT wird derzeit als Repräsentation zur vereinfachten Darstellung der Geometrie integriert.

3D XML

3D XML wurde im Jahr 2005 von Dassault Systèmes⁴ veröffentlicht. Das Format 3D XML basiert auf XML, einem Standard zur Erstellung menschenlesbarer Dokumente in Form einer Baumstruktur.

In 3D XML werden die Teile und Baugruppen durch eine XML-basierte, facettierte Geometrieprepräsentation dargestellt. Das aus Flächen und Kanten bestehende 3D XML-Netz wird durch Knoten beschrieben, die wiederum mit Dreiecken (für Flächen) und Linien (für Kanten) verbunden sind. Das Netz kann außerdem mehrere Ebenen der Detaillierung (Level Of Detail, LOD) enthalten. Die LOD-Verwaltung erlaubt die Definition mehrerer Tessellierungsebenen (von grob bis fein) für ein Netz.

Mit der Einführung von V6 hat Dassault Systèmes - neben 3D XML als leichtgewichtiges Format für die Visualisierung - in allen V6-Applikationen XPDMXML als weiteres XML-Schema eingeführt, das für den Datenaustausch von Metadaten und Geometriedateien innerhalb von V6-Anwendungen und mit Fremdsystemen bestimmt ist.

JT

JT ist ein Format zur Beschreibung von 3D-Daten, das auch Objekt- und Metadaten unterstützt.

Das Format wurde in den 1990er Jahren von dem US-Unternehmen Engineering Animation Inc. entwickelt, das 1999 von der UGS Corporation übernommen wurde. 2007 erwarb Siemens das Unternehmen, das heute „Siemens PLM Software“⁵ heißt und eine Business Unit der Siemens-Division Industry Automation ist.

JT ist ein Binär-Format, dessen Datenmodell verschiedene Repräsentationen der CAD-Geometrie unterstützt. Die Repräsentationen können einzeln oder kombiniert in einer JT-Datei gespeichert werden.

- BREP (Boundary Representation): Bietet die höchste Genauigkeit bei der Darstellung. BREP-Daten werden mit verschiedenen Algorithmen komprimiert und verlustfrei gespeichert. In der aktuellen Spezifikation 9.5 sind zwei BREP-Repräsentationen zulässig: die klassische JT-BREP-Repräsentation und die sogenannte XT-BREP, die auf der früheren Parasolid Boundary Representation basiert.
- Tessellierte Geometrie: Eine facettierte Repräsentation von Körpern oder Flächen. Innerhalb einer JT-Datei können unterschiedliche Levels of detail (LOD) definiert werden. Geringe LOD resultieren in geringerer Präzision und dafür kleinerer Datenmenge, sehr hohe LOD bedeuten nahezu exakte Geometrie und eine große Datenmenge.
- ULP (Ultra-Lightweight Precise): Die neueste Kompressionsmethode ist ULP. Das ULP-Format ermöglicht eine leichtgewichtige, teilgenaue Repräsentation der 3D-Geometrie. Die Genauigkeit von ULP ist wesentlich höher als bei tessellierter Geometrie, gleichzeitig ist die Dateigröße wesentlich geringer. Der Schwerpunkt liegt auf einer qualitativ hochwertigen Oberflächengeometrie, die nur geringe Abweichungen von der ursprünglichen BREP-Geometrie aufweist.

Die JT-Spezifikation (Version 9.5) wurde im Dezember 2012 als ISO 14306:2012 veröffentlicht.

3D-PDF

3D-PDF bezeichnet das PDF-Format, das seit der Version 7 von Adobe® Acrobat® zusätzlich die native Unterstützung für 3D-Daten bietet. 3D-PDF ist als ISO IS 24517-1 (PDF/E) seit 2008 internationale Norm.

In einem 3D-PDF können folgende Repräsentationen der CAD-Geometrie gespeichert werden:

- U3D (Universal 3D) wurde von Ecma International⁷ entwickelt und ist ein komprimiertes Dateiformat für 3D-Daten, das von PDF nativ unterstützt wird. 3D-Objekte im U3D-Format können in PDF-Dokumente eingefügt und mit dem Adobe Reader ab Version 7 interaktiv visualisiert werden. Die PDF-Norm unterstützt U3D der 1st und der 3rd Edition; diese beiden Versionen können ausschließlich tessellierte Geometrie- und Animationsdaten enthalten.
- PRC (Project Reviewer Compressed) wurde 2009 von Adobe Systems Incorporated übernommen. Mit diesem Format können Repräsentationen als tessellierte oder exakte (BREP-)Geometrie gespeichert werden. Bei der Konvertierung in PRC können verschiedene Komprimierungsstufen Anwendung finden. Ebenfalls unterstützt werden PMI-Daten einschließlich geometrischer Dimensionierung und Toleranzen sowie funktionale Toleranzen und Analyse. PRC ISO 14739 hat im Dezember 2012 den DIS-(Draft International Standard)-Ballot-Prozess erfolgreich durchlaufen. In PDF-Datien ist PRC das bevorzugte 3D-Format für die Umsetzung von Anforderungen der Fertigungsindustrie.

Darüber hinaus bietet 3D-PDF alle Möglichkeiten, die ein herkömmliches PDF bietet, wie multimediale Dateninhalte, Zugriffsschutz, Verschlüsselung, Formulare und vieles mehr. Das macht 3D-PDF zu einem Format, das Anwendungsmöglichkeiten weit über den Engineering-Bereich hinaus bietet. Weitere Informationen finden sich auf der Website des 3D PDF Consortium⁸.

Anwendungsszenarien

Die Vielfalt der Prozesse in Unternehmen bewirkt in der Praxis des Engineerings eine Vielzahl möglicher Anforderungen an und Anwendungen für neutrale 3D-Formate. Ausgehend von langjähriger Erfahrung wurde versucht, diese Vielzahl möglicher Anforderungen zu fünf häufig vorkommenden Anwendungsszenarien zusammenzufassen, anhand derer die 3D-Formate beurteilt werden sollen.

Typische Anwendungsszenarien, in denen die Ausgangsdaten in ein neutrales 3D-Format überführt werden, sind:

Viewing von Engineering-Daten

Wenn der Einsatz eines CAD-Systems nicht erwünscht ist, spielt die Visualisierung von Engineering-Daten mittels 3D-Viewern in einer Vielzahl von Situationen eine Rolle: bei der Präsentation von Produktdaten, bei der Darstellung von 3D-Modellen zu Informationszwecken (beispielsweise für einen Designreview oder für das Marketing) oder auch für die realitätsnahe Abbildung in Virtual-Reality-Systemen.

Das Anwendungsszenario kann je nach konkretem Anwendungskontext unterschiedlich ausgeprägt sein. Während in vielen Bereichen das einfache Viewing der Geometrie ausreichend ist, kann für andere Anwendungsfälle zusätzlich die Darstellung von Metadaten oder auch von Produkt- und Fertigungsinformationen (PMI) erforderlich sein.

Häufig ist die performante Visualisierung von großen Baugruppen oder von Bauräumen und Umgebungsgeometrien ein wichtiges Kriterium. In diesen Fällen ist die Verwendung von vereinfachten Darstellungen besonders wichtig.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Quellsystemunabhängige Darstellung der Modelldaten (Geometrie und Metadaten) in dem jeweils benötigten Detaillierungsgrad.
- Möglichkeit zur Filterung der Produktstruktur, beispielsweise durch Sichten oder Layer.
- Durchführung einfacher Messungen.
- Darstellung von Produkt- und Fertigungsinformationen (PMI).
- Darstellbarkeit von Texturen und Lichtquellen für die Anwendung im Bereich Virtual Reality.
- Verfügbarkeit von systemübergreifenden, einfach zu bedienenden Viewern.

Datenaustausch

In Entwicklungsprozessen kann es erforderlich sein, die exakte Geometrie zwischen unterschiedlichen CAD-Systemen auszutauschen. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn ein Zulieferer ein anderes CAD-System einsetzt als der Hersteller. Eine weitere, häufig vorkommende Situation ist die, dass die ausgetauschte Geometrie von einem Entwicklungspartner noch nachträglich verändert wird. Hier reicht ein reines Viewing der Daten nicht mehr aus, sondern die typische und sehr häufig angewandte Modellierungsmethode ist die Konstruktion mit Bezug auf bereits vorhandene Geometrien.

Beim Datenaustausch von exakter Geometrie werden oftmals noch weitere, produktbeschreibende Informationen benötigt. Hier lassen sich PMI und Metadaten unterscheiden. Während Metadaten ausschließlich aus Text bestehende Beschreibungen sind, beispielsweise Angaben über den Urheber oder den Freigabestatus eines Modells, werden PMI-Informationen häufig in Form einer 3D-Annotation hinzugefügt. Dies stellt höhere Anforderungen an das zugrundeliegende Datenformat sowie an die verarbeitende Applikation. So sind Gruppierungs- und Filtermöglichkeiten erforderlich, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

Häufig besteht zusätzlich die Anforderung, dass die Bearbeitung von PMI-Informationen nach dem Datenaustausch möglich sein soll. Zunehmend spielt auch der IP (Intellectual Property)-Schutz eine wichtige Rolle beim Datenaustausch und sollte daher berücksichtigt werden können.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Übertragung der exakten Geometrie sowie der vollständigen Produktstruktur.
- Übertragung von Metadaten sowie PMI-Annotationen (vom konkreten Anwendungsfall abhängig).
- Sicherstellung der Übereinstimmung von Original- und Zielmodell.

Digital Mock-Up (DMU)

Im Digital Mock-Up (DMU, computergestütztes Versuchsmodell) werden mechanische Zusammenhänge eines Produktes untersucht und geprüft. Das kann beispielsweise die Prüfung der Gesamtgeometrie auf Maß und Gestalt sein, die Kollisionsprüfung im Zusammenbau, die Kollisionsprüfung für Montage und Demontage sowie die Bauraumprüfung.

Für diese Zwecke werden Geometrie, Produktstruktur und Metadaten in einer DMU-Applikation dargestellt und analysiert. Man unterscheidet zwischen statischen und dynamischen DMU-Untersuchungen: Beim statischen DMU werden Untersuchungen der unbeweglichen Bauteile durchgeführt, beim dynamischen DMU werden bewegliche Bauteile oder Baugruppen untersucht.

Das Ergebnis der DMU-Analyse wird anschließend in einem Report zusammengestellt und dokumentiert.

Für die Verwendung im DMU reicht eine vereinfachte, tessellierte Darstellung der Hüllgeometrie in der Regel aus. Bei Messungen ist jedoch zu beachten, dass die Tessellierungsgenauigkeit stets höher als die benötigte Messgenauigkeit sein muss.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Verfügbarkeit von Anwendungen, die die jeweils benötigte DMU-Funktionalität unterstützen (beispielsweise Einbauuntersuchung oder Kollisionskontrolle).
- Nutzung von Modellen aus unterschiedlichen Quellsystemen (Multi-CAD).
- Performante Untersuchung von großen Baugruppen.
- Übertragbarkeit der Kinematik von den Original- in die Zielmodelle für dynamische DMU-Untersuchungen.

Dokumentation und Archivierung

Für die Dokumentation und Archivierung von Engineering-Daten ist es in der Regel erforderlich, die exakte Datenrepräsentation einschließlich aller Metadaten und PMI-Informationen zu berücksichtigen. Letztere sind insbesondere von Bedeutung bei der Produktzulassung und bei der Produktdokumentation, wenn Zeichnungen und technische Dokumente durch digitale 3D-Modelle substituiert werden. Darüber hinaus sind häufig Compliance-Anforderungen einzuhalten.

Für die Dokumentation und Archivierung von Engineering-Daten ist die wichtigste Anforderung, dass alle relevanten Informationen in einem Format gespeichert werden, das unabhängig von einer spezifischen IT-Infrastruktur und auch nach einem längeren Zeitraum gelesen werden kann - in der Luftfahrt beispielsweise ist eine Archivierungsdauer von bis zu 99 Jahren im Extremfall möglich.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Berücksichtigung aller das Produkt beschreibenden Daten.
- Problemlose Kombination von Daten aus verschiedenen Quellsystemen.
- Sicherstellung, dass auf die Daten auch nach einem langen Zeitraum wieder zugegriffen werden kann (genormtes Format).

„Portable PLM Document“ - Verwendung von 3D-Informationen in Bereichen mit Engineering-Bezug

In zeitgemäßen Produktenstehungsprozessen endet die Nutzung von 3D-Information nicht im Engineering-Bereich. Im Kontext einer integrierten Produktentwicklung müssen auch Bereiche wie Beschaffung, Qualitätssicherung, technische Dokumentation, Planung und Fertigung jederzeit auf 3D-Informationen zugreifen können, und das in Kombination mit einer Vielzahl verschiedener Dokumente wie

- Angebote und Preisanfragen,
- Checklisten für die Qualitätssicherung,
- Technische Dokumentation und Fertigungsdokumentation,
- Angaben für die digitale Fabrikplanung
- und viele mehr.

Wichtig ist, dass diese Inhalte in einem Multimedia-Container kombiniert werden können, der alle Informationen zusammenfasst und daher auch offline verwendet werden kann.

Die jeweiligen Anwendungsgebiete sind so verschieden wie die an der integrierten Produktentwicklung beteiligten Abteilungen und ihre Prozesse wie beispielsweise

- Beschaffungsprozesse,
- Wartung, Reparatur und Instandsetzung,
- unternehmensübergreifende Entwicklungs- und Freigabeprozesse, in denen Zulieferer und Entwicklungspartner integriert sind.

Das Anwendungsszenario „Portable PLM Document“ umfasst alle oben genannten Anwendungsbereiche mit Bezug zum Engineering. Gerade in diesem Umfeld besteht eine ständig wachsende Nachfrage nach Lösungen, die 3D-Daten aus dem Engineering einfach, sicher und kostengünstig für benachbarte Bereiche nutzbar machen.

Die wichtigsten Anforderungen sind:

- Informationen in der Form von 3D-Daten, Metadaten wie 2D-Darstellungen, Textdaten und Binärdaten können in einer Datei zusammengefasst und dort verwaltet werden.
- Die Daten können problemlos mit Informationen aus verschiedenen Quellsystemen wie PLM, ERP, CAD und Produktivitätssuiten kombiniert werden.
- Es gibt umfangreiche Steuerungsmöglichkeiten für den Dateizugriff (IPP, Intellectual Property Protection).
- Systemübergreifende, einfach zu bedienende Viewer sind verfügbar.

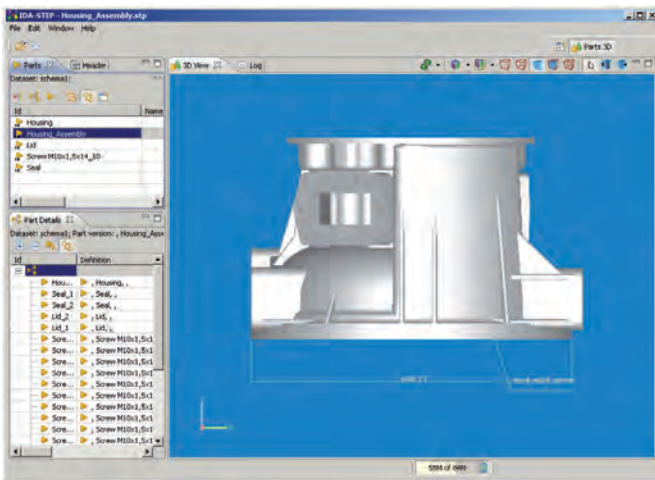
Kriterien für den Vergleich der 3D-Formate

Die Kriterien für den Vergleich der 3D-Formate anhand von Anwendungsszenarien liegen hauptsächlich im Bereich der technischen Rahmenbedingungen und Möglichkeiten, die ein Format bietet. Dargestellt werden unter anderem die Verfügbarkeit von kostenfreien Viewern für ein Format und deren Ausstattung, erhältliche Software und Konverter, Software Development Kits für die einzelnen Formate, die erreichbare Kompression und Dateigröße sowie der Aspekt der Normung.

Kostenfreie Viewer

Dargestellt werden nur Viewer für 3D-Formate, die kostenfrei zur Verfügung stehen. Bewertungskriterien sind der Funktionsumfang des Viewers, die Verbreitung unter Anwendern sowie die unterstützten Plattformen.

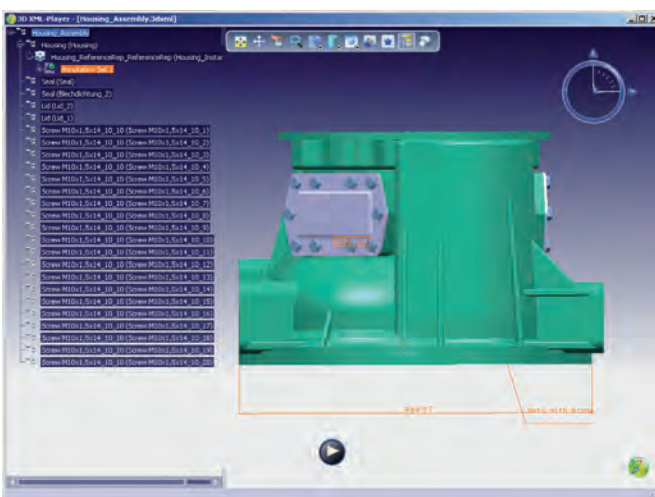
Kostenfreie Viewer für STEP



Ein Beispiel für einen kostenfreien Viewer für STEP ist der IDA-STEP Viewer Basic⁹ von LKSoftWare GmbH. Der Viewer ist für die Betriebssysteme Microsoft® Windows® und Linux verfügbar.

Daneben unterstützen alle marktgängigen (kostenpflichtigen) 3D Viewer die Darstellung von STEP-Geometrie.

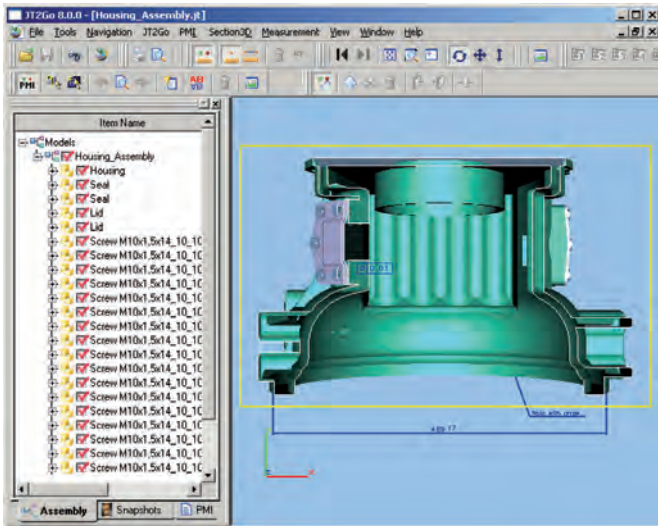
Kostenfreie Viewer für 3D XML



Der am meisten verbreitete Viewer für 3D XML ist der 3D XML Player¹⁰ von Dassault Systèmes. Er ist kostenfrei und erlaubt das Ansehen und das Filtern der Darstellung, beispielsweise nach der Produktstruktur. Dieser Viewer ist nur für das Windows-Betriebssystem verfügbar.

Durch Verwendung der ActiveX-Technologie können 3D XML-Daten in Microsoft Office®-Dokumente integriert werden. Auch die Einbindung in Online-Inhalte ist durch die Darstellung in einem Internetbrowser möglich.

Kostenfreie Viewer für JT



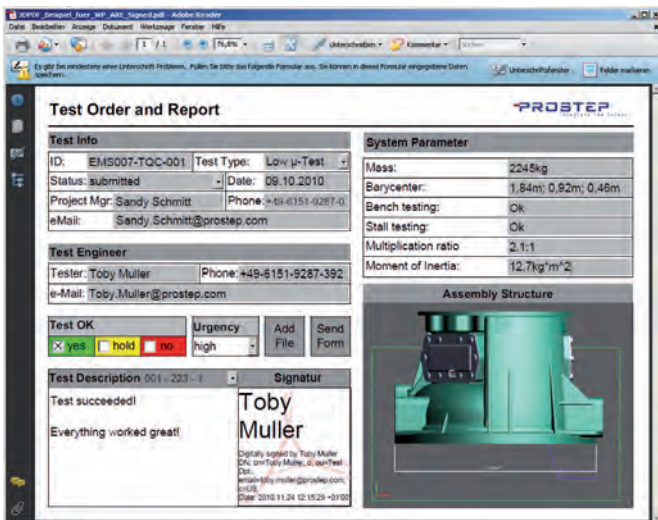
Der am meisten verbreitete Viewer für JT ist JT2Go¹¹ von Siemens PLM Software. Er ist kostenfrei und erlaubt das Ansehen und das Filtern der Darstellung, beispielsweise nach der Produktstruktur. Außerdem können Messungen auf Basis der exakten oder vereinfachten Geometrie-repräsentation durchgeführt werden.

JT2Go visualisiert die tessellierte Varianten von JT. Der Viewer ist nur für das Betriebssystem Microsoft Windows verfügbar.

Software, die auf ActiveX und Java basiert, kann ebenfalls JT-Daten visualisieren. Das erlaubt die Integration von JT-Daten beispielsweise in Microsoft Office-Dokumente.

Das JT-Format kann in der Regel durch marktübliche (kostenpflichtige) 3D-Viewer verarbeitet werden.

Kostenfreie Viewer für 3D-PDF



Der Viewer für 3D-PDF ist der kostenfreie Adobe® Reader¹². Er ist für Microsoft Windows, Apple® Mac OS® X, Linux und Oracle® Solaris verfügbar. Der Adobe Reader ist fast weltweit verfügbar und wegen seiner vielfältigen Verwendbarkeit außerhalb des Engineerings sehr verbreitet.

Der Adobe Reader bietet eine Vielzahl verschiedener Darstellungs- und Navigationsmöglichkeiten für die 3D-Inhalte. Funktionalitäten wie beispielsweise Messen und Schneiden können beim Erzeugen einer PDF-Datei hinzugefügt werden und sind dann automatisch im Adobe Reader verfügbar.

Konverter und Software

Die Software und die Konverter, die für 3D-Formate erhältlich sind, sind in der Regel allesamt kostenpflichtig. Wichtigster Aspekt ist hier die Verfügbarkeit und Qualität der Softwareprodukte und Konverter vom Hersteller wie auch Drittanbietern.

STEP

Für nahezu jedes 3D-CAX-System bieten die Hersteller einen STEP-Konverter an. Außerdem gibt es eine Vielzahl von Drittanbietern für Konverter. Die Software ist ausgereift, da STEP schon seit langer Zeit verwendet wird, und von sehr guter Qualität, auch durch die begleitenden Qualitätssicherungsmaßnahmen wie die vom ProSTEP iVIP Verein erarbeiteten Benchmarks.

Alle marktgängigen 3D-Viewer können STEP-Dateien verarbeiten und darstellen.

3D XML

Konverter für 3D XML werden von Dassault Systèmes angeboten; Drittanbieter für Konverter gibt es bislang nur wenige.

In den Dassault-Produkten der Marke 3DVIA wird 3D XML als Format verwendet. 3D XML ist in fast alle Dassault-Produkte integriert und wird vielfach als Format für den Datenaustausch zwischen diesen Produkten genutzt.

JT

Für viele 3D-CAD-Systeme bieten die PLM-Hersteller einen JT-Konverter an. Außerdem gibt es eine Vielzahl von Drittanbietern für JT-Konverter.

JT ist das Datenformat, das in vielen Programmen von Siemens PLM Software verwendet wird, insbesondere in den Teamcenter Lifecycle Visualization-Produkten.

3D-PDF

Für Adobe Acrobat XI Pro stehen Konverter für alle marktgängigen CAD-Formate als Plug-in zur Verfügung. Dieses Plug-in wird von Tetra4D unter dem Namen „3D PDF Converter“ vertrieben. Es gibt auch einige Drittanbieter für Konverter.

Als serverseitige Konvertierungslösung zur Automatisierung der 3D-Konvertierung in Unternehmensprozessen dient der PROSTEP PDF Generator 3D der verschiedenste CAD-Formate in PRC und U3D konvertieren und in PDF-Dateien einbetten kann.

Außerdem bieten einige CAD-Anbieter Lösungen an. Diese unterstützen meist die Konvertierung von nativen CAD-Daten in U3D.

Software Development Kits (SDKs)

SDK für ein Format benötigt man, um selbst Applikationen zu entwickeln oder anzupassen. Wichtige Kriterien für die Bewertung der SDK sind die Verfügbarkeit, der Funktionsumfang, die Offenheit beziehungsweise Zugänglichkeit der SDK sowie die Programmiersprachen, die unterstützt werden.

STEP

Es gibt eine Vielzahl an Anbietern von SDK für STEP. Ein Beispiel ist das kostenpflichtige ST Developer™¹³ von STEP Tools Inc., ein umfangreiches SDK zum Lesen und Schreiben von STEP und anderen Formaten. STEP Tools unterstützt C++, C und Java auf fast allen Plattformen.

Alle auf dem Markt verfügbaren SDK für STEP sind sehr robust und verfügen über einen vollständigen Funktionsumfang.

3D XML

Für die Entwicklung von 3D XML-Applikationen benötigt man das XML-Schema und die Dokumentation. Um beides zu erhalten, ist eine kostenfreie Registrierung¹⁴ bei Dassault Systèmes erforderlich.

Für das Lesen und Schreiben von 3D XML sind gängige XML-Standardwerkzeuge völlig ausreichend.

JT

Für JT gibt es das JT Open Toolkit über eine kostenpflichtige Mitgliedschaft in der JT Open¹⁵ Community. Damit können sehr komplexe Applikationen unter C++ entwickelt werden.

JT Open Toolkit ist bisher das einzige auf dem Markt verfügbare SDK für JT. Im Zuge des erfolgreich durchlaufenen Standardisierungsprozesses ist jedoch davon auszugehen, dass die Anzahl der verfügbaren Toolkits zunehmen wird.

3D-PDF

Mit PDFlib steht ein kostenpflichtiges Entwicklungswerkzeug für die Erstellung und Verarbeitung von Dateien im PDF-Format zur Verfügung. Es unterstützt fast alle Betriebssysteme und relevanten Programmiersprachen. PDFlib kann von Adobe zur Verwendung in eigenen Applikationen lizenziert werden.

Von Tech Soft 3D gibt es mit HOOPS 3D Exchange¹⁶ und HOOPS Publish¹⁷ kostenpflichtige Toolkits zum Lesen und Schreiben von 3D-PDF-Dateien.

Im Umfeld des PDF-Formates gibt es darüber hinaus eine Vielzahl von Drittanbieter-Werkzeugen, mit deren Hilfe verschiedenste Funktionalitäten rund um PDF-Dokumente realisiert werden können.

Kompression und resultierende Dateigröße der 3D-Formate

Ein Vorteil bei der Handhabung von neutralen 3D-Formaten ist in der Reduzierung der Dateigröße zu sehen. Für den durchgeführten Vergleich der Dateigröße von 3D-Formaten wurden aus drei CAD-Systemen aus jeweils fünf Baugruppen die 3D-Formate erzeugt.

Bei dem Format JT wurde zwischen tessellierten Inhalten, exakten XT BREP und komprimiertem ULP unterschieden.

Analog dazu wurde bei dem Format 3D-PDF zwischen tessellierten Inhalten, exaktem PRC-BREP und komprimiertem PRC unterschieden.

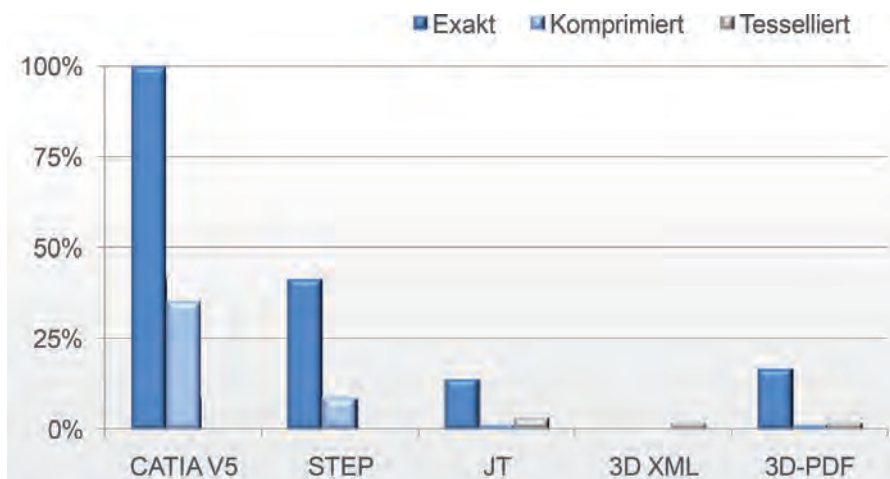
Das Format 3D XML wurde nur aus CATIA V5 erzeugt.

Ebenfalls für die Handhabung von Interesse könnte die Performance (Konvertierungsdauer und Ladezeit) sein. Detaillierte Untersuchungen dazu sind für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen. Die folgenden Diagramme für den Größenvergleich basieren auf Beispielmodellen und geben einen Überblick über die jeweils erzielten Kompressionsraten. Dabei handelt es sich um Konvertierungen ohne weitergehende Optimierungen in den Translatoren.

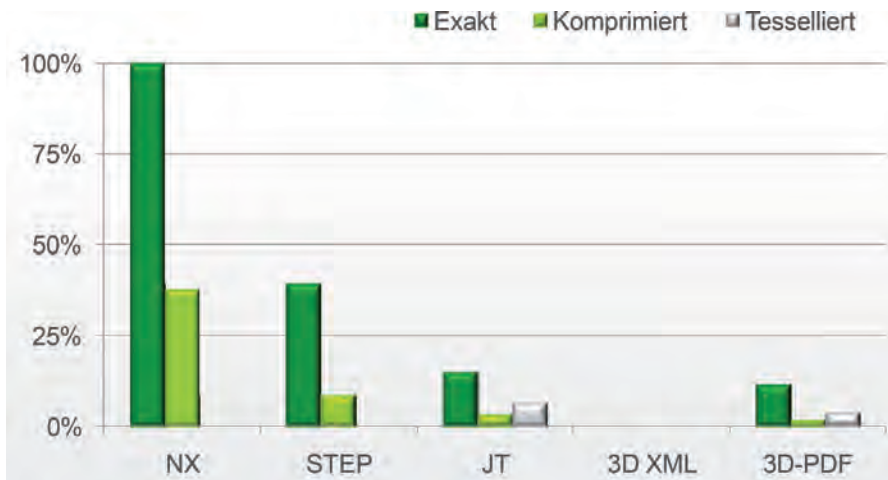
Für die Tessellierung wurde jeweils eine Genauigkeit / Sehnenfehler von 0,5 mm verwendet; für die Erzeugung der JT-Daten mit ULP sowie für die PDF mit komprimiertem BREP eine Genauigkeit von 0,01 mm.

Die Originaldateien sowie erzeugten STEP-Modelle wurden zum Vergleich jeweils auch mit einem externen Packprogramm komprimiert.

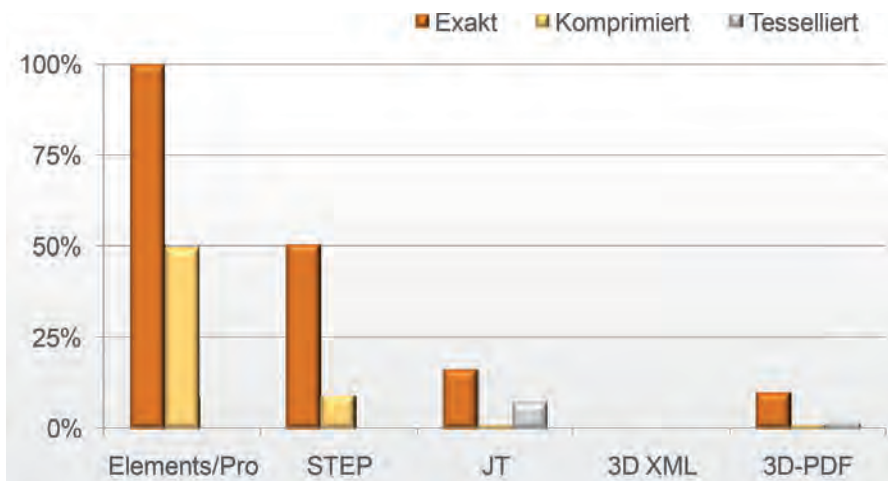
Modelle erstellt mit Dassault Systèmes CATIA V5



Modelle erstellt mit Siemens PLM Software NX



Modelle erstellt mit PTC Creo Elements/Pro (früher Pro/ENGINEER)



Das Erzeugen von Daten in einem neutralen 3D-Format erreicht eine deutliche Größenreduzierung. Dabei ist die Datengröße eher durch den Dateninhalt und weniger durch das Format selbst begründet: exakte BREP-Daten sind bei der Konvertierung in JT und in 3D-PDF in etwa gleich groß. Analog verhält es sich bei tessellierten Inhalten, hier ist das Ergebnis beider Formate auf Augenhöhe mit 3D XML. Auch bei vereinfachten BREP-Daten ist die Datengröße bei JT und 3D-PDF auf ähnlichem Niveau. Bei STEP Daten kann die Anwendung eines externen Komprimieralgorithmus eine deutliche Größenreduzierung erzielen.

Aspekt der Normung

Genormte Formate bieten Anwendern und Systemanbietern einen breiten, offenen und standardisierten Zugang; zudem ist – gerade bei langfristig angelegten Investitionen und im Bereich der Archivierung – ein zukunftssicheres Format unabdingbar. Dadurch verringern sich auch die Marktrisiken für alle Beteiligten.

Gemeint sind hier vor allem internationale Standards, die unter Verwendung der WTO (World Trade Organization)-Grundsätze von Transparenz, Offenheit, Unparteilichkeit und Konsensbildung entstehen und an deren Entwicklung eine weltweite Teilnahme möglich ist.

Da die Anwender offene Standards fordern, sind die Eigentümer von firmenspezifischen Formaten (wie Adobe Systems Incorporated, Dassault Systèmes, Siemens PLM Software und andere) bestrebt, ihr Format in die internationale Normung zu bringen. Dabei können, beispielsweise bei der ISO, folgende Wege beschriftet werden:

- ISO PAS (Publically Available Specification): Die Formatspezifikation wird von der ISO nach einmaliger Abstimmung unverändert veröffentlicht und ist maximal sechs Jahre gültig. Der Eigentümer tritt das Copyright an die ISO ab.
- ISO IS (International Standard): Durchläuft den regulären, auf Konsensbildung basierenden Normungsprozess mit mehreren internationalen Abstimmungen.

Der Stand des Normungsprozesses bei der ISO für die einzelnen 3D-Formate:

- STEP: Genormt als ISO IS 10303 seit 2004. Für die beiden AP 203 und 214 der ISO 10303 läuft derzeit die Zusammenfassung im neuen AP 242 (geplanter Abschluss ISO IS 2013).
- 3D XML: 2009 hat Dassault Systèmes 3D XML in der Version 4 als PAS eingereicht, die jedoch von der ISO wegen offener Copyright-Fragen zurückgestellt wurde. Inzwischen hat Dassault in der Version 5.0 die bisher proprietären Teile des Formats offengelegt und in XML-Strukturen überführt. Diese Version hat Dassault bisher nicht bei der ISO eingereicht.
- JT: Das JT-Format wurde im Dezember 2012 als ISO 14306:2012 von der ISO veröffentlicht. Zeitgleich sind die Aktivitäten für die Standardisierung einer Nachfolgeversion angelaufen.
- 3D-PDF: Das PDF-Format ist genormt als PDF/E (ISO IS 24517-1:2008) im Rahmen der ISO IS 32000. U3D ist Bestandteil der Norm. PRC ISO 14739 (TC 71/SC) hat den DIS-Ballot-Prozess im Dezember 2012 erfolgreich durchlaufen und wird Bestandteil der PDF-Normenfamilie sein (geplanter Abschluss ISO IS 2013).

Welches 3D-Format für welches Anwendungsszenario?

Wenn man alle untersuchten Kriterien betrachtet und auf die gewählten Anwendungsszenarien anwendet, ergeben sich die folgenden Einschätzungen für die Verwendung der 3D Formate.

Für das Anwendungsszenario Viewing

Für die Bewertung dieses Anwendungsszenarios sind neben der Formatspezifikation insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

- Kostenfreie Viewer
- Konverter und Software
- Dateigröße

JT und 3D-PDF sind aufgrund ihrer Eigenschaften beim Verarbeiten von facettierten Darstellungen und der verfügbaren Viewer bestens für dieses Anwendungsszenario geeignet.

3D XML erfüllt ebenfalls die wesentlichen Anforderungen, ist aber hinsichtlich der verfügbaren Applikationen nicht ganz so flexibel wie JT und 3D-PDF.

STEP ist aufgrund seiner Datenstruktur und der fehlenden Implementierung von facettierten Darstellungen weniger geeignet.

▶▶ **JT und 3D-PDF sind für dieses Anwendungsszenario am besten geeignet.**

Für das Anwendungsszenario Datenaustausch

Für die Bewertung dieses Anwendungsszenarios sind neben der Formatspezifikation insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

- Konverter und Software
- Software Development Kits (SDK)

Derzeit hat STEP hier durch die Vielzahl von Applikationen die Nase vorn. Da STEP seit vielen Jahren ausgereift ist und als Norm vorliegt, gibt es umfangreiche Erfahrungen im Datenaustausch, die u. a. in Recommended Practices des ProSTEP iViP Vereins dokumentiert sind. Die Verwendung von STEP ist gängige Praxis für den Datenaustausch und wird weltweit im Automobilbau, in der

Luft- und Raumfahrt und im Maschinenbau genutzt. Neuere STEP-Entwicklungen wie die „Cloud-of-Points-(COPS)-Validierung“ können dazu eingesetzt werden, die Übereinstimmung der konvertierten Modelle mit den nativen Ausgangsmodellen zu überprüfen.

JT ist für den Datenaustausch von exakten geometrischen Informationen ebenfalls gut geeignet, jedoch haben die verfügbaren Konverter und die Software im Vergleich zu STEP einen noch nicht so hohen Reifegrad. Dies betrifft insbesondere den Import von JT-Daten, der Export von JT funktioniert in der Regel einwandfrei.

3D XML ist aufgrund der fehlenden exakten Datenrepräsentation nicht für dieses Anwendungsszenario geeignet.

Das gilt auch für 3D-PDF, mit dem zwar exakte Daten transportiert werden können, das jedoch nicht als reines Datenaustauschformat für 3D-Geometrie konzipiert worden ist.

▶▶ **STEP ist für dieses Anwendungsszenario am besten geeignet.**

Für das Anwendungsszenario DMU

Für die Bewertung dieses Anwendungsszenarios sind neben der Formatspezifikation insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

- Konverter und Software
- Software Development Kits (SDK)
- Dateigröße

JT ist für das Anwendungsszenario DMU am besten geeignet. Je nach Anwendungskontext kann entweder die leichtgewichtige facettierte Darstellung verwendet werden oder die Darstellung der exakten Daten. Es gibt leistungsfähige Anwendungen für die Verwendung von JT in DMU-Untersuchungen. JT hat lediglich geringe Einschränkungen hinsichtlich erweiterter Anforderungen wie beispielsweise Kinematik, bei der derzeit auf native Formate zurückgegriffen werden muss.

3D XML ist grundsätzlich für dieses Anwendungsszenario ebenfalls gut geeignet, dies gilt allerdings nur für Anwendungen innerhalb der Dassault-Produktfamilie.

STEP ist aufgrund des Fehlens einer leichtgewichtigen Darstellungsmöglichkeit weniger geeignet.

3D-PDF fehlen die Schnittstellen zu DMU-Applikationen und ist daher für dieses Anwendungsszenario nur eingeschränkt geeignet.

▶▶ **JT ist für dieses Anwendungsszenario am besten geeignet.**

Für das Anwendungsszenario Dokumentation und Archivierung

Für die Bewertung dieses Anwendungsszenarios sind neben der Formatspezifikation insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

- Kostenfreie Viewer
- Konverter und Software
- Software Development Kits (SDK)
- Normung

Aufgrund seiner dokumentorientierten Struktur eignet sich 3D-PDF hervorragend für dieses Anwendungsszenario. In einem PDF-Dokument können alle erforderlichen Informationen, einschließlich Begleittexte, Tabellen und vieles mehr, gespeichert werden. Die Formatspezifikation liegt als ISO IS vor.

Auch STEP liegt als ISO IS vor und bietet für die Dokumentation und Archivierung einen sehr guten Container für den 3D-Anteil.

Seitdem JT den Status ISO IS erreicht hat, ist es ebenso gut geeignet.

3D XML ist aufgrund seines Datenmodells sowie wegen der Unterstützung durch nur wenige Tools derzeit nur eingeschränkt zu empfehlen.

▶▶ **3D-PDF ist für dieses Anwendungsszenario am besten geeignet.**

Für das Anwendungsszenario Portable PLM Document

Für die Bewertung dieses Anwendungsszenarios sind neben der Formatspezifikation insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

- Kostenfreie Viewer
- Konverter und Software
- Software Development Kits (SDK)
- Dateigröße

3D-PDF bietet durch seine Möglichkeit, 3D-Informationen zusammen mit weiteren Informationen abzubilden, die besten Voraussetzungen für dieses Anwendungsszenario. 3D-Daten und PLM-Metadaten befinden sich innerhalb eines Dokuments und können mit dem sehr weit verbreiteten Adobe Reader vollständig dargestellt und sogar ergänzt werden. Mechanismen für den Zugriffsschutz sind ebenfalls integriert.

Mit JT lässt sich der 3D-Anteil des Anwendungsszenarios gut abbilden, für die anderen Anteile ist aber eine Integration beziehungsweise Kombination mit weiteren Formaten notwendig. Zudem gibt es keine Werkzeuge zur Präsentation und Handhabung der integrierten Daten. Mechanismen für den Zugriffsschutz sind nur durch die Verwendung externer Applikationen realisierbar.

STEP und 3D XML legen den Schwerpunkt auf andere Verwendungen und sind daher für dieses Anwendungsszenario nur eingeschränkt zu empfehlen. Auch hier sind Mechanismen für den Zugriffsschutz nur durch die Verwendung externer Applikationen realisierbar.

▶▶ **3D-PDF ist für dieses Anwendungsszenario am besten geeignet.**

Grafische Auswertung „Eignung der Formate für die Anwendungsszenarien“

Szenario	STEP	3D XML	JT	3D-PDF
Viewing	●	●●	●●●	●●●
Datenaustausch	●●●	●	●●	●
DMU	●	●●	●●●	●
Dokumentation und Archivierung	●●	●	●●	●●●
Portable PLM Document	●	●	●	●●●

Legende

- Sehr gut geeignet
- Gut geeignet
- Geeignet
- mit Einschränkungen

Schlussbemerkung

Jedes einzelne der neutralen 3D-Formate hat seine Stärken und bietet damit Vorteile in einem oder mehreren der definierten Anwendungsszenarien. Damit geben vor allem die voraussichtlichen Einsatzgebiete einen Hinweis darauf, welches Format die beste Wahl ist. Die Gewichtung der Eigenschaften eines Formats wird jedoch immer von dem Gesamtzusammenhang der Anforderungen eines Unternehmens abhängig sein.

Eine bei allen 3D-Formaten zu beobachtende und für die Anwender positive Entwicklung ist das Bestreben der Eigentümer von firmenspezifischen Formaten, diese in die internationale Normung zu bringen. So sind nach STEP und PDF auch andere Formate auf dem Weg zur Norm, was für die Anwender den Vorteil birgt, die für seine Zwecke am besten geeignete und herstellerunabhängige Technologie auszuwählen.

Verzeichnis der Abkürzungen

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
AP	Application Protocol
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BREP	Boundary Representation
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAx	Computer Aided Processes
CD	Committee Draft
DMU	Digital Mock-Up
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
IP	Intellectual Property
IPP	Intellectual Property Protection
IS	International Standard
ISO	International Organization for Standardization
JT	Jupiter Tessellation
LOD	Level Of Detail
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
NWI	New Work Item
PAS	Publically Available Specification
PDF	Portable Document Format
PLM	Product Lifecycle Management
PMI	Product Manufacturing Information
PRC	Project Reviewer Compressed
SDK	Software Development Kit
SET	Standard d'Echange et de Transfert
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
U3D	Universal 3D
ULP	Ultra-Lightweight Precise
UML	Unified Modeling Language
VDA-FS	Verband der Automobilindustrie - Flächenschnittstelle
WTO	World Trade Organization
XML	Extensible Markup Language
ZIP	Dateiformat für verlustfreie Datenkompression

Weblinks / Quellen

- ¹ www.iso.org
- ² www.prostep.org
- ³ www.pdesinc.org
- ⁴ <http://www.3ds.com/de/>
- ⁵ http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/
- ⁶ <http://www.adobe.com/products/acrobat.html>
- ⁷ <http://www.ecma-international.org/default.htm>
- ⁸ <http://www.3dpdfconsortium.org>
- ⁹ <http://www.ida-step.net/>
- ¹⁰ <http://www.3ds.com/products/3dvia/3d-xml/player/>
- ¹¹ http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/products/teamcenter/solutions_by_product/lifecycle_visualization/jt2go/index.shtml
- ¹² <http://www.adobe.com/products/reader/>
- ¹³ <http://www.steptools.com/products/>
- ¹⁴ <http://www.3ds.com/products/3dvia/3d-xml/documentation/>
- ¹⁵ http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/open/jtopen/
- ¹⁶ <http://www.techsoft3d.com/our-products/hoops-exchange>
- ¹⁷ <http://www.techsoft3d.com/our-products/hoops-publish>



PROSTEP AG
Dolivostraße 11
64293 Darmstadt
Deutschland

Telefon +49 6151 9287-0
Telefax +49 6151 9287-326

info@prostep.com
www.prostep.com

Sie haben Anmerkungen oder Fragen?

Wir freuen uns auf Ihr Feedback an
infocenter@prostep.com

IMPRESSUM

Herausgeber

PROSTEP AG

Verantwortlich für den Inhalt

Dr. Arnulf Fröhlich

Edition 2, 2013