

## Evaluierung des 3D-Datenaustausches von Präzisionswerkzeugen

**Dipl.-Ing. Claudia Kleinschrodt, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Reinhard Hackenschmidt, Prof.  
Dr.-Ing. Frank Rieg**

Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Universität Bayreuth

Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth

E-Mail: [claudia.kleinschrodt@uni-bayreuth.de](mailto:claudia.kleinschrodt@uni-bayreuth.de); Internet: <http://www.konstruktionslehre.uni-bayreuth.de>

**Inhalt:** *Derzeit ist für einen Lieferanten technischer Erzeugnisse die Informationsbereitstellung für den elektronischen Einkauf, für die technische Dokumentation bzw. als Input für die Digitale Fabrik seiner Kunden sehr arbeitsintensiv. Durch das Sammeln relevanter Daten bereits während des Produktentstehungsprozesses und eine Bereitstellung über eine auf gängigen Standards basierende Servertechnologie kann dieser Aufwand erheblich reduziert werden.*

*Allerdings gibt es bis zur Realisierung eines vollständig automatisierten Datenaustausches noch viele Herausforderungen und Probleme, die es zu lösen gilt.*

*Ein elementares Problem stellt dabei der Austausch von 3D-CAD-Daten dar. Durch die Übermittlung von Informationen zwischen verschiedenen Programmen werden häufig Daten verfälscht oder gehen gar verloren. Um die Qualität des Exports bzw. des Imports unterschiedlicher 3D-CAD-Programme zu bewerten, werden Studien durchgeführt, die die Übertragung verschiedener ausgewählter Merkmale betrachten. Untersucht wird die Übermittlung mittels des neutralen Standards STEP. Gegenstand der Übertragung sind 3D-Modelle von Werkzeugen, welche nach DIN 4003 konstruiert wurden.*

*Aufbauend auf diesen grundlegenden Untersuchungen können neue Standards für den Datentransfer entwickelt werden, um einen kompatiblen Export sowie Import zu garantieren.*

**Abstract:** *Nowadays suppliers of technical products have a lot of work to do to provide all necessary information for electronic purchasing, technical documentation or as input for the digital factory of their customers. By collecting relevant data already during the product creation process and providing a common standards-based server technology, this cost can be significantly reduced.*

*However, up to the realization of a fully automated data exchange there are still many challenges and problems that need to be solved.*

*A fundamental problem is the exchange of 3D CAD data. The transmission of information between different programs, data is often distorted or even lost. To evaluate the quality of the export or import of different 3D CAD programs, studies are carried out, looking at the transfer of various selected characteristics. In this examination the exchange via the neutral standard STEP is checked. In this case 3D-models of tools, which have been designed in accordance with DIN 4003, are used.*

*Based on these fundamental studies new standards for data transfer can be developed to guarantee a compatible export and import.*

**Stichwörter:** CAD, Datenaustausch, Standard, STEP, Werkzeug

**Keywords:** CAD, data exchange, standard, STEP, tool

## **1 Die vierte industrielle Revolution - Herausforderungen für die Werkzeugindustrie**

2011 wurde die Initiative „Industrie 4.0“ das erste Mal vorgestellt. Diese vierte industrielle Revolution soll die bereits stark automatisierte Industrie in Deutschland durch die Entwicklung intelligenter Überwachungs- und autonomer Entscheidungsprozesse erweitern, um eine Steuerung und Optimierung ganzer Wertschöpfungsnetzwerke zu ermöglichen [1]. Stichwörter wie „Internet der Dinge“, „cyber space“ oder „digitales Produktgedächtnis“ prägen seither Diskussionen in Medien und Politik. Um diese Visionen zu verwirklichen, ist eine Durchgängigkeit der im gesamten Lebenszyklus eines Produkts entstehenden Informationen nötig. Voraussetzung hierfür ist wiederum eine fehlerfreie Übertragung der relevanten Daten. Wird das produzierende Gewerbe betrachtet, spielt der Austausch von Werkzeugmodellen eine entscheidende Rolle. Beispielsweise für die

Führung von serverbasierten Katalogen oder die virtuelle Inbetriebnahme von Maschinen ist es wichtig die 3D-Modelle der Entwickler an die Anwender zu übertragen.

Diese zwingend nötige, fehlerfreie Übertragung von Daten stellt jedoch immer noch ein großes Problem dar. Die systematische Untersuchung des Datenaustauschs zwischen verschiedenen Programmen soll helfen einen Überblick über die vorhandenen Problemstellen zu gewinnen und bildet somit die Basis von Lösungsstrategien. In diesem Artikel wird speziell auf die Übertragung von 3D-Modellen verschiedener Werkzeuge mittels des neutralen Datenformats STEP eingegangen.

## **2 Merkmale der DIN 4003**

Die Normenreihe DIN 4003 beschreibt Konzepte für den Aufbau von 3D-Modellen von Werkzeugen. Speziell betrachtet werden die Normen DIN 4003-1, DIN 4003-81, DIN 4003-87 und DIN 4003-90. DIN 4003-1 beinhaltet eine Übersicht und die Grundlagen der Normenreihe. Die übrigen drei Richtlinien beschreiben den Aufbau der 3D-Modelle verschiedener Werkzeuge. Exemplarisch wird aus jedem Teil ein Werkzeug herausgegriffen und untersucht. Es werden verschiedene in der Normenreihe festgehaltene Merkmale zur Prüfung herausgegriffen: Neben dem Vorhandensein der Geometrie des Werkzeugs, spielen richtig positionierte bzw. orientierte Koordinatensysteme und Ebenen eine wichtige Rolle. Da Werkzeuge mittels verschiedener genau definierter Farben in einen nichtschneidenden (NOCUT) und einen schneidenden Bereich (CUT) inklusive Schneidkantenlinie (CUTTERLINE) unterteilt werden, muss die fehlerfreie Farbgebung überprüft werden. Speziell die Korrektheit der CUTTERLINE ist für, an die Entwicklung angeschlossene, CAX-Anwendungen entscheidend. Zudem sind Werkzeuge entweder als

Baugruppe oder als einzelnes Teil definiert. Auch dies muss getestet werden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die zu überprüfenden Merkmale. [2, 3, 4, 5]

Tabelle 1: Übersicht der geprüften Merkmale aus DIN 4003 [2, 3, 4, 5]

Merkmal	Genaue Spezifikation des Merkmals
Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollständigkeit aller Komponenten</li> <li>• Richtige Bemaßung</li> </ul>
Koordinatensysteme/Ebenen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandensein aller in der Norm aufgelisteten Koordinatensysteme und Ebenen</li> <li>• Korrekte Benennung</li> <li>• Richtige Orientierung</li> </ul>
Farbgebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekte Farbgebung des NOCUT-Bereichs</li> <li>• Korrekte Farbgebung des CUT-Bereichs</li> <li>• Korrekte Farbgebung der CUTTERLINE</li> </ul>
Schneidkantenlinie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandensein der CUTTERLINE</li> <li>• Richtige Positionierung</li> <li>• Durchgängigkeit</li> </ul>
Baugruppenstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekte Baugruppenstruktur</li> </ul>

### 3 Datenaustausch über das neutrale Datenformat STEP AP214

Der Austausch von Daten kann über verschiedene Dateiformate geschehen. Sie werden in native und neutrale Formate unterschieden. Native Dateien sind programmspezifisch. Sofern implementiert, kann im Idealfall über native Dateien die Gesamtheit der Inhalte übertragen werden. Bei neutralen Formaten spielt die Implementierung in den Systemkonvertern eine entscheidende Rolle. Da lediglich die Schnittmenge der in beiden Konvertern vorhandenen Informationen übertragen wird, ist es vorab sehr schwer abzuschätzen welche Daten übertragen werden. [6]

Trotz dieses Nachteils neutraler Formate gegenüber nativer Formate wird in der Praxis zumeist auf die Übertragung via Standards zurückgegriffen. Der Grund hierfür wird in Bild 1 veranschaulicht: Entscheidend ist die Anzahl der nötigen Konverter. Beim Austausch über native Dateiformate benötigt jedes einzelne von  $n$  Systemen  $n-1$  Konverter um die eigenen Informationen in alle anderen Systeme übertragen zu können. Insgesamt werden also  $n*(n-1)$  Konverter benötigt. Bei der Verwendung von Standards werden die erzeugten Daten eines Systems in ein Standardformat exportiert und von einem zweiten System wieder importiert. So muss in jedem Programm eine Import- und eine Exportfunktion implementiert sein. Für die Übertragung mittels Standardformaten ergeben sich also für  $n$  Systeme  $2*n$  Konverter. Bei der Vielzahl der in der Industrie eingesetzten Systeme ist eine Übertragung über native Formate aufgrund des hohen Aufwands zur Implementierung der Konverter nicht mehr realisierbar.

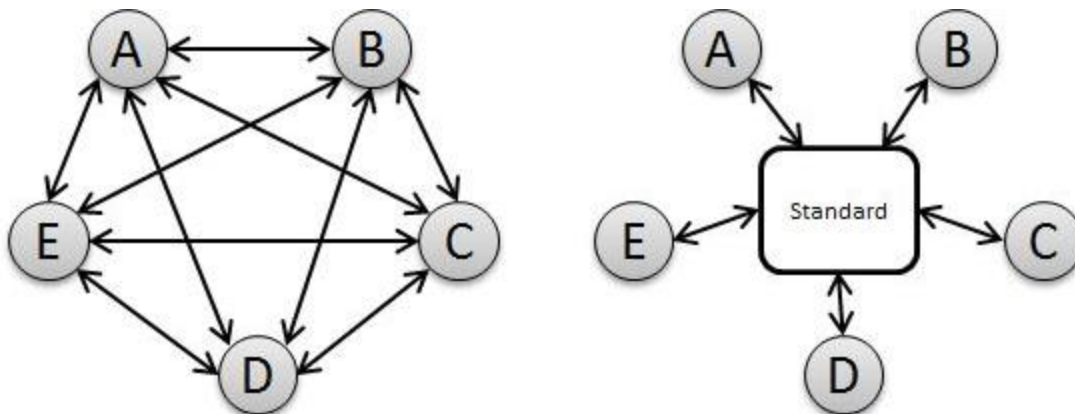


Bild 1: Vergleich zwischen dem Austausch mittels nativer Formate (links) und über Standards (rechts)

Unter der Vielzahl neutraler Schnittstellen ist besonders das STEP-Format (Standard for the Exchange of Product Model Data) hervorzuheben. Dieses Format existiert seit 1992 als

ISO-Standard, wurde von Anfang an als umfangreicher Standard aufgebaut und ist in nahezu jedem CAx-Programm implementiert. Kern des STEP-Formats bilden sogenannte Anwendungsprotokolle (Application Protocols AP), welche für die Darstellung verschiedener Informationen in einer Austauschdatei verantwortlich sind. [6, 7]

Laut einer eigens durchgeführten Umfrage zum Thema 3D-Datenaustausch in der Werkzeugindustrie, nutzen fast 60 Prozent aller befragten das neutrale Austauschformat STEP AP214. Dieses Anwendungsprotokoll beinhaltet die Darstellung aller Produkte aus dem Bereich der Automobilindustrie inklusive Aktivitäten und Lebenszyklusdaten [6, 8]. Aufgrund dieser weiten Verbreitung wird in diesem Artikel speziell auf den Austausch mittels der neutralen Schnittstelle STEP eingegangen.

### **3.1 Ergebnisse der Studie 2012**

Versuche zum Thema Datenaustausch werden am Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD der Universität Bayreuth bereits seit längerem durchgeführt. Im Jahr 2012 fand eine Überprüfung des Datenaustauschs über die neutrale Schnittstelle STEP zwischen drei verschiedenen CAD-Programmen anhand von drei exemplarischen 3D-Werkzeugmodellen statt. Überprüft wurden ausgewählte Merkmale, die der DIN 4003 entnommen wurden und in Kapitel 2 bereits beschrieben sind. Das Ergebnis dieser Studie zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Übersicht des Export- und Importverhaltens dreier ausgewählter 3D-CAD-Programme anhand drei verschiedener Modelle aus dem Bereich der Werkzeugbranche bezüglich verschiedener Merkmale (2012)

Ergebnisse der Übertragung nach DIN 4003	EXPORT					Import														
						Pro/E Wildfire 5.0					Catia V5R21					NX 7.5				
<b>Pro/E Wildfire 5.0</b>																				
Fräser	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	●	●	+	+	-	●	●	-
Drehhalter	+	+	+	●	+	+	+	+	●	+	+	+	●	●	+	+	-	●	●	-
Stufenbohrer	+	+	+	●	+	+	+	+	●	+	+	+	●	●	+	+	-	●	●	-
<b>Catia V5R21</b>																				
Fräser	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	●	●	+
Drehhalter	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	●	●	+
Stufenbohrer	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	●	●	+
<b>NX 7.5</b>																				
Fräser	+	●	●	+	+	+	●	●	+	+	+	-	●	+	+	+	●	●	+	+
Drehhalter	+	●	+	+	+	+	●	+	+	+	+	-	+	+	+	+	●	●	+	+
Stufenbohrer	+	●	+	+	+	+	●	+	+	+	+	-	+	+	+	+	●	●	+	+




























































- |  |  |   |                      |
|--|--|---|----------------------|
|  | Geometrie,                             | + | übertragen           |
|  | Koordinatensysteme                     | ● | teilweise übertragen |
|  | Farbe (Cut, Nocut, Schneidkantenlinie) | - | nicht übertragen     |
|  | Schneidkantenlinie                     |   |                      |
|  | Baugruppenstruktur                     |   |                      |






Probleme entstehen vor allem bei der Übertragung der Koordinatensysteme, der Farbgebung, der Schneidkantenlinie und der Baugruppenstruktur. Die Geometrie der Werkzeuge konnte stets übertragen werden. Insgesamt verliefen 74 Prozent der Übertragungen ungenügend.

### 3.2 Ergebnisse der Studie 2015

Ständig neu erscheinende Programmversionen machen es unabdingbar, standardisierte Testverfahren auf die jeweils aktuellen Versionen der Programme anzuwenden. Die neueste Studie betrachtet die CAD-Programme Creo 3.0 M030 von PTC, Catia V5-6R2014 von Dassault Systèmes und NX 10.0 von Siemens (Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht des Export- und Importverhaltens dreier ausgewählter 3D-CAD-Programme anhand zwei verschiedener Modelle aus dem Bereich der Werkzeugbranche bezüglich verschiedener Merkmale (2015)

Ergebnisse der Übertragung nach DIN 4003	EXPORT	Import		
		Creo 3.0 M030	Catia V5-6R2014	NX 10.0
<b>Creo 3.0 M030</b>	    	    	    	    
Fräser	+ + + + +	+ + + + +	+ + ● + +	+ ● ● + +
Drehhalter	+ + ● + +	+ + ● + +	+ + ● + +	- + - - -
<b>Catia V5-6R2014</b>	    	    	    	   - 
Fräser	+ + + + +	+ + ● + +	+ + + + +	+ ● ● + +
Drehhalter	+ + + + +	+ + ● + +	+ + + + +	+ + ● + +
<b>NX 10.0</b>	    	    	    	    
Fräser	+ - ● + +	+ - ● + +	+ - ● + +	+ - ● + +
Drehhalter	+ - ● - +	+ - ● - +	+ - ● - +	+ - ● - +

-  Geometrie, + übertragen
-  Koordinatensysteme/Ebenen ● teilweise übertragen
-  Farbe (Cut, Nocut, Schneidkantenlinie) - nicht übertragen
-  Schneidkantenlinie
-  Baugruppenstruktur

Die Übertragung von Koordinatensystemen und Ebenen, der Farbgebung und der Schneidkantenlinie bereiten bei diesen Versuchen große Probleme. Bei dieser Untersuchung beträgt der Anteil der ungenügend übertragenen Modelle 83 Prozent.

#### 4 Analyse der Problemstellen und Ermittlung der Ursachen

Die durchgeführten Studien zeigen die Problemstellen des Datenaustauschs via STEP AP214 auf. Durch eine Optimierung der systemeigenen Einstellungen kann der Datenaustausch zwar erheblich verbessert werden, allerdings gibt es trotz optimaler Einstellungen, wie in den oben beschriebenen Versuchen, immer noch erhebliche Mängel



in den übertragenen Dateien. Diese resultieren zumeist aus dem unterschiedlichen Aufbau der STEP-Dateien in verschiedenen Programmen. Tabelle 4 vergleicht anhand einiger Attribute drei STEP-Dateien, welche aus unterschiedlichen Systemen exportiert sind. Alle drei Dateien beinhalten je ein Standard-Koordinatensystem sowie drei Standard-Ebenen. Jedoch werden diese Komponenten in jedem Programm über andere Befehle ausgedrückt. Auch ohne genaue Kenntnis über die Bedeutung der einzelnen Befehle, fällt klar auf, dass nicht jeder Ausdruck in allen drei STEP-Dateien gleich oft auftaucht bzw. überhaupt vorhanden ist.

Tabelle 4: Häufigkeit einzelner exemplarischer Befehle in STEP-Dateien desselben Inhalts, jedoch aus verschiedenen Programmen ausgeleitet

	Vorhandene Anzahl der Attribute		
	CATIA V5-6R2014	Creo 3.0 M030	NX 10.0
colour_rgb		10	1
curve_style		1	1
draughting_pre_defined_colour		4	
draughting_pre_defined_curve_font		1	1
presentation_layer_assignment		2	1
presentation_style_assignment		1	1
constructive_geometry_representation_relationship			1
descriptive_representation_item		2	
property_definition		2	
representation		2	
shape_definition_representation	1	1	1
shape_representation	1	1	1

Neben der unterschiedlichen Darstellung einzelner Konstruktionselemente in STEP-Dateien aufgrund der unterschiedlichen Implementierung, spielt auch die Art der Konstruktion des

Modells eine wichtige Rolle. So zeigen STEP-Dateien der gleichen Bauteils, welches aber auf unterschiedliche Art erstellt ist, eine andere Struktur. Durch die Verwendung von vordefinierten Elementen, wie zum Beispiel einer systemspezifischen Standardfarbe werden weitere Fehlerquellen erzeugt.

## 5 Abhilfemaßnahmen

Durch die hier beschriebenen Studien fällt auf, dass nur ein geringer Anteil der durchgeführten Übertragungen fehlerfrei abläuft. Ein automatisierter Datenaustausch ist unter diesen Voraussetzungen undenkbar, da alle übertragenen Modelle von Hand kontrolliert und gegebenenfalls ausgebessert werden müssen.

Das Problem des unzureichenden Datenaustauschs versuchen einige Programme durch die Implementierung direkter Schnittstellen zu anderen Programmen zu lösen. Allerdings kann diese Art des Austauschs aus den in Kapitel 3 aufgeführten Gründen nicht die komplette Systemlandschaft abbilden und ist daher in aktuellen Versionen nur für wenige Programm-Paarungen vorgesehen. Zudem ist der aktuelle Austausch über native Formate stark versionsgebunden, was die Möglichkeiten der Nutzung zusätzlich einschränkt.

Aus diesen Gründen liegt die Zukunft des durchgängigen Datenaustauschs weiterhin bei Standard-Formaten. Der als ISO-Norm etablierte Standard STEP bietet eine gute Grundlage für einen umfassenden Austausch von Informationen. Allerdings resultiert aus der unterschiedlichen Implementierung in verschiedenen Systemen, einer Unmenge an Einstellungsmöglichkeiten in den Programmen sowie dem Fehlen strikter Konstruktionsrichtlinien ein erhebliches Fehlerpotential.

Nur eine konsequente Umsetzung von Normen und deren ständige Optimierung kann bei dem aktuellen Problemfeld Datenaustausch zu Verbesserungen führen.

## Literatur

- [1] **Kagermann**, Henning, Lukas, Wolf-Dieter.: Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. VDI-Nachrichten, Ausgabe 13, 1. April 2011
- [2] Norm DIN 4003 Teil 1: *Konzept für den Aufbau von 3D-Modellen auf Grundlage von Merkmalen nach DIN 4000 - Teil 1: Übersicht und Grundlagen*. Berlin: Beuth, 2014.
- [3] Norm DIN 4003 Teil 81: *Konzept für den Aufbau von 3D-Modellen auf Grundlage von Merkmalen nach DIN 4000 - Teil 81: Bohr- und Senkwerkzeuge mit nichtlösbaren Schneiden*. Berlin: Beuth, 2011.
- [4] Norm DIN 4003 Teil 87: *Konzept für den Aufbau von 3D-Modellen auf Grundlage von Merkmalen nach DIN 4000 - Teil 87: Fräser mit Schaft für auswechselbare Schneiden*. Berlin: Beuth, 2011.
- [5] Norm DIN 4003 Teil 90: *Konzept für den Aufbau von 3D-Modellen auf Grundlage von Merkmalen nach DIN 4000 - Teil 90: Klemmhalter und Werkzeugköpfe für auswechselbare Schneiden*. Berlin: Beuth, 2013.
- [6] **Troll**, Alexander: *CAX-Datenaustausch mit neutralen Datenformaten: Prozessgetriebene Konzeption eines Assistenzsystems für die Produktentwicklung*. Aachen: Shaker-Verlag, 2011. – ISBN 978-3-8440-0052-8
- [7] **Anderl**, Reiner; Trippner, Dietmar: *STEP Standard for the Exchange of Product Model Data, Eine Einführung in die Entwicklung, Implementierung und industrielle Nutzung der Normenreihe ISO 10303 (STEP)*. Stuttgart: Teubner, 2000. – ISBN 3-519-06377-8
- [8] **SCRA**: STEP APPLICATION HANDBOOK ISO 10303. VERSION 3, 2006. URL: [[https://pdesinc.org/downloadable\\_files/STEPApplicationhandbook63006BF.pdf](https://pdesinc.org/downloadable_files/STEPApplicationhandbook63006BF.pdf)] aufgerufen am 19.07.2015