

IDM-3D.Geometry



Ekkehard Beier (Editor)

Version

Spezifikation: IDM-3D.Geometry 1.1
Dokumentenversion: Finale Version

Spezifikation

IDM-3D.Geometry

IDM-3D.Geometry ist ein Bestandteil der IDM-3D-Spezifikation und beschreibt den Austausch von Geometriedaten auf Basis von 3D-Meshes¹. Hierbei steht die Stammdatenebene im Vordergrund. Die Bewegungsdatenebene kann davon abweichen und den Fokus auf effiziente Formate z.B. aus IDM-3D.Geometry legen oder andere Formate (ggf. auch mit anderer Granularitaet) erzeugen, z.B. glTF oder USD[z].

Ein IDM-3D.Geometry-Datensatz ist vorzugsweise eine vollumfaengliche Zusammenstellung der Geometrien eines Projekts, wobei die Zuordnung eines Projekts zu einem Hersteller, einer Produktserie, einer Teilproduktserie, mehreren Produktserien [auf kaufmaennischer Ebene] nicht definiert ist. So kann es beispielsweise sinnvoll sein, herstellerruebergreifend Geometrien in einem Projekt zusammenzufassen.

IDM-3D.Geometry erlaubt unter anderem folgende Einsatzszenarien:

- Bereitstellung der Geometrien vom Dienstleister fuer einen anderen Dienstleister oder Anwender als Ausgangspunkt fuer den kaufmaennisch parametrisierten Zusammenbau der Produkte
- Bereitstellung der Geometrien vom Anwender an einen Dienstleister oder Vertriebspartner zur Weiterverwendung (z.B. CGI-Generierung)

¹ Aktuell besteht der exklusive Fokus auf Mesh-Geometrien. Zu spaeterem Zeitpunkt kann dies in Richtung parametrische Volumenkoerper (CAD/BIM) oder anderweitig erweitert werden.

Die Entsprechung von IDM-3D.Geometry auf der Materialebene wird IDM-3D.Material sein. IDM-3D.Geometry und IDM-3D.Material werden Bausteine fuer weitere IDM-3D-Spezifikationen sein.

Geometrie

Prinzipiell ist eine Geometrie eine atomare Entitaet aus Sicht einer strukturierten, parametrischen 3D-Produktrepraesentation, deren Existenz durch folgende Kriterien bestimmt wird:

- Die Geometrie kann eine direkte Materialzuweisung empfangen.
- Die Geometrie kann ueber die kaufmaennische Konfiguration gesteuert werden (Sichtbarkeit, Position, ggf. Skalierung, etc.).
- Die Geometrie wird im Rahmen einer Funktionsdarstellung angesprochen.

Die [parametrische] Strukturdefinition sowie die Laufzeitanimationssteuerung sind ggf. Gegenstand weiterer IDM-3D-Standards, welche auf IDM-3D.Geometry aufsetzen. Dies gilt auch fuer die Deformationsproblematik, d.h. die Moeglichkeit, Geometrien auf Vertex-Ebene zu manipulieren. Die Deformations-relevanten Formate werden dann in einer zukuenftigen Version von IDM-3D.Geometry definiert.

Da die Geometrie per Definition eine atomare Entitaet ist, kann ihr auch nur genau ein Material zu gewiesen werden.

Es gibt keine kanonische Abbildung eines realen Produkts auf eine Menge von Geometrien. Die oben genannten Kriterien sollten aber prinzipiell beachtet werden. Generell sollte eine hohe strukturelle Uebereinstimmung mit realen Bauteilen angestrebt werden.

Unter einer Geometrie wird also ein atomarer Baustein fuer visuelle Produktrepraesentationen verstanden, welcher durch alternative Basis- oder native Repraesentationen realisiert werden kann. Prinzipiell ergeben sich dabei zwei Dimensionen:

- Fuer eine Geometrie koennen native Repraesentationen in verschiedenen Formaten [einundderselben Guete] hinterlegt werden.
- Fuer eine Geometrie koennen native Repraesentationen in verschiedenen Gueten [einunddesselben Formats] hinterlegt werden.

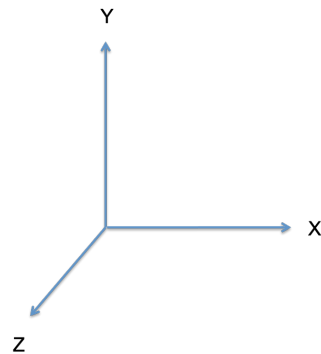
Der Begriff Basisgeometrie beschreibt eine native Repraesentation welche Bestandteil einer abstrakten Geometrieentitaet, wie oben definiert, ist. Eine Geometrie kann ohne Basisgeometrien existieren - z.B. wenn sie nur Parameter definiert; eine Basisgeometrie kann jedoch in diesem Kontext nicht ohne Geometrie existieren.

Im Bereich der Formate wird unterschieden nach

- Mesh-basierten Geometrieformaten,
- parametrischen Geometrieformaten,
- sonstigen Formaten (Maps, Deformationen, etc.)

Eine durch ein Mesh-Format beschriebene Basisgeometrie beinhaltet mindestens Vertexkoordinaten sowie Dreiecke/Polygone. Weitere Informationen koennen zum Beispiel sein: Texturkoordinaten und Vertexnormalen. Eine Geometrie wird durch ein Material aus IDM-3D.Material parametrisiert und beinhaltet daher keine Materialeigenschaften. Insofern sind Materialdateien, welche im Kontext der nachfolgend definierten, nativen Geometriedaten gegebenenfalls existieren, zu ignorieren. Ebenfalls sind nichtgeometrische Informationen, wie Lichtquellen, Kameradefinitionen, Animationen, etc. zu ignorieren - die das native Format gegebenenfalls erlaubt.

Basisgeometrien haben die Maszeinheit 1 Meter. Das heisst: 0.5 korrespondiert zu 0,5 Meter. Dies gilt sowohl fuer Vertexkoordinaten, sowie auch fuer nicht-objektbezogene Texturkoordinaten. Das zugrundegelegte Koordinatensystem ist wie folgt definiert:



- x-Achse: nach rechts [aufsteigende Werte]
- y-Achse: nach oben
- z-Achse: nach vorn

Die Koordinaten einer Basisgeometrie muessen erhalten bleiben. Automatische Ausrichtungen sind somit nicht erlaubt. Weiterhin muessen Basisgeometrien verschiedener Formate/Gueten identisch ausgerichtet sein.

Eine Geometrie hat einen Bezeichner, welcher im Rahmen eines Projekts eindeutig sein muss. Der vollstaendige Bezeichner einer Geometrie ergibt sich durch einen 3-Ebenen-Namen, wobei die erste Ebene einen globalen Identifier beinhaltet und die zweite Ebene das Projekt eindeutig im Kontext der ersten Ebene beschreibt. Fuer den Geometriebezeichner, also die dritte Ebene, gilt:

- Als Zeichen sind die Buchstaben A - z, die Ziffern 0 - 9, _ und - erlaubt.
- Innerhalb eines Projekts darf es keine zwei Geometrien geben, die per case-tolerantem Vergleich identisch sind

Anmerkung: Die Vorgaben fuer die erste und zweite Bezeichnungsebene sind an anderer Stelle definiert und prinzipiell artverwandt. Allerdings darf das erste Zeichen weder eine Ziffer noch ein Bindestrich sein.

Geometriebezeichner sollten moeglichst lesbar (z.B. durch Anwendung von Camel-Case oder Unterstrichen) und mit Bezug zur Problemdomaene gewaehlt werden.

Mesh-Formate

Es werden die nachfolgenden alternativen Mesh-Formate definiert, welche sich bezueglich funktionaler Maechtigkeit, Umfaenglichkeit und Verwendbarkeit (Reverse Engineering) deutlich unterscheiden. Somit kann individuell entschieden werden, welche(s) Format(e) im konkreten Fall distribuiert werden sollen.

Wavefront OBJ

OBJ [OBJ] ist ein polygonales² Mesh-Format mit einem optionalen UV-Set.

Hierbei sind die Vertex- und Polygoninformationen zu interpretieren, d.h. Vertexkoordinaten, Normalenvektoren, Texturkoordinaten, sowie die Definition der Polygone. Weiterhin sind Smoothing Groups zu unterstuetzen. Die Anzahl der Punkte je Polygon ist nicht auf 3 begrenzt. Weiterhin sollen die Polygone konvex und planar sein.

Weitere Informationen werden nicht verwendet. Dies gilt insbesondere fuer

- Materialbibliotheken und -namen,
- Spline-Kurven und -flaechen, Merging Groups
- Trimmkurven
- Level-of-Detail-Informationen
- Raytracing- und Shadow-Casting-Informationen

Falls das UV-Set vorhanden ist, ist dieses fuer die Zuweisung des Materials zu verwenden.

Insofern eine Geometrie Mesh-Formate beinhaltet, muss mindestens das Format OBJ vorhanden sein.

Die Dateierweiterung ist *obj*.

OpenCTM

OpenCTM [OPENCTM] ist ein verlustfrei komprimierendes Dreiecksformat, dass beliebige Vertexinformationen beinhalten kann. Im Kontext dieser Spezifikation sollen diese Informationen wie folgt definiert werden:

² zumindest ist das die uebliche und hier genutzte Verwendungsform

- Das optionale Texturkoordinaten-Set 'Material' (alternativ: 'Diffuse') beschreibt ein sich endlos wiederholendes Gitter fuer die Zuweisung des Materials.
- Das optionale Texturkoordinaten-Set 'Object' beschreibt die Abbildung der Dreiecke auf einen sich nichtwiederholenden zweidimensionalen, normierten Wertebereich der entweder einer Geometrie oder mehreren Geometrien zugeordnet ist.

Die Dateierweiterung ist *ctm*. Es wird ausschliesslich die Version 1.0.3 verwendet.

FBX

FBX [FBX] ist ein komplexes Format, dass in diesem Kontext jedoch nur zur Beschreibung von Meshes verwendet werden darf. FBX kann multiple Texturkoordinaten-Sets beinhalten. Diesbezuglich soll gelten:

- Das erste Texturkoordinaten-Set (falls vorhanden) beschreibt ein sich endlos wiederholendes Gitter fuer die Zuweisung des Materials.
- Das zweite Texturkoordinaten-Set (falls vorhanden) beschreibt die Abbildung der Dreiecke auf einen sich nichtwiederholenden zweidimensionalen, normierten Wertebereich der entweder einer Geometrie oder mehreren Geometrien zugeordnet ist.

Im Kontext von IDM-3D.Geometry sollen bezueglich FBX die folgenden Festlegungen bzw. Einschraenkungen gelten:

- Es wird Version 7 (oder spaeter) in der Binaervariante verwendet.
- Materialien und Animationen werden, falls enthalten, ignoriert.

Die Dateierweiterung ist *fbx*.

Sonstige Formate

Normal-Maps

Eine Normal-Map beschreibt eine Manipulation des sich aus der Geometrie an einer bestimmten Stelle (ermittelt durch die entsprechenden Texturkoordinaten) ergebenden Normalenvektors. Dies erfolgt durch eine Bilddatei, deren Dimensionen Zweierpotenzen sind. Analog zu den Mesh-Formaten kann es auch hier verschiedene Hinterlegungen geben (z.B. verschiedene Gueten).

Die Normal-Maps werden als Tangenten-Normal-Maps festgelegt (hellblau entspricht senkrecht).

Die Dateierweiterung ist *jpeg/jpg* (JPEG) oder *png* (PNG).

Geometrie-Gueten/-modi

Es werden die folgenden Gueten bzw. Modi definiert.

Standard

Die Guete Standard ist fuer die mobile Echtzeitanwendung konzipiert. Hierbei werden schnelle Ladezeit und geringer Speicherbedarf gegenueber der Darstellungsqualitaet priorisiert. Dies kann durch manuelle oder automatische Mesh-Reduktion und/oder den Einsatz von Normal-Maps erreicht werden.

Der Dateiname³ ist *standard* fuer Mesh-Dateien und *normals_standard* fuer Normal-Maps.

Als Richtwerte⁴ fuer Mesh-Daten mit der Standardguete sei definiert (Bezug: unkomprimiertes OBJ, incl. Texturkoordinaten):

- groeszere Objekte (z.B. ganze Bettraehmen, ganze Bettkopfteile): 500 KB bzw. 20.000 Dreiecke
- mittlere Teile (z.B. Armlehnen, Sitzkissen): 200 KB bzw. 10.000 Dreiecke
- kleine Teile (z.B. Griffe, Bettfuesze): 50 KB bzw. 200 Dreiecke

Fuer Normal-Maps betraegt die Pixelgroesze 1024 bzw. 2048.

High Resolution

Die Guete High Resolution beschreibt die minimale vollumfaengliche geometrische Repraesentation. Der primaere Verwendungszweck ist die hochqualitative Bilderzeugung ueber Raytracing-/Radiosity-Verfahren.

Hierbei wird im allgemeinen auf geometrieersetzende Datenstrukturen, wie z.B. Normal-Maps, verzichtet. Allerdings sollten Daten dieser Guete minimal sein, d.h. nicht unangemessen umfangreich. Dies gilt z.B. fuer Daten die von einem 3D-Scanner kommen.

Es ist legitim, fuer diese Guete eine Normal-Map zu hinterlegen. Allerdings ist im Gegensatz zum Mesh kein Fallback auf eine Normal-Map mit geringerer Aufloesung bei Nichtvorhandensein vorgesehen.

Der Dateiname ist *highres*.

Low Resolution

Die Guete Low Resolution ist eine optionale, stark reduzierte Repraesentation der Aufloesung Standard und der primaere Verwendungszweck ist die schnelle Voransicht. Ueblicherweise wird die Low Resolution-Guete dann durch die

³ nachfolgend immer zuzueglich der Dateierweiterung zu interpretieren

⁴ Von harten Limits soll abgesehen werden. Allerdings ist eine statistische Einhaltung der Vorgabe wichtig fuer einheitliche Verarbeitungskriterien (Speicherbedarf, Download-/Ladezeiten).

Standard-Guete ersetzt. Insofern sind deutlich sichtbare Abweichungen/Vereinfachungen legitim. Auf Texturkoordinaten kann verzichtet werden.

Als Richtwert fuer die Guete Low Resolution wird eine Reduktion der Guete Standard um 80% vorgegeben.

Der Dateiname ist *lowres*.

Collider

Die Guete Collider ist eine optionale, extrem reduzierte Repraesentation der Geometrie und der primaere Verwendungszweck ist die interne Verwendung fuer die schnelle Kollisionsermittlung. Bezueglich der Simplifizierung ist bei konkaven Geometrien zu beachten, dass diese hinreichend wiedergegeben werden, um Artefakte durch falsche Kollisionserkennung zu vermeiden.

Der Dateiname ist *collider*.

Source

Der Modus Source kennzeichnet eine Source-Datei und kann verwendet werden, um gegebenenfalls die konsistente Ablage der Source-Dateien mit den abgeleiteten Formaten zu ermoeeglichen.

Der Dateiname ist *source*. Eine Enumeration der legalen Source-Formate erfolgt nicht.

Geometrieparameter

Optional kann eine Geometrie Parameter definieren, welche ihre Interpretation im verarbeitenden Kontext steuern.

Complexity: int = 100

Der Parameter gibt die Komplexitaet des Bauteils an, um eine Basis fuer quantitative Tests zu haben. Diese Tests sollen zur Bewertung von Datenstaenden Anwendung finden, um die Lauffaehigkeit der Daten in mobilen Szenarien zu bewerten.

Der Default-Wert entspricht mittleren Bauteilen wie oben definiert. Je geringer (hoeher) die raeumliche Groesze eines Bauteils, desto geringer (hoeher) dessen Komplexitaet. Je einfacher (filigraner) die Form eines Bauteils, desto geringer (hoeher) dessen Komplexitaet.

NormalMap: string

Alternativ zu einer Normal-Map als inkludierter Bestandteil einer Geometrie, kann eine Normal-Map autonom existieren und von mehreren Geometrien verwendet werden. Ueber den Parameter NormalMap kann dies umgesetzt werden. Die Normal-Map kann dabei voll- oder nichtqualifiziert angegeben

werden. Die nichtqualifizierte Variante ist zu bevorzugen, da der Datensatz dann flexibler verwendbar ist. Die Normal-Map wird ohne konkrete Dateibezeichnung angegeben, da die tatsächliche Auflösung erst zur Laufzeit erfolgt.

Existieren fuer eine Geometrie sowohl lokale Normal-Map-Dateien und eine per Geometrieparameter definierte Map, so hat letztere den Vorrang.

NormalMapStrength: float = 1

Ueber diesen Parameter ist die Steuerung der Staerke einer Normal-Map moeglich. Der Parameter geht als direkter Faktor in die Berechnung ein.

NormalMapTiling: bool = false

Dieser Parameter steuert die Interpretation der Texturkoordinaten, welche fuer die Normal-Map verwendet werden, im Bereich ausserhalb [0, 1] wie folgt:

- false – Werte groesser 1 (kleiner 0), werden auf 1 (0) abgebildet („clamp“).
- true – Werte ausserhalb [0, 1], werden in den Bereich [0, 1] abgebildet („repeat“).

PatchSize: float

Der Parameter gibt die Groesze des Texturkoordinatennetzes, welches fuer die Materialzuweisung verwendet wird, in Meter an. Der Parameter kann verwendet werden um eine automatische Anpassung von Materialien, die ihrerseits eine entsprechende Information bereitstellen, zu ermoeöglichen.

Informationsdatei

Die Informationsdatei beinhaltet zusaetzliche Informationen zu einer Geometrie.

Die jeweils optionalen Eintraege sind:

- *Name* – Der Name der Geometrie kann optional angegeben werden, um ungewollte Veraenderungen (z.B. Case-Abweichungen) zu vermeiden. Falls ein Name angegeben ist, so hat dieser Prioritaet gegenueber dem Namen, welcher sich aus dem Verzeichnisnamen ableitet. Ist der Name nicht angegeben, so wird er aus dem Verzeichnisnamen abgeleitet. (siehe unten)
- *Description* – Dieser Eintrag beinhaltet eine informative, einzeilige Beschreibung der Geometrie.
- *Parameters* – Dieser Eintrag beinhaltet die Parameter der Geometrie. Die erlaubten Keys des JSON-Dictionaries und die jeweiligen Werte ergeben sich aus den oben definierten Geometrieparametern. Jeder Parameter vom Typ int, float oder bool kann auch als String angegeben werden. Im Fall eines Floats muss der String in wissenschaftlicher Notation vorliegen. Im Fall eines Booleans sind die Werte True/true und False/false erlaubt.

Die Informationsdatei hat den Dateinamen *info.json*. Die Kodierung der Datei muss in ASCII und UTF-8 (ohne BOM) identisch sein. Folglich sollte die Beschreibung keine Umlaute beinhalten.

Indexdatei

Die optionale Indexdatei befindet sich ausserhalb der Geometrieverzeichnisse.

Der primäre Zweck der Indexdatei besteht darin, die für ein Projekt benötigten Geometrien eindeutig zu beschreiben, so dass ein Dienstleister eine entsprechende Ausgangsbasis hat. Falls in einem Projekt sowohl Indexdatei wie auch Geometrie-Informationsdateien existieren, so haben letztere den Vorrang.

Die Datei beinhaltet ein JSON-Dictionary, dessen Keys die Geometrienamen sind. Je Wert wird die Struktur angegeben, wie sie für die Informationsdatei angegeben ist. Zusätzlich gibt es den folgenden optionalen Eintrag:

- *Alignment* – Der Eintrag beschreibt informativ die Ausrichtung der Geometrie. Falls kein Eintrag angegeben ist, gilt “links-unten-hinten” in bezug auf den lokalen Ursprung der Geometrie relativ zum achsenorthogonalen Begrenzungsvolumen aller Vertices. Diese Ausrichtung ist in den allermeisten Fällen praktisch für den späteren parametrischen Zusammenbau von Produkten. Allerdings kann es für achsen- oder rotationssymmetrische Bauteile sinnvoll sein, eine andere Ausrichtung zu wählen, z.B. ‘mittig-unten’ und diese entsprechend per Alignment anzugeben.

Die Index-Datei hat den Dateinamen *index.json*. Die Kodierung der Datei muss in ASCII und UTF-8 (ohne BOM) identisch sein. Folglich sollte die Beschreibung keine Umlaute beinhalten.

Physische Repraesentation

Index

Die optionale Indexdatei befindet sich parallel zu den Geometrieverzeichnissen auf oberster Ebene einer Distribution (z.B. ZIP-File).

Geometriedateien

Pro Geometrie existiert ein Verzeichnis. Der Name des Verzeichnisses ergibt sich aus dem Namen der Geometrie an welchen die Erweiterung *geo* angehängen wird. Insofern es sich jedoch um eine geteilte Normal-Map handelt, ist die Erweiterung *tex*.

Innerhalb des Verzeichnisses befinden sich die oben definierten Dateien, wobei sich deren Name jeweils aus dem genannten Präfix und der Formatspezifischen Erweiterung ergibt.

Optional kann ein eindeutiger Content-Hash je Datei bereitgestellt werden, was zu Optimierungszwecken verwendet werden kann. Vorgesehene Hashing-Varianten sind:

- MD5 (Dateierweiterung: md5)

Der Name der Hash-Datei ergibt sich aus dem Namen der entsprechenden Datei mit der Erweiterung⁵ *md5*. Der Inhalt der Datei ist der Hash-Wert ohne Zeilenumbruch.

Anmerkung: Der Hash muss nicht notwendigerweise zum Dateiinhalte korrespondieren. So kann der Hash von auflösungsreduzierten Dateien sich auf die Ausgangsauflösung beziehen.

Referenzen

[FBX] <https://docs.fileformat.com/3d/fbx/>

[OBJ] <https://docs.fileformat.com/3d/obj/>,

<https://www.fileformat.info/format/wavefrontobj/egff.htm>

[OPENCTM] <http://openctm.sourceforge.net>

Historie

IDM-3D.Geometry 1.1 – 10.01.2023

- Festlegung zu den Geometrieparametertypen float, int und bool.
- Neue Geometrieparameter: Complexity, PatchSize, NormalMapStrength und NormalMapTiling

IDM-3D.Geometry 1.0 – 01.10.2020

⁵ Die Erweiterung wird also angehängt, z.B. *standard.obj.md5*