

DIN ISO 16757-2

ICS 91.010.01

Einsprüche bis 2015-06-06

Entwurf**Datenstrukturen für elektronische Produktkataloge der Technischen Gebäudeausrüstung –
Teil 2: Geometrie (ISO/DIS 16757-2:2014)**

Data structures for electronic product catalogues for building services –
Part 2: Geometry (ISO/DIS 16757-2:2014)

Structures de données pour catalogues électroniques de produits pour les services du bâtiment –
Partie 2: Géométrie (ISO/DIS 16757-2:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-02-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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 nhrs@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRs), 10772 Berlin (Hausanschrift: 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.

Gesamtumfang 82 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRs)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Katalogstruktur und Kataloginformationen	6
5 Geometrie	8
5.1 Produktgestalt.....	10
5.2 Symbolische Gestalt	10
5.3 Raumdaten	10
5.4 Oberflächen	11
5.5 Anschlüsse.....	11
6 Methodik der geometrischen Beschreibung.....	12
6.1 Prinzip der geometrischen Darstellung.....	12
6.2 Detaillierungsgrad	12
6.3 Oberflächen	15
6.4 Anschlüsse.....	16
6.5 Erzeugung von Geometrieparameterwerten	17
7 Geometrieelemente	18
7.1 CSG-Gestalt-Primitive	21
7.2 CSG-Blechprimitive	22
7.3 Erweiterte CSG-Primitive	22
7.4 Zuordnung der ISO 16757 Geometrie zu parametrierbarer STEP und IFC Geometrie	22
Anhang A (normativ) Zusätzliche Geometrieelemente	27
A.1 Regelmäßiges vielflächiges Prisma.....	27
A.2 Torusbogenübergang.....	29
A.3 Rechteckiger Führungskanal	31
A.4 Rechteckiger Führungskanalübergang	33
A.5 Rechteckiger Führungskanalbogen.....	37
A.6 Rechteckiges Führungskanal-T-Stück	40
A.7 Rechteckiges Führungskanal-Hosenstück	44
A.8 Rechteckig/oval-Übergang	47
A.9 Rechteckig/rund-Übergang.....	50
A.10 Trapezförmiger Führungskanal	52
A.11 Trapezförmiger Führungskanalübergang	55
A.12 Ovaler Führungskanal	57
A.13 Ovaler Führungskanalübergang	60
A.14 Ovaler Führungskanalbogen	62
A.15 Oval/rund-Übergang	65
A.16 Rundrohr.....	68
A.17 Rundrohrübergang	70
A.18 Rundrohr-Radius-Übergang	72
A.19 Rundrohr-Bogen-Übergang	74
A.20 Rundrohr-Hosenstück.....	76
A.21 Führungskanal mit extrudierter Stirnfläche	79
A.22 Führungskanal mit rundlaufender Stirnfläche.....	80
Literaturhinweise	82

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (E DIN ISO 16757-2:2015-03) enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO/DIS 16757-2:2014, die von ISO/TC 59/SC 13/WG 11 „Product data for building services systems model“, deren Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird, erarbeitet wurde.

Das Internationale Dokument (ISO/DIS 16757-2:2014) ist unverändert übernommen worden.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 041-01-71 GA „Produktdaten für Anlagenmodelle der TGA“ im DIN Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS).

Datenstrukturen für elektronische Produktkataloge der Technischen Gebäudeausrüstung — Teil 2: Geometrie

Einleitung

In der Phase der Planung und des Entwurfs von Gebäuden besteht zunehmender Bedarf an Informationen zu den Systemen der Technischen Gebäudeausrüstung (gebäudetechnischen Anlagen). Im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung tätige Planer müssen detaillierte Berechnungen und Simulationen durchführen, um Energieeinsparungen sicherstellen zu können und um Anforderungen an Hygiene und Komfort bei HKL-Anlagen und Sanitäreinrichtungen entsprechen zu können. Um die Einhaltung dieser Anforderungen verifizieren zu können, müssen sie immer umfassendere Dokumentationen zur Verfügung stellen. Die daraus erstellten Entwürfe müssen die kompletten Anlagen ohne interne Kollisionen und Überschneidungen mit dem Gebäude darstellen.

Diese Anforderungen können nur unter Verwendung moderner technischer Anwendungsprogramme eingehalten werden, wie zum Beispiel CAD- und CAE-Systeme, Berechnungsprogramme, BIM-Tools und Managementsoftware. Dabei benötigen die Softwaresysteme die exakten Daten der verwendeten Anlagenkomponenten. Jede Komponente hat Einfluss auf die Leistungsdaten des gesamten Gebäudes.

Benötigt wird eine einheitliche, international genormte Definition für den Produktkatalog-Datenaustausch.

Eine solche Definition macht die Verwaltung unterschiedlicher Dateiformate und die Verwendung verschiedener Softwaresysteme für die Arbeit mit Produkten von verschiedenen Herstellern unnötig. Dies wiederum führt zu einer erheblichen Senkung der Kosten für Hersteller und Nutzer. Die Integration dieser Daten in BIM-Systeme (en: Building Information Modelling, d. h. Modellierung von Gebäudeinformationen) ermöglicht den Datenaustausch zwischen IT-Systemen. Zusätzlich zum Nutzen für die Planung ergibt sich auch eine Reihe von Vorteilen für weitere Softwarelösungen, wie z. B. Gebäudemanagement und Lebenszyklusmanagement.

Diese ISO-Norm stellt erstmalig eine Schnittstelle zur Verfügung, welche die einheitliche Handhabung von Daten über technische und kommerzielle, Wartungs- und Instandhaltungs- sowie Geometrie-, Bild-, Video- und Text-Informationen ermöglicht.

Diese Norm hat folgende Ziele:

- automatische Integration von Katalogdaten aller Hersteller in technische Anwendungsprogramme, wie z. B. CAD-, CAE-, Bemessungs- und Berechnungssysteme;
- einheitliche Produktauswahl über alle Hersteller;
- Dimensionierung der Produkte unter Nutzung der Algorithmen der Hersteller;
- Ermöglichung der erneuten Berechnung und Simulation des gesamten Systems mit Daten aller Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung so oft wie erforderlich;
- genormte Darstellung der technischen Daten für den Datenaustausch und das Lebenszyklusmanagement.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm — ISO 16757 Teil 2: Geometrie — beschreibt die Modellierung der Geometrie von Produkten der technischen Gebäudeausrüstung. Die Beschreibung ist für den Austausch von Produktkatalogdaten optimiert und umfasst:

- Gestaltdaten für die Darstellung des Produkts selbst;
- symbolische Gestaltdaten für die Visualisierung der Funktion des Produkts in schematischen Darstellungen;
- Räume für Funktionsanforderungen;
- Oberflächen für die Visualisierung;
- Anschlüsse für die Darstellung der Konnektivität zwischen verschiedenen Objekten.

Die Gestalt- und Raumgeometrie wird als konstruktive Festkörpergeometrie (en: Constructive Solid Geometry, CSG) ausgedrückt, die auf mittels boolescher Operationen zu Umrissdarstellungen verbundenen geometrischen Primitiven basiert. Diese Norm verwendet die anwendbaren Primitive von ISO 10303-42 (STEP-Geometrie) und ISO 16739 (IFC) und erweitert diese um Primitive, die für die besondere Geometrie von Produkten der technischen Gebäudeausrüstung erforderlich sind. Für eine symbolische Gestalt werden auch Linienelemente verwendet.

Diese Norm beschreibt weder die innere Struktur des Produktes noch seine Funktion oder die Herstellungsinformationen, weil diese üblicherweise nicht in Produktkatalogen veröffentlicht werden.

Produkte der technischen Gebäudeausrüstung können Millionen verschiedener Maße haben. Das angewendete parametrische Modell führt zu kleineren Datendateien, die sich im Rahmen eines Datenaustausches auf einfache Weise übermitteln lassen.

Das angewendete Geometriemodell enthält keine Zeichnungsinformationen wie Ansichten, Linienarten oder Schraffuren.

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).

ISO/DIS 16757-1, *Data structures for electronic building services product catalogues — Part 1: Concepts, architecture and model*

ISO 10303-11:1994, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: the EXPRESS language reference manual*

ISO 10303-41:1994, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 41: Integrated generic resources — Fundamentals of product description and support*

ISO 10303-42:1994, *Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 42: Integrated generic resources — Geometric and topological representation*

ISO 16739:2013, *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/DIS 16757-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Produktgestalt

geometrische Darstellung des durch die äußeren Begrenzungen des Produkts definierten Raums

3.2

Produktoberfläche

farbige und texturierte äußere Begrenzung der Gestalt des Produkts, deren wiedergegebenes Erscheinungsbild von relativen Beleuchtungs- und Betrachtungswinkeln abhängig ist

3.3

Anschluss

lokalisiertes, orientiertes und gerichtetes Merkmal des Produktgeometriemodells zur Verbindung des Produkts mit anderen Anschlüssen zur Medienübertragung, zur Befestigung anderer Produkte oder zur Ausführung von Behandlungen

3.4

Festkörpermodellierung

Verfahren zur Beschreibung von Gestalt und Oberflächen mit Hilfe eines Computermodells durch Verbindung von Festkörper-Primitiven

3.5

parametrierbarer primitiver Festkörper

Modell eines definierten primitiven Festkörpers, z. B. Quader, Zylinder, Kugel oder Kegel, dessen Maße zur Erzeugung von Varianten durch Parameter dargestellt werden

3.6

boolesche Operatoren

logische Operatoren, wie z. B. Konjunktion $\wedge$ (UND-Verknüpfung), Disjunktion $\vee$ (ODER-Verknüpfung) und Negation $\neg$ (NICHT-Verknüpfung), die bei der Festkörpermodellierung zur Kombination primitiver Festkörper verwendet werden

3.7

konstruktive Festkörpergeometrie (en: Constructive Solid Geometry, CSG)

Verfahren zur Modellierung von Festkörpern, die angewendet werden, um durch Kombinieren von parametrierbaren primitiven Festkörpern mit Hilfe von Booleschen Operatoren komplexe Gestaltobjekte zu erzeugen

3.8

Klippen

auf ein geometrisches Modell angewendete Operation zur Entfernung von Teilen des Modells, die außerhalb einer festgelegten Grenze liegen

4 Katalogstruktur und Kataloginformationen

Alle Arten von Produktdaten, die in den Anwendungsbereich von ISO 16757 fallen, können in einer Produktkatalogdatei gesendet werden.

Die Katalogstruktur ist in Bild 1 dargestellt.

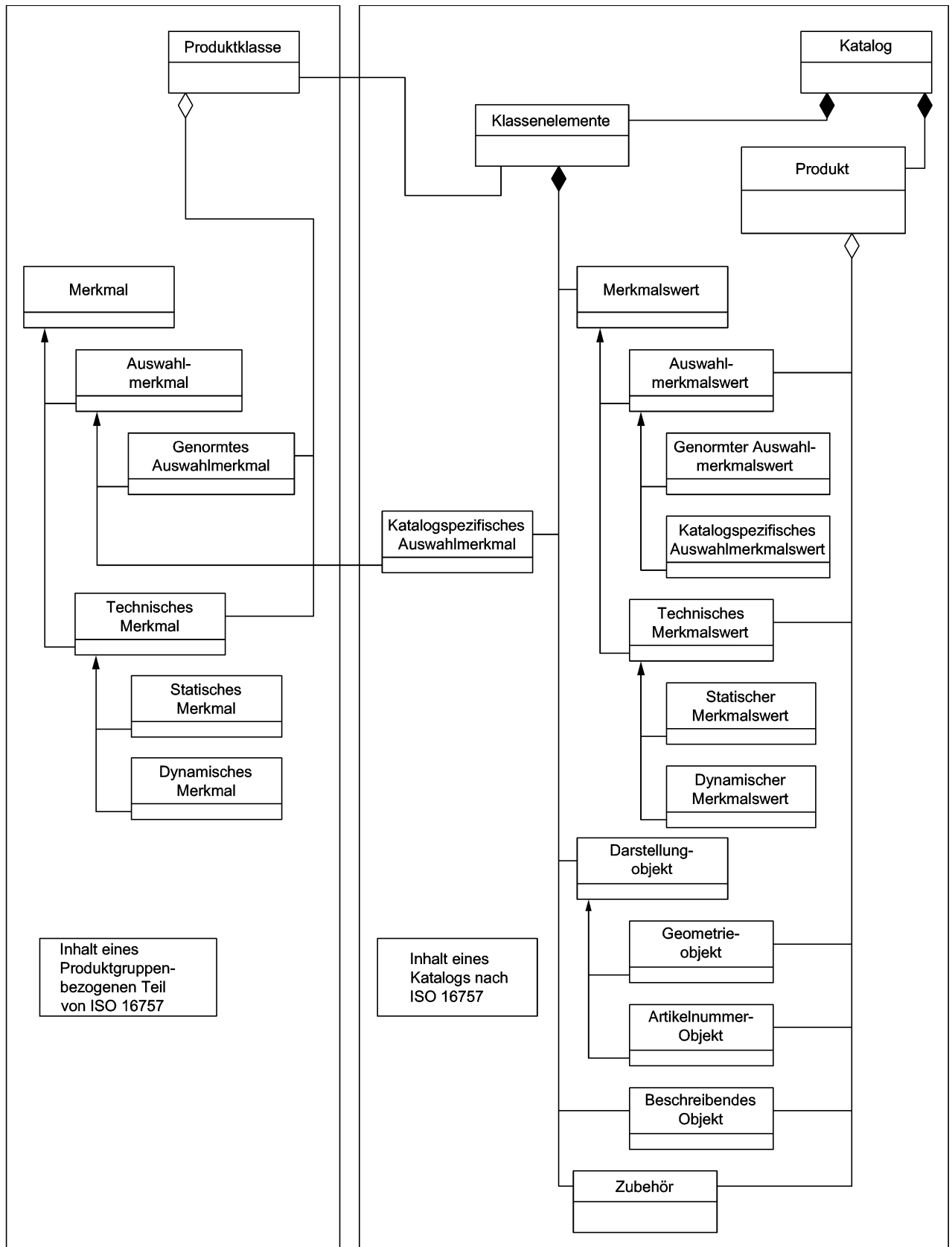


Bild 1 — Übersicht über die Bestandteile eines Katalogs und die Merkmalsarten

5 Geometrie

Geometrieobjekte sind Darstellungsobjekte in einem Katalog. Sie können ein Produkt, ein Zubehörteil oder einen Teil davon darstellen (siehe Bild 2). Bild 2 spezifiziert das Darstellungsobjekt und die Geometrie von Bild 1.

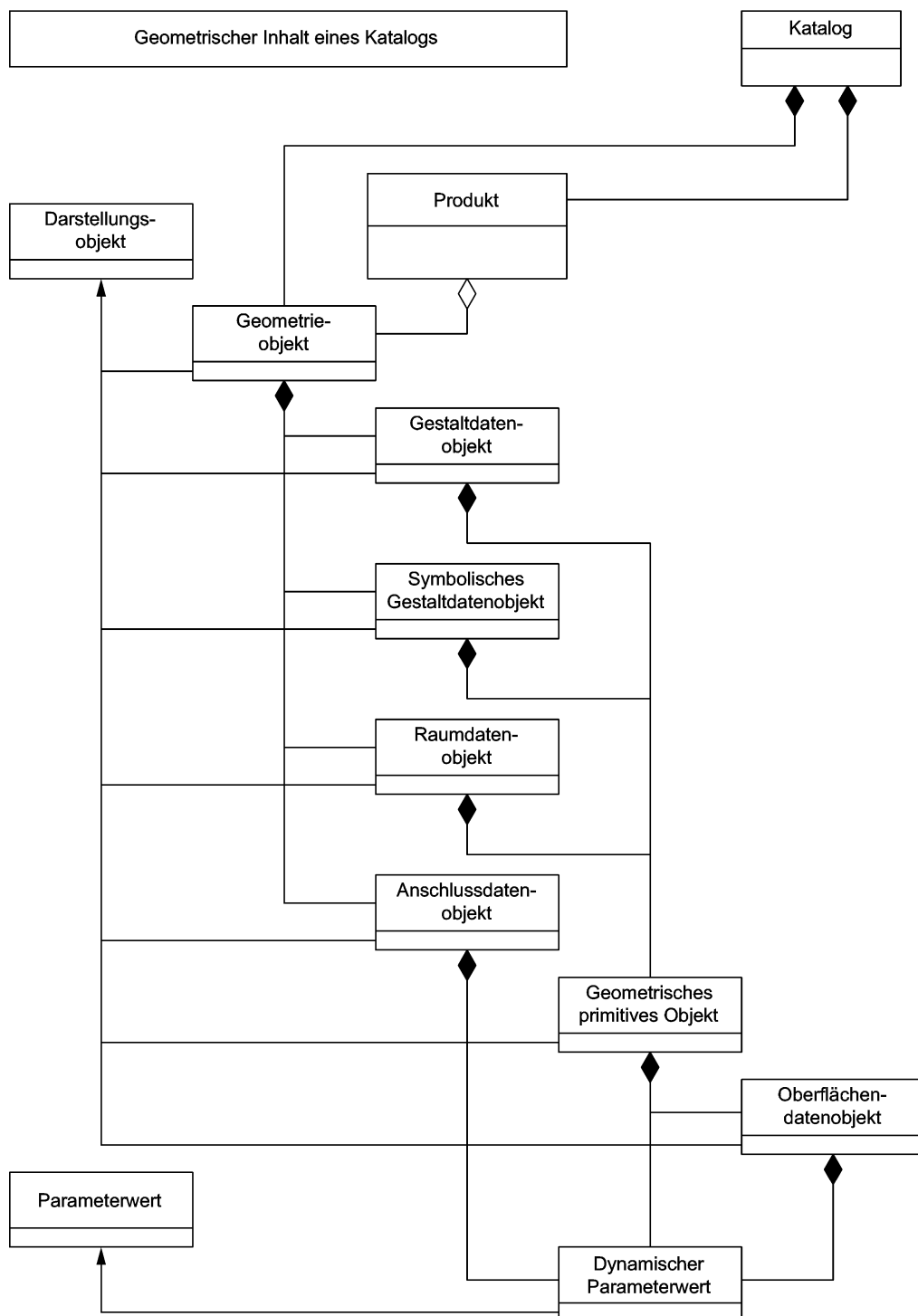


Bild 2 — Übersicht über die geometrischen Elemente eines Katalogs und die Arten der Datenobjekte

Die Geometrie enthält verschiedene Arten von geometrischen Daten:

- Gestalt;
- symbolische Gestalt;
- Räume;
- Oberflächen;
- Anschlüsse.

Die Gestalt, die symbolische Gestalt und die Räume werden anhand von CSG-Bäumen konstruiert. Die Blätter sind geometrische Primitive (siehe Abschnitt 7). Für jedes Primitiv wurde eine Reihe von Attributen definiert, die mit konkreten Werten versehen werden müssen, um die betreffende Gestalt zu konstruieren. Die inneren Knoten sind CSG-Operatoren, die ebenfalls Attribute haben können, die mit Werten gefüllt werden müssen. Auf dieselbe Weise werden Attribute für Anschlüsse festgelegt, und durch Einsetzen von bestimmten Werten für die Attribute werden bestimmte Anschlüsse beschrieben.

Um die Darstellung einer Reihe von Varianten zu unterstützen, ist jede geometrische Darstellung abstrakt, d. h. die Attribute werden nicht mit festen Werten für jedes Produkt gefüllt. Vielmehr werden die Attributwerte durch Formeln beschrieben, die geometrische Merkmale als Parameter verwenden. Diese geometrischen Merkmale werden vom Hersteller festgelegt, d. h. sie sind für den betreffenden Katalog spezifisch und können sich von einem Katalog zum nächsten unterscheiden.

Die geometrischen Merkmale liefern bestimmte Werte für jedes Produkt. Sie müssen für jedes Produkt unter Zugrundelegung der technischen Merkmalswerte der betreffenden Produktvariante berechnet werden. Es handelt sich somit um abgeleitete Merkmale, die jeweils mit einer Funktion geliefert werden, die den tatsächlichen Wert des betreffenden Merkmals für eine bestimmte Produktvariante berechnet (siehe ISO 16757-1). Einige geometrische Merkmale können auch dynamisch sein, d. h. sie hängen nicht nur von den Produktmerkmalen, sondern auch von Bedingungen in der Umgebung des installierten Produkts ab.

In der Praxis werden die Werte der geometrischen Merkmale häufig gleichzeitig durch nur eine Funktion berechnet.

Ein einzelnes Produkt kann aus einer oder mehreren Komponenten bestehen (siehe Bild 3). Jede Komponente eines solchen Produkts muss als ein separates geometrisches Objekt beschrieben werden.

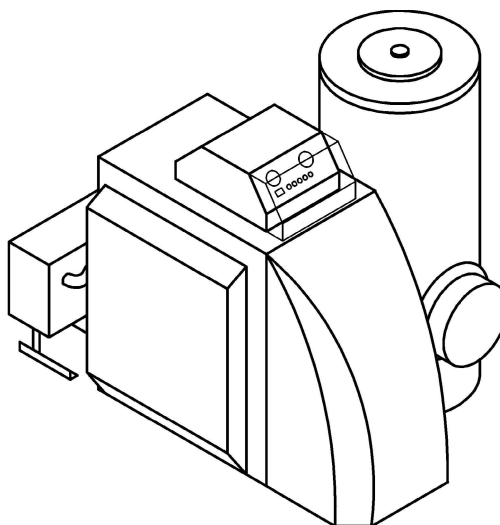


**Bild 3 — Einzelnes Produkt (Heizgerät mit Wärmetauscher und Wasserspeicher)
als Zusammenstellung von Komponenten**

5.1 Produktgestalt

Die Produktgestaltdaten ermöglichen die Visualisierung des Produkts als 3D-Geometriemodell (siehe Bild 4). Darüber hinaus werden sie benötigt für die Prüfung auf Überschneidung mit anderen Gestaltobjekten und Räumen im Gebäudemodell oder im Modell des Systems der technischen Gebäudeausrüstung, das das Produkt umgibt.

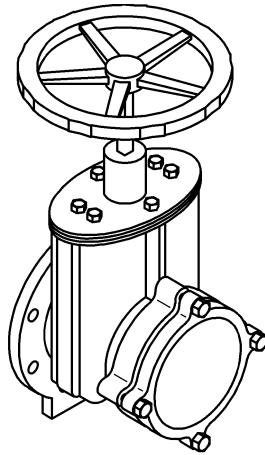


Bild 4 — Gestalt eines Ventils

5.2 Symbolische Gestalt

Neben den Produktgestaltdaten sind symbolische Gestaltobjekte nützlich für das Verständnis des Modells in Visualisierungen und Zeichnungen. Zur Erläuterung: Es ist nicht möglich, mit der 3D-Darstellung der Gestalt eines Ventils die von einer symbolischen Gestalt gelieferten Informationen zu übermitteln, so enthält z. B. ein Ventilsymbol zusätzliche Informationen zum Ventiltyp und zu dessen Funktion und Bedienungsart.

Das symbolische Gestaltobjekt enthält auch Informationen darüber, ob es sich um eine zwei- oder dreidimensionale Darstellung handelt.

Zur Beschreibung der symbolischen Gestalt wird dasselbe Verfahren angewendet wie für die Produktgestalt.

5.3 Raumdaten

Die Beschreibung der Gestalt des Produkts allein genügt nicht, um zu überprüfen, ob das betreffende Produkt vorschriftsmäßig im System der technischen Gebäudeausrüstung installiert wurde (siehe Bild 5). Bei vielen Ausrüstungsteilen muss vor dem Bedienpult oder der Anzeigetafel ein Bedienungsraum freibleiben und gegebenenfalls zusätzlich Raum für Installations- und/oder Montagezwecke gelassen werden.

Die Räume werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

— Gesamttraum

Der für die vorbereitenden automatischen Beeinflussungsprüfungen von CAD-Systemen erforderliche Raum, einschließlich des mindestens erforderlichen Bedienungsraums, des Zugangsraums, des Einbau- und Transportraums und des Installationsraums des Produktes.

— Mindestens erforderlicher Bedienungsraum

Der für den Betrieb und die vorschriftsmäßige Funktion des Produktes erforderliche Raum, einschließlich der zum Öffnen von Türen, Klappen usw. erforderlichen Räume.

— **Zugangsraum**

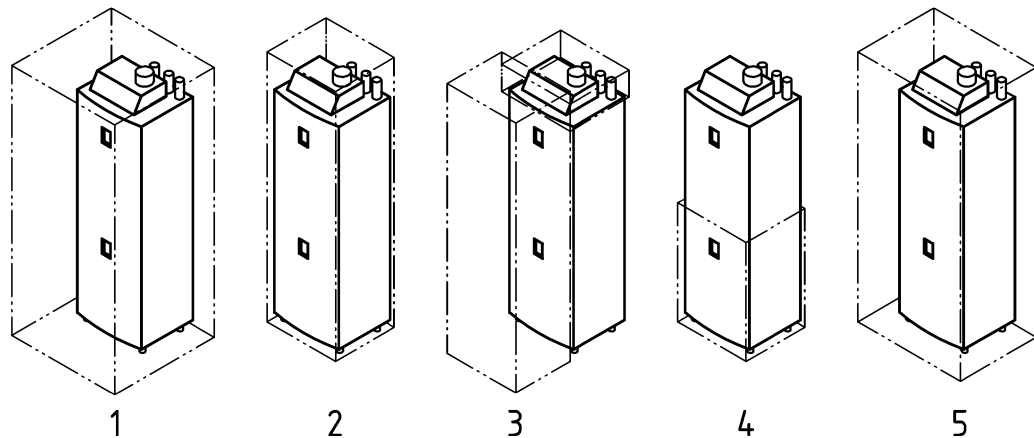
Der von der Bedienungsperson bei Wartung und Betrieb des Produktes benötigte Raum.

— **Einbau- und Transportraum**

Der Raum, der von der größten einzelnen Baugruppe benötigt wird, in die sich das Produkt zerlegen lässt, um es in das Gebäude oder den Installationsraum hinein oder aus dem Gebäude oder Installationsraum transportieren zu können.

— **Installationsraum**

Der Raum, der für die vor Ort erfolgende Montage und Installation des Produktes oder für seine Deinstallation benötigt wird.



Legende

- 1 Gesamtraum
- 2 Mindestens erforderlicher Bedienungsraum
- 3 Zugangsraum
- 4 Einbau- und Transportraum
- 5 Installationsraum

Bild 5 — Räume eines Produkts

Der Gesamtraum wird durch ein einziges CSG-Primitiv beschrieben, das eine Vereinigung der Produktgestalt und allen anderen in die Betrachtung einbezogenen Räume darstellt.

Die anderen Räume lassen sich mit Hilfe einer oder mehrerer geometrischer Primitive zusammensetzen. Sie werden in gleicher Weise wie die Gestalt selbst konfiguriert.

5.4 Oberflächen

Oberflächen beschreiben die Farbe und Textur der Produktoberfläche. Die verschiedenen Kombinationen von Farbe und Textur werden jeweils einmal in der Austauschdatendatei aufgelistet und durch geometrische Daten referenziert.

5.5 Anschlüsse

Die Anschlüsse müssen sämtliche Daten zur Verfügung stellen, die erforderlich sind, um die Produkt-Anschlüsse innerhalb eines Modells für ein System der technischen Gebäudeausrüstung zu identifizieren und um festzustellen, ob Anschlusspaare zueinander passen oder nicht.

Ausreichend beschriebene Anschlüsse ermöglichen die automatisierte Installation von Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung in einem System (z. B. die automatische Ausrichtung) und geometrische Prüfungen mit dem Ziel der Feststellung, ob sich die Komponenten vorschriftsmäßig im betreffenden System installieren lassen.

Die Anschlüsse eines Produkts werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

- Medien (z. B. Gas oder Flüssigkeit) führende Anschlüsse (zu Rohren, Führungskanälen, Ventilen, Armaturen usw.);
- Befestigungsanschlüsse (zu Zubehörteilen, Wänden, Decken, Fußböden usw.);
- Steuer- und Regelanschlüsse (für das Bedienungspersonal).

Falls die Softwareanwendung Anschlussinformationen analysiert, kann sie das Produkt automatisch entweder in Relation zu anderen Systemkomponenten richtig positionieren oder alternative Positionen vorschlagen, z. B. indem sie einen Warmwasserbereiter auf, neben oder hinter einem Heizkessel anordnet. Dasselbe Prinzip gilt auch für Ventilatoren und Montagerahmen, Pumpen und Bodenrahmen usw.

Zu diesem Zweck müssen die Anschlüsse dahingehend überprüft werden, ob sie ihrer Funktion und Geometrie nach passen.

6 Methodik der geometrischen Beschreibung

6.1 Prinzip der geometrischen Darstellung

Die geometrische Darstellung von Produkten in Produktkatalogen besteht aus den folgenden vier Hauptteilen:

- 1) eine Kombination von 3D-Festkörper-Primitiven und der Reihenfolge für deren mit Hilfe boolescher Operationen erfolgende Kombination in die Gestalt des Produkts, eine symbolische geometrische Darstellung und die Räume des Produkts.

Die Positionen und Maße der Primitive können Konstanten, Variable oder mathematische Regeln, die Konstanten und Variable anwenden, sein. Eine Kombination von 3D-Festkörper-Primitiven kann dazu verwendet werden, eine große Bandbreite von Produktvarianten in einer Produktreihe geometrisch darzustellen;

- 2) eine Definition der Oberflächen des Produkts, um deren optisches Erscheinungsbild durch Zuordnung zu beschreiben;
- 3) eine Beschreibung der Anschlüsse des Produkts zum System der technischen Gebäudeausrüstung oder zu anderen Produkten, einschließlich ihrer Positionen, Richtungen und Maße;
- 4) eine Funktion („get_geometry_values“), die die Merkmalswerte eines Produkts abrufen, die zur Berechnung von dessen Geometrie erforderlich sind. In Verbindung mit den 3D-Festkörper-Primitiven, den Oberflächenwerten und den Koordinatensystemen bilden diese Merkmalswerte die geometrische Darstellung eines einzelnen, identifizierbaren Produkts.

6.2 Detaillierungsgrad

Nicht selten enthält ein einziges Gebäude Tausende von technischen Gebäudeausrüstungsprodukten. Werden alle diese Produkte in einem geometrischen Gebäudemodell detailliert dargestellt, so hat dies einen dramatischen Zuwachs des Datenvolumens zur Folge.

Planer, die z. B. in einem einzigen Gebäudemodell Tausende von Heizkörpern und Heizkörperventilen verwenden, sind nicht an einer detailgenauen Ansicht des Produkts interessiert. Bei großmaßstäblichen

Zeichnungen kann ein symbolischer Verweis oder weniger detaillierte Visualisierung informativer sein als eine detaillierte.

Ein detaillierter visueller Eindruck vom Produkt ist häufig nur in bestimmten Fällen erforderlich. So sind Planer z. B. bei der Auswahl eines Produktes üblicherweise sehr an dessen detaillierter Geometrie interessiert.

Detaillierungsgrade werden in verschiedenen Dokumentationen verwendet:

a) Schemazeichnung:

- horizontales Schema (z. B. für Flusspläne von Klimaanlage):
 - Rohre und Führungskanäle, die in 2D durch zwei parallel geführte Linien dargestellt werden,
 - Geräte werden durch 2D-Symbole dargestellt;
- vertikales Schema (z. B. für Trinkwasserpläne, Abwasserpläne und Heizungspläne):
 - Rohre und Führungskanäle werden in 2D durch eine geführte Linie dargestellt,
 - Geräte werden durch allgemeine 2D-Symbole dargestellt;
- isometrisches Schema (z. B. für Rohrleitungspläne):
 - Rohre und Führungskanäle werden in 3D durch eine geführte Linie dargestellt,
 - Geräte werden durch allgemeine 3D-Symbole dargestellt.

b) räumliche Darstellung:

Die räumliche Darstellung hängt in hohem Maße von der Nutzung und dem Nutzer ab:

- Die Hersteller von Produkten für Systeme der technischen Gebäudeausrüstung sind interessiert an:
 - einer nahezu fotorealistischen geometrischen Darstellung, die ein Höchstmaß an Informationen über das Produkt vermittelt;
- Die Planer von Systemen der technischen Gebäudeausrüstung sind interessiert an:
 - einer geometrischen Darstellung, die das Mindestmaß an Informationen über die Art der für Installation und Betrieb erforderlichen Produkte vermittelt;
- Architekten sind interessiert an:
 - einer allgemeinen Darstellung von Rohren und Geräten zur Umsetzung des Raummanagements,
 - einer detaillierten Darstellung von Rohren und Geräten, um einen visuellen Eindruck von den sichtbaren Teilen der Systeme der technischen Gebäudeausrüstung (z. B. Luftauslässen, Heizkörpern, sichtbaren Rohren, sichtbaren Führungskanälen und sonstigen sichtbaren technischen Geräten) zu erhalten;
- Eigentümer, Kontrolleure und Generalunternehmer sind interessiert an:
 - einer dynamisch veränderlichen Darstellung von Rohren und Geräten, die in der Überblicksansicht weniger Einzelheiten und beim Hineinzoomen mehr Einzelheiten zeigt, um die Interoperabilität überprüfen zu können;

- Die Anwender von CAD-Systemen sind interessiert an:
 - einer guten Leistung ihres CAD-Systems.

Um all diese Anforderungen erfüllen zu können, enthält ISO 16757 für jedes Produkt der technischen Gebäudeausrüstung die folgenden parallel existierenden Grade geometrischer Detaillierung für die Planung von Systemen der technischen Gebäudeausrüstung:

Grad 1:

Weniger detaillierte symbolische Gestaltgeometrie für die Erstellung von schematischen Darstellungen als Übersicht über Systeme der technischen Gebäudeausrüstung. Das Symbol steht für die Hauptfunktion des Produktes. Das Symbol unterscheidet z. B. eine Brandschutzklappe von einem Führungskanal, einen Heizkörper von einem Heizgerät, eine Badewanne von einem Waschbecken und ein Ventil von einem Druckmesser. Die Geometrie kann vier symbolische Gestaltobjekte enthalten, die als 2D-Draufsicht, 2D-Vorderansicht, 2D-Seitenansicht oder als 3D-Modell zu verwenden sind.

Grad 2:

Hochgradig detaillierte symbolische Gestaltgeometrie für die Erstellung von schematischen Darstellungen als Übersicht über Systeme der technischen Gebäudeausrüstung. Dieses Symbol steht für die explizite Hauptfunktion und die Unterfunktionen des Produkts. Die Geometrie kann vier symbolische Gestaltobjekte enthalten, die als 2D-Draufsicht, 2D-Vorderansicht, 2D-Seitenansicht oder als 3D-Modell zu verwenden sind.

Grad 3:

Weniger detaillierte 3D-Gestaltgeometrie, die so weit ausgearbeitet ist, dass sich das Produkt grundsätzlich einer Produktgruppe zuordnen lässt. Sie unterscheidet z. B. eine Brandschutzklappe von einem Führungskanal, einen Heizkörper von einem Heizgerät, eine Badewanne von einem Waschbecken und ein Ventil von einem Druckmesser. Der Hauptzweck dieser Stufe ist, die bestmögliche Leistung für 3D-CAD-Systeme sicherzustellen. Aus diesem Grund sollte die geometrische Gestalt dieser Stufe so einfach wie möglich sein.

Grad 4:

Detailliertere 3D-Gestaltgeometrie, die so weit ausgearbeitet ist, dass sich Produkte unterschiedlicher Hersteller schon weitgehend unterscheiden lassen. Es können die wesentlichen geometrischen Unterschiede im Gestaltdesign angezeigt werden. Das Hauptziel dieses Grades besteht darin, Produkte voneinander zu unterscheiden und dabei aber eine annehmbare Leistung von 3D-CAD-Systemen sicherzustellen.

Grad 5:

Hochgradig detaillierte 3D-Gestaltgeometrie, die so weit ausgearbeitet ist, dass alle wesentlichen geometrischen Merkmale eines Produkts sichtbar sein können. Dieser Grad ermöglicht eine nahezu fotorealistische Ansicht des Produktes, ohne Einzelheiten von untergeordnetem Interesse, wie z. B. Nieten oder Blechfalze, darzustellen. Das Hauptziel dieses Grades ist, Endbenutzern bestimmte Produkte zu präsentieren oder detaillierte Visualisierungen zu erstellen, um einzelne Beispiele für Produkte in Modellen für Systeme der technischen Gebäudeausrüstung hervorzuheben.

Für die Grade 1 und 2 werden die Anschlüsse den unterschiedlichen Anforderungen entsprechend unterschiedlich definiert. Für die Grade 3, 4 und 5 werden die Anschlüsse in der räumlichen 3D-Darstellung in gleicher Weise angezeigt.

Im Gegensatz zur Gestaltbeschreibung ist die 3D-Beschreibung von Räumen unabhängig vom Detaillierungsgrad.

ANMERKUNG Detaillierungsgrade kommen in verschiedenen Entwicklungsstufen zur Anwendung [4].

Zitat aus BIMFORUM, Level of Development Specification, Version 2013:

Der Detaillierungsgrad bedingt im Wesentlichen, wie *vielen* Einzelheiten in das Modellelement einbezogen werden. Die Entwicklungsstufe ist der Grad, bis zu dem die Geometrie des Elements und die damit verbundenen Informationen durchdacht wurden, d. h. der Grad, mit dem sich die Mitglieder des betreffenden Projektteams bei der Nutzung des

Modells auf diese Informationen verlassen können. Im Kern kann der Detaillierungsgrad als Eingabe in das Element angesehen werden, während die Entwicklungsstufe die zuverlässige Ausgabe ist.

6.3 Oberflächen

Die Oberfläche des Produkts wird aus den Oberflächen seiner Komponenten zusammengesetzt. In gleicher Weise wird die Oberfläche der Komponente aus den Oberflächen ihrer Primitive zusammengesetzt. Jede Primitive besitzt mindestens eine oder mehrere von Kanten begrenzte Teilbereichsoberflächen.

Meistens besitzen alle Teilbereichsoberflächen eines Primitivs dieselbe Farbe und Textur. Somit leiten sich Grundfarbe und Oberflächentextur des gesamten Primitivs aus einer einzigen Oberflächendefinition ab.

In einigen Fällen müssen Teilbereichen der Primitiv-Oberfläche unterschiedliche Farben und/oder Texturen zugewiesen werden. Es kann vorkommen, dass diese Teilbereiche bei den Primitiven nicht existieren, aber später durch die booleschen Operationen erzeugt werden.

Aus diesem Grund wird im Folgenden ein Verfahren für die Oberflächenzuweisung festgelegt:

Durch Eingeben eines 3D-Koordinatenpunktes in einem zu färbenden Bereich wird ein bestimmter Teilbereich der Oberfläche der Primitive für eine individuelle Färbung oder Texturierung ausgewählt. Das Anwendungsprogramm (z. B. CAD) vergleicht diesen Punkt mit allen Oberflächenteilen, die sich aus der Blockgenerierung ergeben haben (siehe Bild 6). Dieser Punkt wird auf jeden Bereich abgebildet (projiziert). Der zu färbende Oberflächenbereich ist der Bereich mit der kürzesten Projektionslänge, bei der der projizierte Punkt innerhalb der Bereichsbegrenzung liegt.

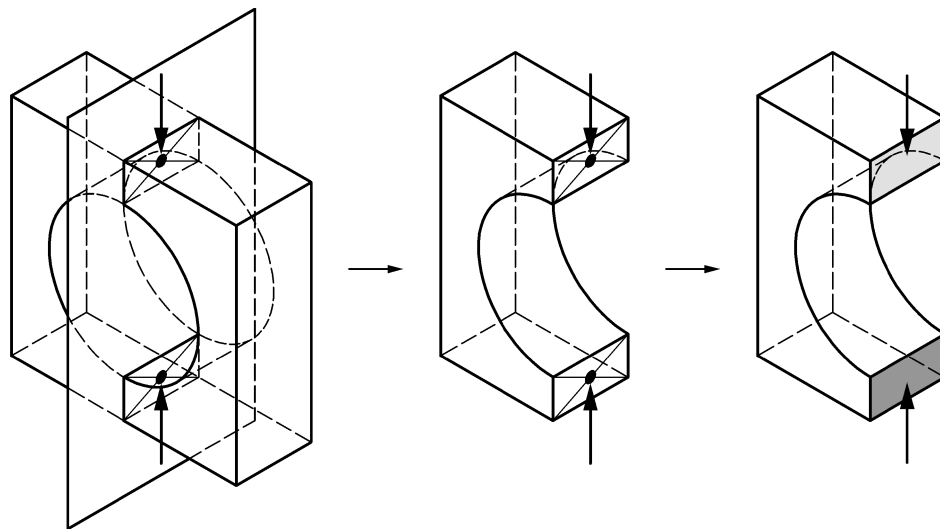


Bild 6 — Beispiel: Festlegung der zu färbenden oder zu texturierenden Bereiche durch Eingeben von 3D-Koordinatenpunkten innerhalb der vorgesehenen Oberflächen

Der Texturausgangspunkt muss innerhalb der Definitionsebene, des Definitionszylinders, des Definitionskegels, der Definitionskugel oder des Definitionstoroids des zu färbenden Oberflächenbereichs liegen (siehe Bild 7). Die Koordinatenachsen u und v spannen das anzuwendende Texturbild auf, das den Skalierungsfaktoren entsprechend, d. h. in Vergrößerung oder Verkleinerung, auf den Oberflächenbereich projiziert wird. Das Texturmuster wird in beiden Achsenrichtungen so häufig wie notwendig wiederholt. Die gesamte Textur wird an den äußeren Grenzlinienelementen des Bereichs geklippt (d. h. abgeschnitten).

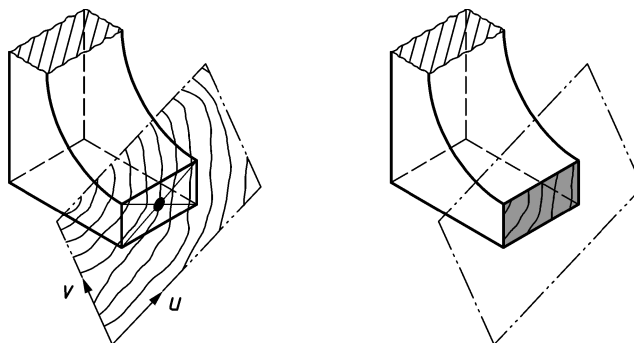


Bild 7 — Beispiel für die Festlegung des Texturausgangspunktes, der Richtung und der Skalierung

6.4 Anschlüsse

Anschlüsse werden mit Hilfe der folgenden Attribute beschrieben:

— AnschlussID

Dieser Zahlenwert bezeichnet den Anschluss innerhalb des Produkts.

BEISPIEL 1, 2, 3, ...

— Funktion

Eine Liste von alphanumerischen Codes bezeichnet die Nutzung des Anschlusses für das Produkt.

BEISPIEL „HFL“ für den Heizungsvorlauf und „HRT“ für den Heizungsrücklauf

— Optionen für das Medium

Eine Liste von alphanumerischen Codes, die die am betreffenden Anschluss möglichen Arten von Medien festlegt.

BEISPIEL „PWC“ für kaltes Trinkwasser und „SEW“ für Abwasser

— Fließrichtung des Mediums

Ein alphanumerischer Wert, der in einigen Fällen vom geführten Medium abhängig ist, legt die richtige Richtung für die Einführung eines Produktes in ein System der technischen Gebäudeausrüstung fest. Es gelten folgende Werte:

- „IN“ für das ankommende Medium;
- „OUT“ für das abgehende Medium;
- „INOUT“ für wechselnde Richtungen;
- „NO“ für den Fall, dass kein Medium fließt (Befestigungs- und Steuer- bzw. Regelanschlüsse).

— Position

Die Position des Anschlusses wird anhand eines entsprechenden Koordinatensystems angegeben.

BEISPIEL X = 123, Y = 456, Z = 789

— Richtung

Der x -Vektor des zur Positionierung dienenden Koordinatensystems legt die Richtung des Anschlusses fest.

BEISPIEL $XL = 0,707\ 106\ 8$; $XYL = 0,707\ 106\ 8$; $XZL = 0$ (für eine Richtung mit einem Winkel von 45° in der x - y -Ebene)

— **Orientierung**

Der y -Vektor des zur Positionierung dienenden Koordinatensystems legt die Orientierung des Anschlusses fest. Er bestimmt den Drehwinkel der Anschlussgeometrie um die Richtungsachse.

BEISPIEL $YXL = -0,707\ 106\ 8$; $YYL = 0,707\ 106\ 8$; $YZL = 0$ (für eine Orientierung mit einem Winkel von 45° in der x - y -Ebene)

— **Form**

Ein alphanumerischer Code für den Anschluss selbst und eine Liste von Formen der für die Gegenseite möglichen Anschlüsse legt die Form der Verbindung des Anschlusses mit anderen Anschlüssen fest.

BEISPIEL „Nippel“ und „Buchse“ oder „Flansch“ und „Flansch“; „Zwischenflansch“

— **Verfahren (Verbindungsart)**

Ein alphanumerischer Code, der an zwei zueinander passenden Anschlüssen gleich sein muss, legt das Verfahren für die Verbindung des Anschlusses (die Verbindungsart) mit anderen Anschlüssen fest. Der Code verweist auf Listen von Verbindungsarten in externen Definitionsverzeichnissen.

BEISPIEL „ISO 128“

— **Maße**

Alphanumerische Werte legt die Maße des Anschlusses selbst fest, und eine Liste von alphanumerischen Werten legt die möglichen Anschlussmaße fest. Deren Anzahl und Werte hängen von der Verbindungsart ab.

BEISPIEL „DN 32“ oder „12 × 60“

Die Anschlussfunktion legt die Rolle des Anschlusses entweder als Medienübertragungspunkt oder als Befestigungsanschluss fest. Sie kann auch die Bandbreite der zulässigen Medien bestimmen. Die Fließrichtung des Mediums oder der Medien, die Position, das Verfahren und die Maße des Anschlusses dienen der automatisierten Installation von Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung in einem System (z. B. automatische Ausrichtung) und geometrischen Prüfungen zur Feststellung, ob die vorschriftsmäßige Installation in ein System möglich ist.

Die sichtbare **Anschlussgestalt** (z. B. Gewinde, Sechseck, Flansche und Rahmen) wird **nicht** vom Anschluss selbst festgelegt. Sie muss in der Produktgestalt definiert werden und ist von den Detaillierungsgraden abhängig.

6.5 Erzeugung von Geometrieparameterwerten

Die parametrisierten Positionen und Maße von Anschlüssen und Gestalt-Primitiven sind in ein Geometriebasismodell einzusetzen. Terme, die Parameter und konstante Werte enthalten, legen die inneren Abhängigkeiten von Maßen und Positionen fest.

Bild 8 zeigt die maßlichen Abhängigkeiten an einem kleinen Beispiel. Alle Maße hängen von den Parametern „rad“ und „len“ ab. Die mathematischen Terme legen die Regel fest, dass das runde Loch den umgebenden Block niemals berührt oder darüber hinweg verläuft. Es ist ebenso unmöglich, dass die Länge des zylindrischen Lochs nicht der Länge des Blocks entspricht.

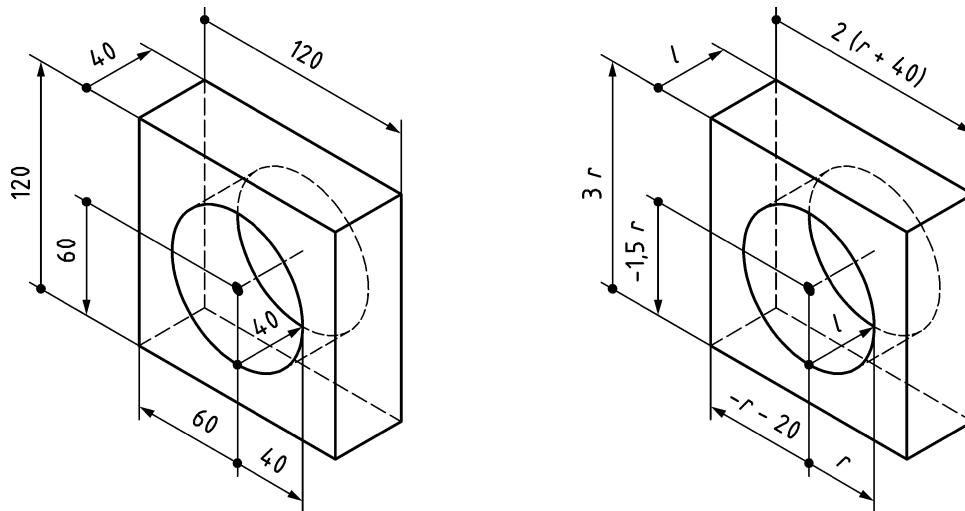


Bild 8 — Beispiel: Parametrisierung eines geometrischen Modells

In gleicher Weise lassen sich mehrere ähnliche Varianten eines geometrischen Modells (siehe Bild 9) durch Änderung der Werte der Parameter („len“ und „rad“ im Beispiel) erzeugen.

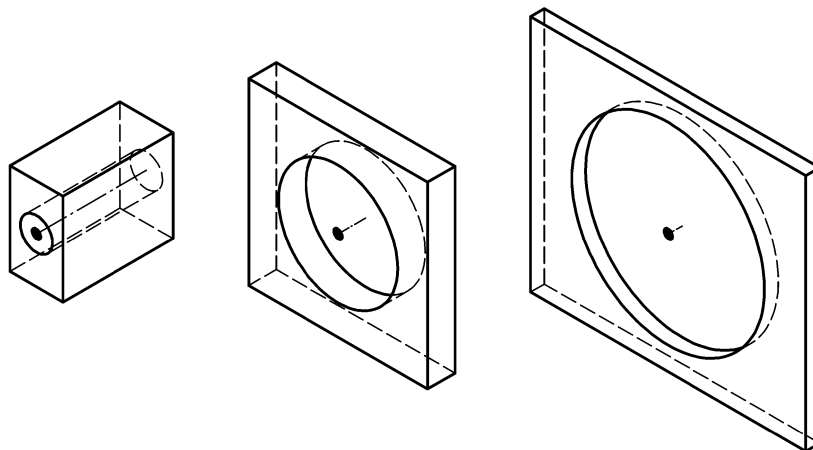


Bild 9 — Beispiel: Varianten eines geometrischen Modells

Die Werte der Parameter werden durch die verschiedenen verfügbaren Produktvarianten bestimmt. Produktkataloge enthalten üblicherweise Aufstellungen der Werte für die Hauptmaße, um die Gestalt und die Positionen der Anschlüsse zu beschreiben. Die verschiedenen Werte in einer Produktreihe lassen sich nicht notwendigerweise immer mit mathematischen Regeln beschreiben. Einige Maße sind über Teile dieser Reihen konstant, während andere von den Hauptmaßen und wieder andere von Zubehörteilen oder dem Herstellungsverfahren abhängig sind.

Diese Abhängigkeiten müssen in einer Funktion „get_geometry_values“ beschrieben werden, die die Werte aller im geometrischen Modell verwendeten Parameter ausgibt. Bei Kenntnis des ausgewählten Produkts des Produktkatalogs funktioniert diese Funktion in ähnlicher Weise wie die Funktionen, die die Werte von berechneten Merkmalen, wie z. B. dem Druckverlust, liefern.

7 Geometrieelemente

Das in ISO 16757 verwendete parametrische Modell hat eine geringfügige Erweiterung des in ISO 10303-42 festgelegten Modells zur Folge, das einfach nur die Parametrisierung des geometrischen Objekts für den Datenaustausch ermöglicht. Es sind einige nützliche Primitive erforderlich, um die speziell für die Parametri-

sierung geometrischer Formen und Primitive in technischen Gebäudeausrüstungen geltenden Anforderungen zu erfüllen, und diese werden im Folgenden definiert.

Geometrieelemente werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

— Linienelemente

- Besonders für Symbole sind Linienelemente zur Anzeige von deren Gestalt erforderlich. Die Maße und Koordinaten der Linienelemente sind parametrierbar.

Nr	Primitiv-Bezeichner	STEP-Definition	IFC4-Definition
1	Gerade	ISO 10303-42, 4.4.24	IFC4 8.9.3.30
2	Kreis	ISO 10303-42, 4.4.26	IFC4 8.9.3.17
3	Kreisbogen (Kurvenausschnitt)	ISO 10303-42, 4.4.40	IFC4 8.9.3.52
4	Spline (b_spline_curve)	ISO 10303-42, 4.4.34	IFC4 8.9.3.7

— CSG-Gestalt-Primitive

- Gewöhnliche CSG-Primitive (CSG = konstruktive Festkörpergeometrie), wie z. B. Quader, Zylinder, geschwungene Körper, können miteinander verbunden werden, um eine Gestalt zu erzeugen. Deren Definition basiert auf Definitionen von ISO 10303-42 für Positionen, Richtungen, Kurven und Stirnflächen.

— CSG-BlechPrimitive

- Spezielle Blechprimitive für die technische Gebäudeausrüstung, wie z. B. rechteckig/rund-Übergänge, ovale Kanäle, T-Stücke und Hosenstücke können in gleicher Weise behandelt werden wie gewöhnliche CSG-Primitive (siehe Bild 10).

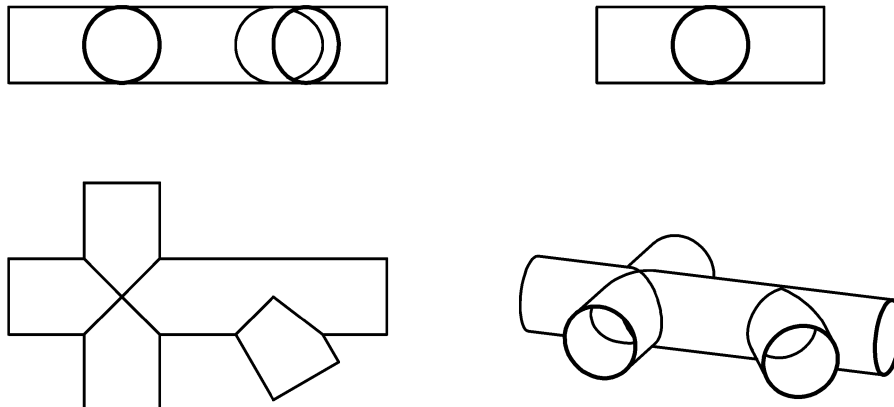


Bild 10 — Beispiel: Blechprimitive können durch boolesche Operationen miteinander verbunden werden

Alternativ kann eine Softwareanwendung Blechprimitive nach drei verschiedenen Verfahren anzeigen:

- unter Außerachtlassung der Wanddicke und Darstellung der Primitive als gewöhnliche Festkörper (siehe Bild 11);
- unter Außerachtlassung der Wanddicke und Darstellung der Grund- und Stirnflächen der Primitive als durchsichtig (siehe Bild 12);

- c) mit Anzeige der Wanddicke als Ergebnis eines internen booleschen Unterschieds zu einem kleineren Festkörper (siehe Bild 13).

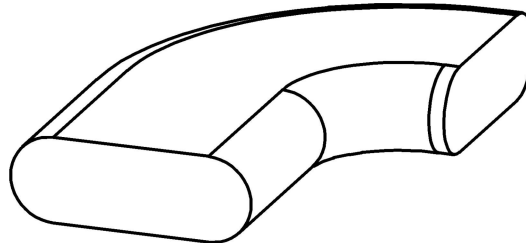


Bild 11 — Beispiel: Wanddicke von CSG-Blechprimitiven nicht angewendet

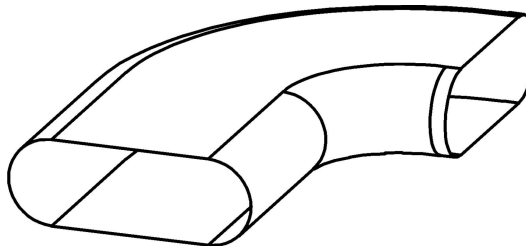


Bild 12 — Beispiel: Geringe Wanddicke von CSG-Blechprimitiven nicht angewendet, aber durch transparente Grund- und Stirnflächen dargestellt

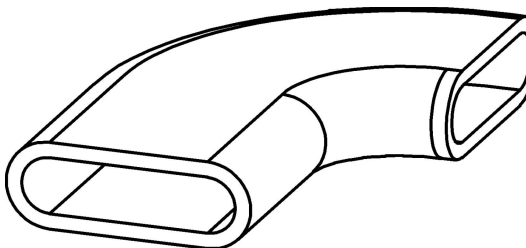


Bild 13 — Beispiel: Wanddicke von CSG-Blechprimitiven als boolescher Unterschied zu einem ähnlichen, aber kleineren Festkörper

Geometrische Elemente innerhalb der Primitive (Blenden in Brandschutzklappen, Messausrüstung) können als ein nicht mit den umgebenden Blechprimitiven verbundener unabhängiger CSG-Baum gesetzt werden (siehe Bild 14).

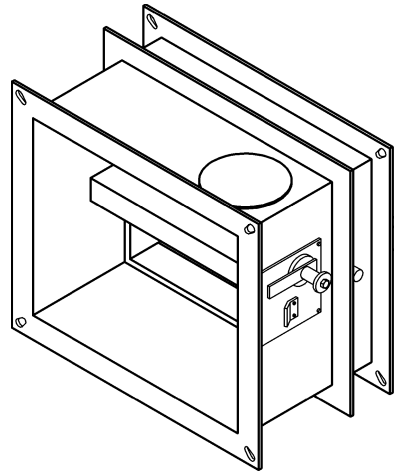


Bild 14 — Beispiel: Aus CSG-Blechprimitiven zusammengesetztes CSG-Modell einer Klimaanlage-Brandschutzklappe

7.1 CSG-Gestalt-Primitive

Das geometrische Modell verwendet die folgenden Gestalt-Primitive:

Abschnittsnr.	Primitiv-Bezeichner	STEP-Definition	IFC4-Definition
5	half_space_solid	ISO 10303-42, 6.4.21	IFC4 8.8.3.20
6	block	ISO 10303-42, 6.4.8	IFC4 8.8.3.3
7	right_angular_wedge	ISO 10303-42, 6.4.9	—
8	uniform_polyhedral_prism	Anhang A.1, Bild A.1	
9	sphere	ISO 10303-42, 6.4.14	IFC4 8.8.3.31
10	right_circular_cone	ISO 10303-42, 6.4.15	IFC4 8.8.3.26
11	right_circular_cylinder	ISO 10303-42, 6.4.16	IFC4 8.8.3.27
12	excentric_cone	ISO 10303-42, 6.4.17	—
13	toroidal_bend_transition	Anhang A.2, Bild A.2	
14	extruded_face_solid	ISO 10303-42, 6.4.33	IFC4 8.8.3.12
15	revolved_face_solid	ISO 10303-42, 6.4.34	IFC4 8.8.3.24
16	faceted_b_rep	ISO 10303-42, 6.4.4	IFC4 8.8.3.15

7.2 CSG-Blechprimitive

Die folgenden Blech-Gestalt-Primitive und zugehörigen Bezeichner werden definiert:

Abschnittsnr.	Primitiv-Bezeichner	Definition	Bild
17	rectangular_duct	Anhang A.3	Bild A.3
18	rectangular_duct_transition	Anhang A.4	Bild A.4
19	rectangular_duct_bend	Anhang A.5	Bild A.5
20	rectangular_duct_tee	Anhang A.6	Bild A.6
21	rectangular_duct_wye	Anhang A.7	Bild A.7
22	rectangle_oval_transition	Anhang A.8	Bild A.8
23	rectangle_round_transition	Anhang A.9	Bild A.9
24	trapezoidal_duct	Anhang A.10	Bild A.10
25	trapezoidal_duct_transition	Anhang A.11	Bild A.11
26	oval_duct	Anhang A.12	Bild A.12
27	oval_duct_transition	Anhang A.13	Bild A.13
28	oval_duct_bend	Anhang A.14	Bild A.14
29	oval_round_transition	Anhang A.15	Bild A.15
30	round_pipe	Anhang A.16	Bild A.16
31	round_pipe_transition	Anhang A.17	Bild A.17
32	round_pipe_radius_transition	Anhang A.18	Bild A.18
33	round_pipe_bend	Anhang A.19	Bild A.19
34	round_pipe_wye	Anhang A.20	Bild A.20
35	extruded_face_solid	Anhang A.21	Bild A.21
36	revolved_face_solid	Anhang A.22	Bild A.22

7.3 Erweiterte CSG-Primitive

Die folgenden erweiterten Primitive und zugehörigen Bezeichner werden definiert:

Abschnittsnr.	Erweiterte Primitive	STEP-Definition	IFC4-Definition
37	Text	ISO 10303-41	IFC4 8.11.2.88
38	Wiederholung	ISO 10303-11, 13.9	—
39	Referenz	ISO 10303-11, 12.7	—

7.4 Zuordnung der ISO 16757 Geometrie zu parametrierbarer STEP und IFC Geometrie

Die Definitionen für die Primitive nach ISO 16757 basieren weitestgehend auf den Definitionen von ISO 10303-42 (STEP-Geometrie) und ISO 16739 (IFC).

Nach ISO 16757 sind 36 parametrierbare geometrische Primitive mit für technische Gebäudeausrüstungen besonders gebräuchlichen Formen unter Vermeidung von facettierten Begrenzungsdarstellungen erforderlich.

Durch Kombination dieser Primitive erzeugte Volumenfestkörper stellen die Produktgeometrie aus Katalogen mit Millionen von aus nur einem parametrisierten geometrischen Modell abgeleiteten Varianten dar.

ISO 10303-42(STEP)-Festkörper

ISO 10303-42 (STEP) stellt nur 10 Volumen-Festkörperprimitive bereit – viele Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung können nur mit B-Spline-Volumina oder facettierten Begrenzungsdarstellungen abgebildet werden:

- block_volume
- wedge_volume
- spherical_volume,
- cylindrical_volume
- eccentric_conical_volume,
- toroidal_volume
- pyramid_volume
- b_spline_volume,
- ellipsoid_volume
- tetrahedron_volume
- hexahedron_volume

Tabelle 1 zeigt die Abbildung von Volumen-Festkörperprimitive nach ISO 16757 auf die von ISO 10303-42:

Tabelle 1 — Abbildung von Volumen-Festkörperprimitiven nach ISO 16757 auf Volumen-Festkörperprimitive nach ISO 10303-42 (STEP)

ISO 16757	ISO 10303-42 (STEP)
Schnittplan	Half_space_solid
Quader	Block_volume
Rechtwinkliges dreiseitiges Prisma	Wedge_volume
Gerades vielfächiges Prisma	----- B-spline_volume
Zylinder	Cylindrical_volume
Kegelstumpf	Right_circular_cone mit half_space_solid
Kugel	Spherical_volume
Torusbogen	Toroidal_volume
Torusbogenübergang	----- B-spline_volume
Translationskörper	Extruded_Area_Solid
Rotationskörper	Extruded_Area_Solid
Allgemein begrenzter Festkörper	----- B-spline_volume
Rechteckiger Führungskanal	Block_volume
Rechteckiger Führungskanalübergang	----- B-spline_volume
Rechteckiger Führungskanalbogen	----- B-spline_volume
Rechteckiges Führungskanal-T-Stück	----- B-spline_volume
Rechteckige Führungskanal-Hosenstücke	----- B-spline_volume
Rechteckig/oval-Übergang	----- B-spline_volume
Rechteckig/rund-Übergang	----- B-spline_volume
Trapezförmiger Führungskanal	Extruded_Area_Solid
Trapezförmiger Führungskanalübergang	----- B-spline_volume
Ovaler Führungskanal	Extruded_Area_Solid
Ovaler Führungskanalübergang	----- B-spline_volume
Ovaler Führungskanalbogen	----- B-spline_volume
Oval/rund-Übergang	----- B-spline_volume
Rundrohr	Swept_Disk_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Rundrohrübergang	Right_Circular_Cone mit half_Space_Solid
Rundrohrradiusübergang	Revolved_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Rundrohrbogen	----- B-spline_volume
Rundrohr-Hosenstück	----- B-spline_volume
Translationskanal	Extruded_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Rotationskanal	Revolved_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Allgemein begrenzter Führungskanal	----- B-spline_volume

ISO 16739(IFC)-Festkörper

ISO 16739 (IFC) stellt nur 13 Volumenprimitive bereit – viele Komponenten von technischen Gebäudeausrüstungen können nur mit B-Spline-Volumina oder facettierten Begrenzungsdarstellungen abgebildet werden:

- IfcBlock
- IfcBoxedHalfSpace
- IfcExtrudedAreaSolid
- IfcHalfSpaceSolid
- IfcPolygonalBoundedHalfSpace
- IfcRectangularPyramid
- IfcRevolvedAreaSolid
- IfcRightCircularCone
- IfcRightCircularCylinder
- IfcSectionedSpine
- IfcSphere
- IfcSurfaceCurveSweptAreaSolid
- IfcSweptDiskSolid

Tabelle 2 zeigt die Abbildung von Volumen-Festkörperprimitiven nach ISO 16757 auf die von ISO 16739 (IFC 4).