

DIN EN ISO 16757-2

ICS 91.010.01

Einsprüche bis 2018-11-28

Entwurf

**Datenstrukturen für elektronische Produktkataloge der Technischen
Gebäudeausrüstung –
Teil 2: Geometrie (ISO 16757-2:2016);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16757-2:2018**

Data structures for electronic product catalogues for building services –
Part 2: Geometry (ISO 16757-2:2016);
German and English version prEN ISO 16757-2:2018

Structures de données pour catalogues électroniques de produits pour les services du
bâtiment –
Partie 2: Géométrie (ISO 16757-2:2016);
Version allemande et anglaise prEN ISO 16757-2:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-09-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 188 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)
DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 16757-2:2016 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 59 „Buildings and civil engineering works“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 16757-2:2018 durch das Technische Komitee CEN/TC 442 „Building Information Modelling (BIM)“ übernommen, dessen Sekretariat von SN (Norwegen) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-01-39 AA „BIM - Building Information Modeling (SpA zu ISO/TC 59/SC 13 — CEN/TC 442)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für das in diesem Dokument zitierte internationale Dokument wird im Folgenden auf das entsprechende deutsche Dokument hingewiesen:

ISO 16757-1 siehe DIN ISO 16757-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 16757-1, *Datenstrukturen für elektronische Produktkataloge der Technischen Gebäudeausrüstung — Teil 1: Konzepte, Architektur und Modelle*

Datenstrukturen für elektronische Produktkataloge der Technischen Gebäudeausrüstung — Teil 2: Geometrie (ISO 16757-2:2016)

Structures de données pour catalogues électroniques de produits pour les services du bâtiment — Partie 2 : Géométrie (ISO 16757-2:2016)

Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 2: Geometry (ISO 16757-2:2016)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Katalogstruktur und Kataloginformationen	10
5 Geometrie	12
5.1 Produktgestalt	14
5.2 Symbolische Gestalt	14
5.3 Raumdaten	14
5.3.1 Gesamtraum	15
5.3.2 Mindestens erforderlicher Bedienungsraum	15
5.3.3 Zugangsraum	15
5.3.4 Einbau- und Transportraum	15
5.3.5 Installationsraum	15
5.4 Oberflächen	16
5.5 Anschlüsse	16
6 Methodik der geometrischen Beschreibung	16
6.1 Prinzip der geometrischen Darstellung	16
6.2 Detaillierungsgrad	17
6.3 Oberflächen	19
6.4 Anschlüsse	21
6.5 Erzeugung von Parameterwerten für die Geometrie	22
7 Geometrieelemente	24
7.1 CSG-Gestalt-Primitive	27
7.2 CSG-Blechprimitive	28
7.3 Erweiterte CSG-Primitive	29
7.4 Zuordnung der ISO 16757-Geometrie zu parametrierbarer STEP- und IFC-Geometrie	29
Anhang A (normativ) Zusätzliche Geometrieelemente	33
A.1 Allgemeines	33
A.2 Regelmäßiges vielflächiges Prisma	33
A.3 Torusbogenübergang	36
A.4 Rechteckiger Führungskanal	39
A.5 Rechteckiger Führungskanalübergang	41
A.6 Rechteckiger Führungskanalbogen	45
A.7 Rechteckiges Führungskanal-T-Stück	49
A.8 Rechteckiges Führungskanal-Hosenstück	54
A.9 Rechteckig/oval-Übergang	58
A.10 Rechteckig/rund-Übergang	61
A.11 Trapezförmiger Führungskanal	64
A.12 Trapezförmiger Führungskanalübergang	67
A.13 Ovaler Führungskanal	70

A.14	Ovaler Führungskanalübergang	73
A.15	Ovaler Führungskanalbogen	76
A.16	Oval/rund-Übergang	79
A.17	Rundrohr	82
A.18	Rundrohrübergang	84
A.19	Rundrohr-Radius-Übergang	86
A.20	Rundrohr-Bogen-Übergang	89
A.21	Rundrohr-Hosenstück	92
A.22	Führungskanal mit extrudierter Stirnfläche	96
A.23	Führungskanal mit rotierter Stirnfläche	98
	Literaturhinweise	100

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 16757-2:2016 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 59 „Buildings and civil engineering works“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 16757-2:2018 durch das Technische Komitee CEN/TC 442 „Building information modelling (BIM)“ übernommen, dessen Sekretariat von SN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16757-2:2016 wurde von CEN als prEN ISO 16757-2:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 59 „*Buildings and civil engineering works*, Unterkomitee SC 13, *Organization of information about construction works*.

Eine Liste aller Teile von ISO 16757 ist auf der ISO-Internetseite zu finden.

Einleitung

Es besteht ein zunehmender Bedarf an elektronischen, maschinenlesbaren, digitalen Informationen zur technischen Gebäudeausrüstung. Die im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung tätigen Planer müssen detaillierte Berechnungen und Simulationen durchführen, um Energieeinsparungen und die Erfüllung von Anforderungen an Hygiene und Komfort bei HKL-Anlagen und Sanitäreinrichtungen sicherstellen zu können. Um diese Aufgaben erfüllen zu können, müssen Planer Zugang zu umfassenderen und genaueren Dokumentationen haben. Die daraus erstellten Entwürfe müssen die kompletten Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung ohne interne Überschneidungen beschreiben, um Kollisionen mit anderen Anlagen und Komponenten sowie mit dem Gebäude selbst zu vermeiden.

Diese Anforderungen lassen sich nur unter Verwendung moderner Anwendungsprogramme einhalten, wie zum Beispiel CAD- und CAE-Systeme, Berechnungsprogramme, BIM-Tools und Managementsoftware, die auf die TGA zugeschnitten sind. Dabei benötigen die Softwaresysteme die exakten Daten der verwendeten Anlagenkomponenten, da jede Komponente zur Leistung des gesamten Gebäudes beiträgt.

Aus diesem Grund wird eine Internationale Norm benötigt, die die Modelle und Definitionen für den Datenaustausch zwischen Produktkatalogen bereitstellt.

Eine derartige Norm macht die Verwaltung unterschiedlicher Datenformate und die Verwendung unterschiedlicher, herstellersistemischer Softwaresysteme für die Arbeit mit Produkten von verschiedenen Herstellern unnötig, und das wiederum führt zu einer erheblichen Kostenreduzierung für Hersteller und Anwender. Die Integration dieser Daten in Systeme der Bauwerksinformationsmodellierung (Building Information Modelling (BIM)) 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. für das Gebäude- und Lebenszyklusmanagement.

Dieser Teil von ISO 16757 bietet erstmals eine Schnittstelle, die die einheitliche Handhabung von technischen Daten, Daten zu Wartung und Instandhaltung sowie von Informationen zu Geometrie, Abbildungen, Videos und Texten ermöglicht.

Die Ziele dieses Teils von ISO 16757 sind es, Folgendes zu ermöglichen:

- die automatische Integration von Katalogdaten aller Hersteller in technische Anwendungsprogramme, wie zum Beispiel CAD- und CAE-Systeme, Bemessungs- und Berechnungsprogramme;
- die einheitliche Auswahl von Produkten bei allen Herstellern;
- die Bemessung von Produkten unter Anwendung der Algorithmen der Hersteller;
- die Neuberechnung und erneute Simulation des gesamten Systems mit den Daten aller Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung so oft wie notwendig, und
- die genormte Darstellung von technischen Daten für den Datenaustausch und das Lebenszyklusmanagement.

Dieser Teil von ISO 16757 enthält Definitionen und Spezifikationen für die Modellierung und den Austausch von geometrischen Informationen zu den Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung.

ISO 16757-1 enthält eine Übersicht über die Normenreihe und die Erläuterung deren Elemente und Organisation. Dieses Dokument definiert die geometrischen Elemente, die verwendet werden, um die Produkte in den Katalogen nach ISO 16757 darzustellen. ISO 16757-3 definiert die Skriptsprache, die in ISO 16757 (alle Teile) für verschiedene Zwecke verwendet wird. ISO 16757-4 enthält IDM-Beschreibungen für ISO 16757 (alle Teile), einschließlich Prozessbeschreibungen für diejenigen Prozesse, die von der Norm unterstützt werden sollen, sowie Regeln für die Zuordnung von Produkt- und Merkmalbeschreibungen zu den

IFC und für die semantische Festlegung von Merkmalen mittels IFD. ISO 16757-5 definiert ein XML-Austauschformat, mit dem elektronische Kataloge entsprechend den Festlegungen von ISO 16757 (alle Teile) ausgetauscht werden können. Das Austauschformat wird als eine XML-Schema-Definition (XSD) festgelegt werden. Die inhaltsbezogenen Teile von ISO 16757 werden genormte Merkmale für die Produktgruppen und die Zusammensetzung des Modells für die technischen Daten definieren. Des Weiteren werden die inhaltsbezogenen Teile von ISO 16757 die spezifischen Schnittstellen der Programmierfunktion zum Layout, Berechnen und Simulieren der Produkte festlegen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 16757 beschreibt die Modellierung der Produktgeometrie von Gebäude-Dienstleistungen. 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; und
- 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 Begrenzungsflächen-Darstellungen (en: Boundary representation, b-rep) verbundenen geometrischen Primitiven basiert. Dieser Teil der ISO 16757 verwendet die anwendbaren Primitive von ISO 10303-42 und ISO 16739 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.

Dieser Teil der ISO 16757 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 von Größenvarianten haben. Um einen Austausch von entsprechend Millionen verschiedener Geometrien zu vermeiden, wird ein parametrisches Modell eingeführt, welches die Ableitung variantenspezifischer Geometrien von einem allgemeinen Modell ermöglicht. Dies ist notwendig, um die im Rahmen eines Kataloges auszutauschenden Daten auf eine überschaubare Größe zu reduzieren. 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 werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 16757-1, *Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 1: Concepts, architecture and model*

ISO 6707-1, *Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General Terms*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 16757-1 und ISO 6707-1 sowie die folgenden Begriffe.

ISO und IEC unterhalten terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter folgenden Adressen:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>

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 (1) zur Verbindung des Produkts mit anderen Anschlüssen zur Medienübertragung (2) oder zur Befestigung des Produkts an anderen Produkten, Zubehörteilen, Wänden, Decken, Böden usw. oder (3) zur Ausführung von Kontrollen

3.4

Festkörpermodell

vollständige Darstellung der Nenngestalt eines Produkts, sodass alle Punkte im Inneren verbunden sind und jeder Punkt als auf der Innenseite, der Außenseite oder an der Grenze eines Festkörpers eingestuft werden kann

[QUELLE: ISO 10303-42:2014, 6.4.1]

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

konstruktive Festkörpergeometrie

CSG

Art der geometrischen Modellierung, bei welcher ein Festkörper infolge einer Reihe regulierter boolescher Operationen an Festkörpermodellen definiert wird

[QUELLE: ISO 10303-42]

3.7

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 Produktkatalogdatendatei übermittelt werden.

Die Katalogstruktur, welche in ISO 16757-1 detaillierter beschrieben ist, wird im Bild 1 gezeigt.

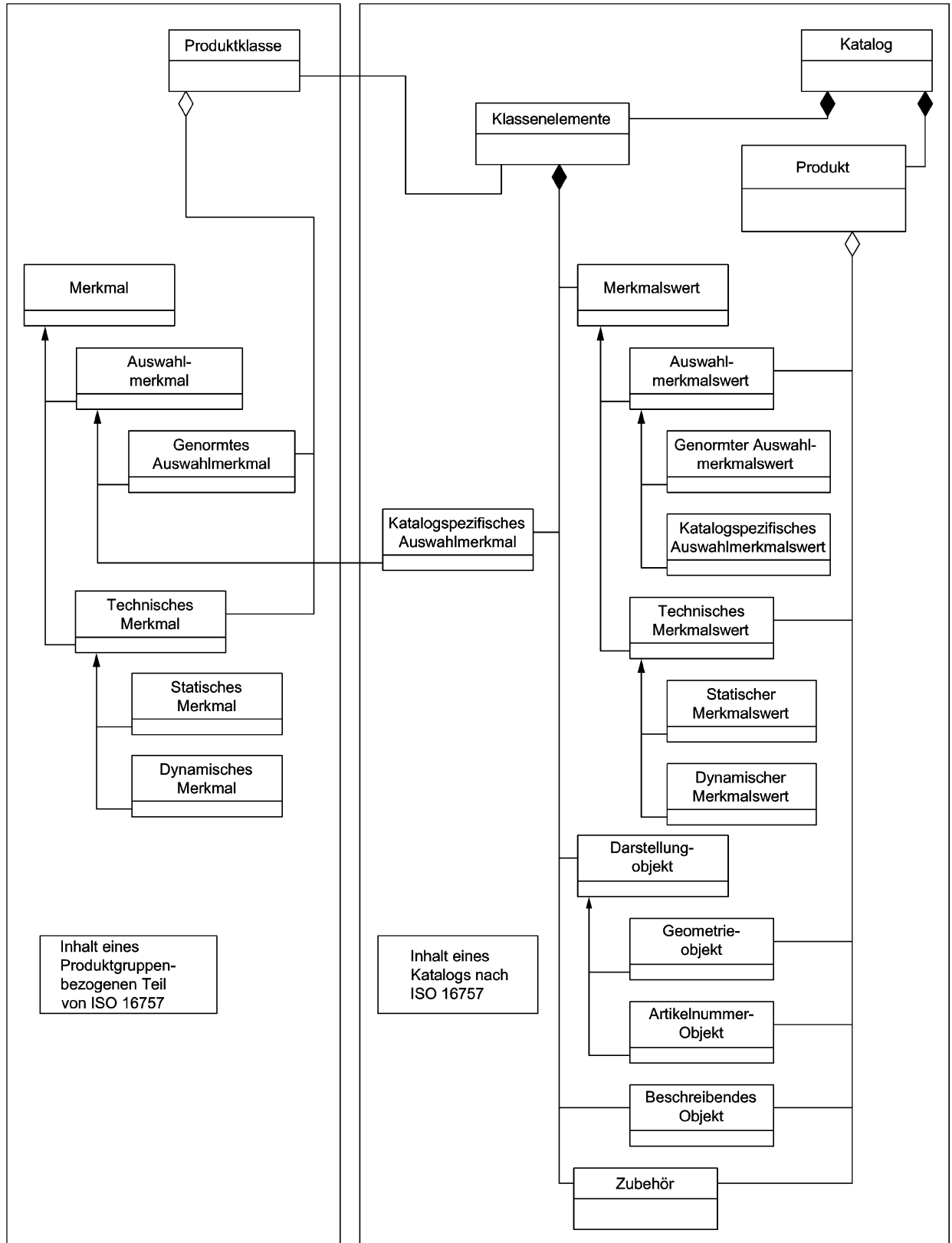


Bild 1 — Übersicht über die Bestandteile eines Katalogs und die Merkmalsarten

5 Geometrie

Geometrieobjekte sind Darstellungsobjekte in einem Katalog. Sie können ein Produkt, ein Zubehörteil oder einen Teil davon darstellen (siehe Bild 2).

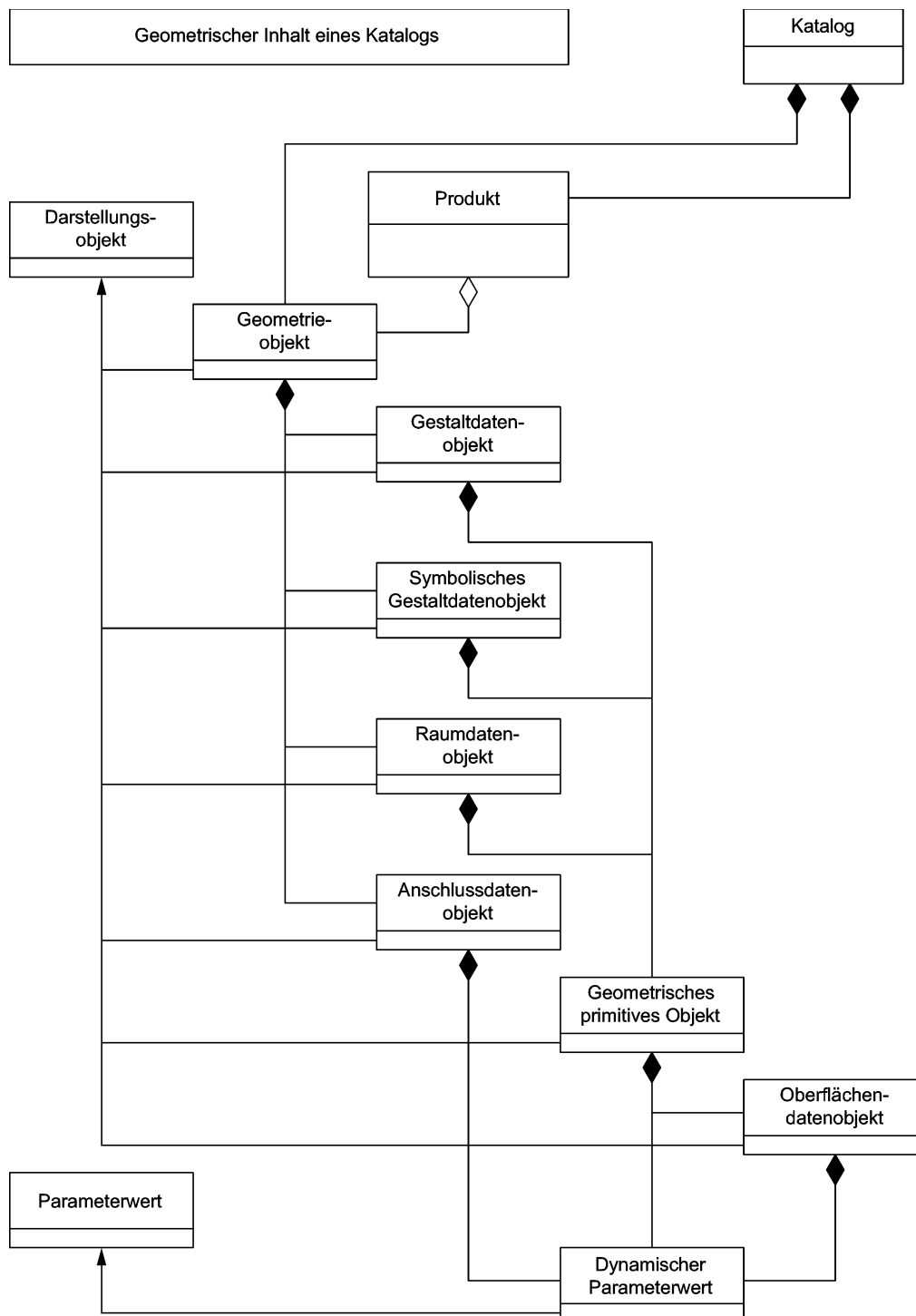


Bild 2 — Übersicht über die geometrischen Elemente eines Katalogs und die Arten der Datenobjekte

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.

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.

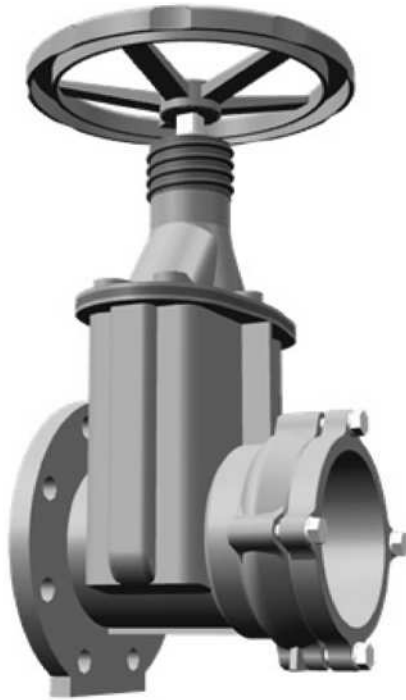


Bild 4 — Gestalt eines Ventils

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. Bei vielen Ausrüstungsteilen muss vor dem Bedienpult oder der Anzeigetafel ein Bedienungsraum freibleiben und gegebenenfalls zusätzlich Raum für Installations- und/oder Montagezwecke gelassen werden (siehe Bild 5).

Räume werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

5.3.1 Gesamttraum

Der für die vorbereitenden automatischen Beeinflussungsprüfungen von CAD-Systemen erforderliche Raum, einschließlich aller anderen Räume: dem mindestens erforderlichen Bedienungsraum, dem Zugangsraum, dem Einbau- und Transportraum und dem Installationsraum des Produktes.

5.3.2 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.

5.3.3 Zugangsraum

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

5.3.4 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.

5.3.5 Installationsraum

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

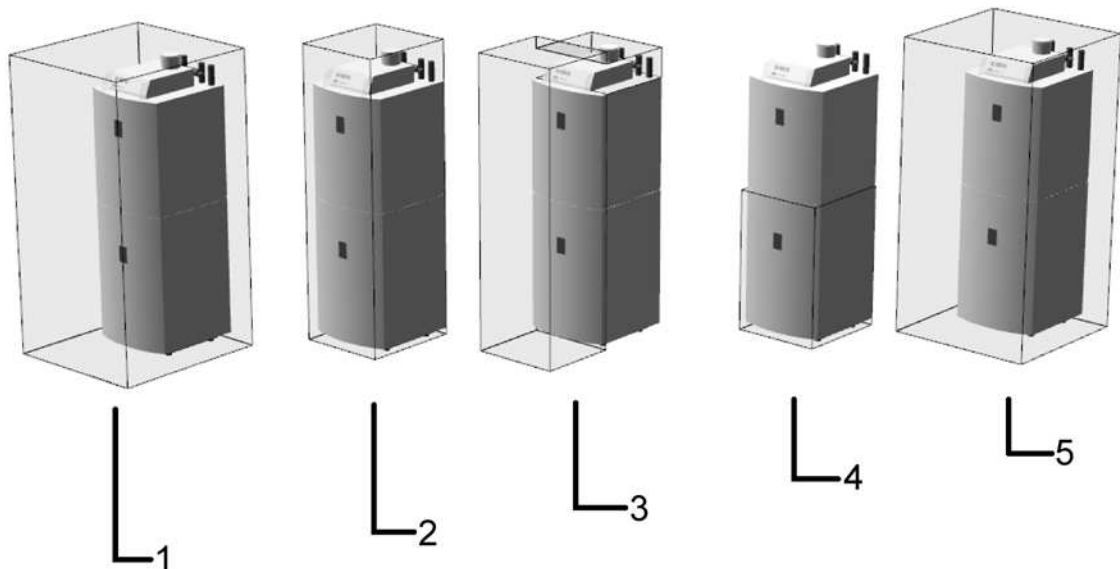


Bild 5 — Räume eines Produkts

Der Gesamttraum wird durch ein einziges CSG-Primitiv beschrieben, das eine Vereinigung der Produktgestalt und aller 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 (Mittel zur Befestigung des Produkts an Zubehörteilen, Wänden, Decken, Fußböden usw.);
- Anschlüsse für Regel- und Steuersignale.

Falls die Softwareanwendung Anschlussinformationen analysiert, kann sie das Produkt automatisch entweder in Relation zu anderen Systemkomponenten 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.

- a) Eine Kombination von 3D-Festkörper-Primitiven und der Reihenfolge für deren mit Hilfe boolescher Operationen erfolgende Kombination. Diese können zur Darstellung der Gestalt des Produkts, einer symbolischen geometrischen Darstellung und der Räume des Produkts verwendet werden.

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

- b) Eine Definition der Oberflächen des Produkts, um deren optisches Erscheinungsbild durch Zuordnung einer Materialdefinition zu beschreiben.
- c) Eine Beschreibung der Anschlüsse des Produkts zum System der technischen Gebäudeausrüstung oder zu anderen Produkten, einschließlich ihrer Positionen, Richtungen und Maße.

- d) Eine Funktion („get_geometry_values“) oder eine Reihe von Funktionen, 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 (siehe 6.5).

6.2 Detaillierungsgrad

Nicht selten enthält ein einziges Gebäude Tausende von Produkten der technischen Gebäudeausrüstung. 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. während der Auswahl eines Produktes üblicherweise sehr an dessen detaillierter Geometrie interessiert.

Detaillierungsgrade werden in verschiedenen Dokumentationen verwendet.

a) Schemazeichnung:

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

b) Räumliche Darstellung:

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

BEISPIEL

- 1) Produkthersteller von Systemen der technischen Gebäudeausrüstung sind an einer nahezu fotorealistischen geometrischen Darstellung, die ein Höchstmaß an Informationen über das Produkt vermittelt, interessiert.
- 2) Planer von Systemen der technischen Gebäudeausrüstung sind an einer geometrischen Darstellung, die das Mindestmaß an Informationen über die Art der für Installation und Betrieb erforderlichen Produkte vermittelt, interessiert.

- 3) Architekten sind interessiert an
- einer allgemeinen Darstellung von Rohren und Geräten zur Umsetzung des Raummanagements, und
 - 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.
- 4) Besitzer, Vorgesetzte und Generalunternehmer sind 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, interessiert.
- 5) Anwender der empfangenden oder interpretierenden Anwendungen sind an einer guten Leistungsfähigkeit des Softwaresystems interessiert.

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.

Der Detaillierungsgrad sollte nicht mit der Entwicklungsstufe verwechselt werden. [9]

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

„Der Detaillierungsgrad bedingt im Wesentlichen, wie viele 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. Jedes Primitiv 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 manchen Fällen müssen verschiedene Farben und Texturen den Teilbereichen des Primitivs 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. Die empfangende oder interpretierende Anwendung 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.

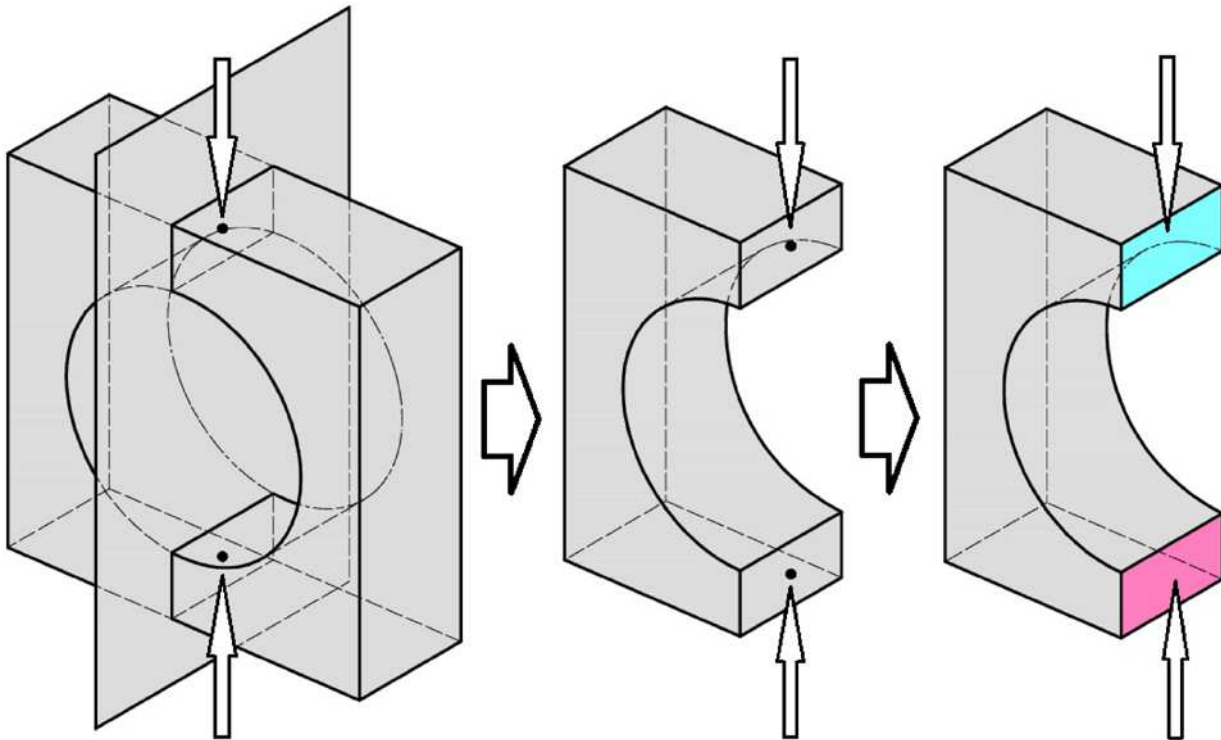


Bild 6 — Beispiel — Festlegung der zu färbenden oder zu texturierenden Bereiche durch Eingeben von 3D-Koordinatenpunkten innerhalb der vorgesehenen Oberflächen

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).

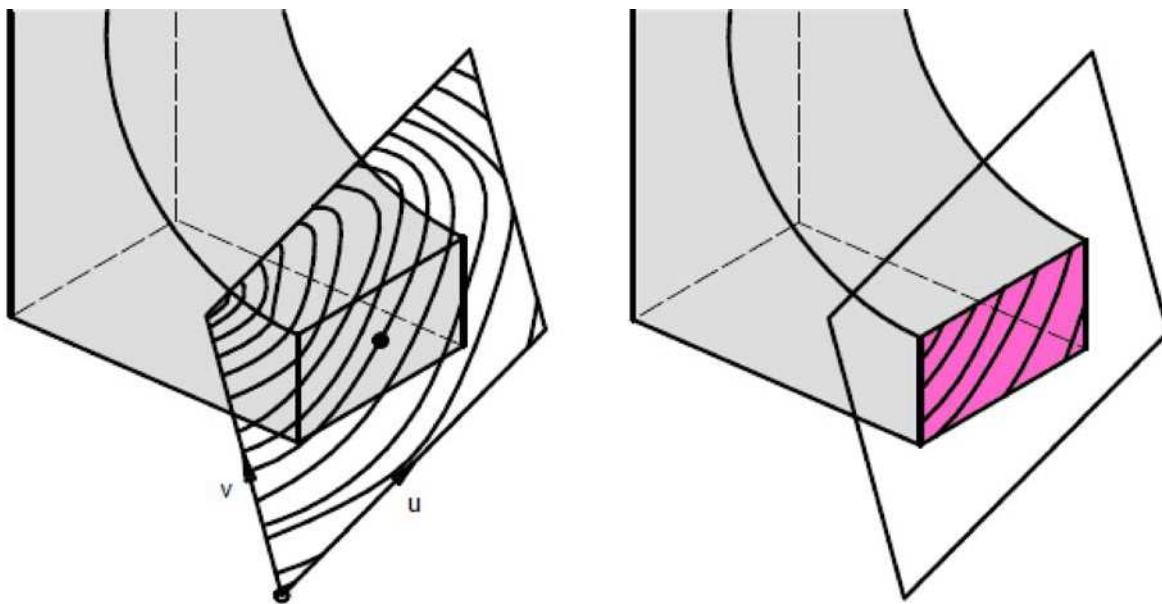


Bild 7 — Beispiel — Definition des Texturausgangspunktes, der Richtung und der Skalierung

6.4 Anschlüsse

Anschlüsse werden mit Hilfe der folgenden Attribute beschrieben:

— Anschluss-ID

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; und

— „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 $XXL = 0,86602540378$; $XYL = 0,5$; $XZL = 0$ (für eine Richtung mit einem Winkel von 30° in der x-y-Ebene)

— Ausrichtung

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

BEISPIEL $YXL = -0,5$, $YYL = 0,86602540378$, $YZL = 0$ (für eine Richtung mit einem Winkel von 120° in der x-y-Ebene)

— Form

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

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

— Vorgehensweise

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 legen 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.

Bei Anschlüssen sind die „Funktion“, „Optionen für das Medium“, „Form“ und „Maße“ alphanumerische Werte. Leider existiert derzeit keine Norm mit Bestandslisten oder anderen vordefinierten Wertegruppen für diese Arten von Attributen. Diese müssen im Moment zwischen den Austauschpartnern oder Märkten verhandelt werden. Die Normung dieser Wertegruppen liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Teils der ISO 16757-2.

6.5 Erzeugung von Parameterwerten für die Geometrie

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 wird ebenso sichergestellt, dass die Länge des zylindrischen Lochs der Länge des Blocks entspricht.

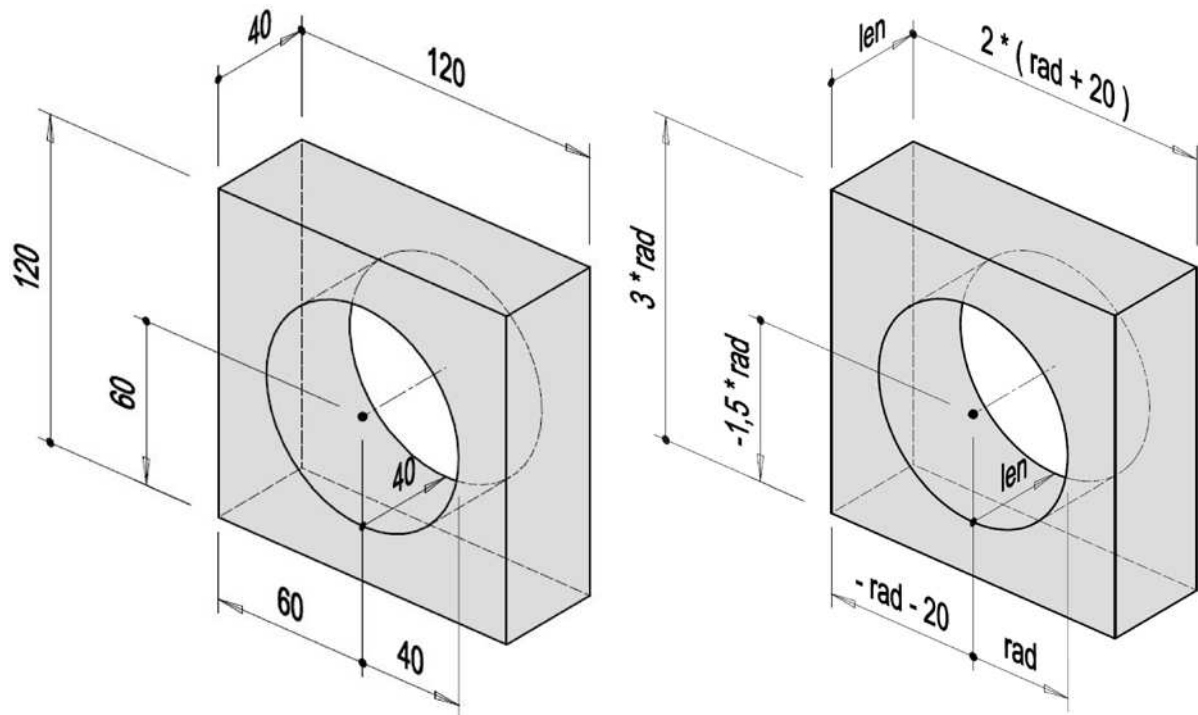


Bild 8 — Beispiel — Parametrisierung eines geometrischen Modells

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.

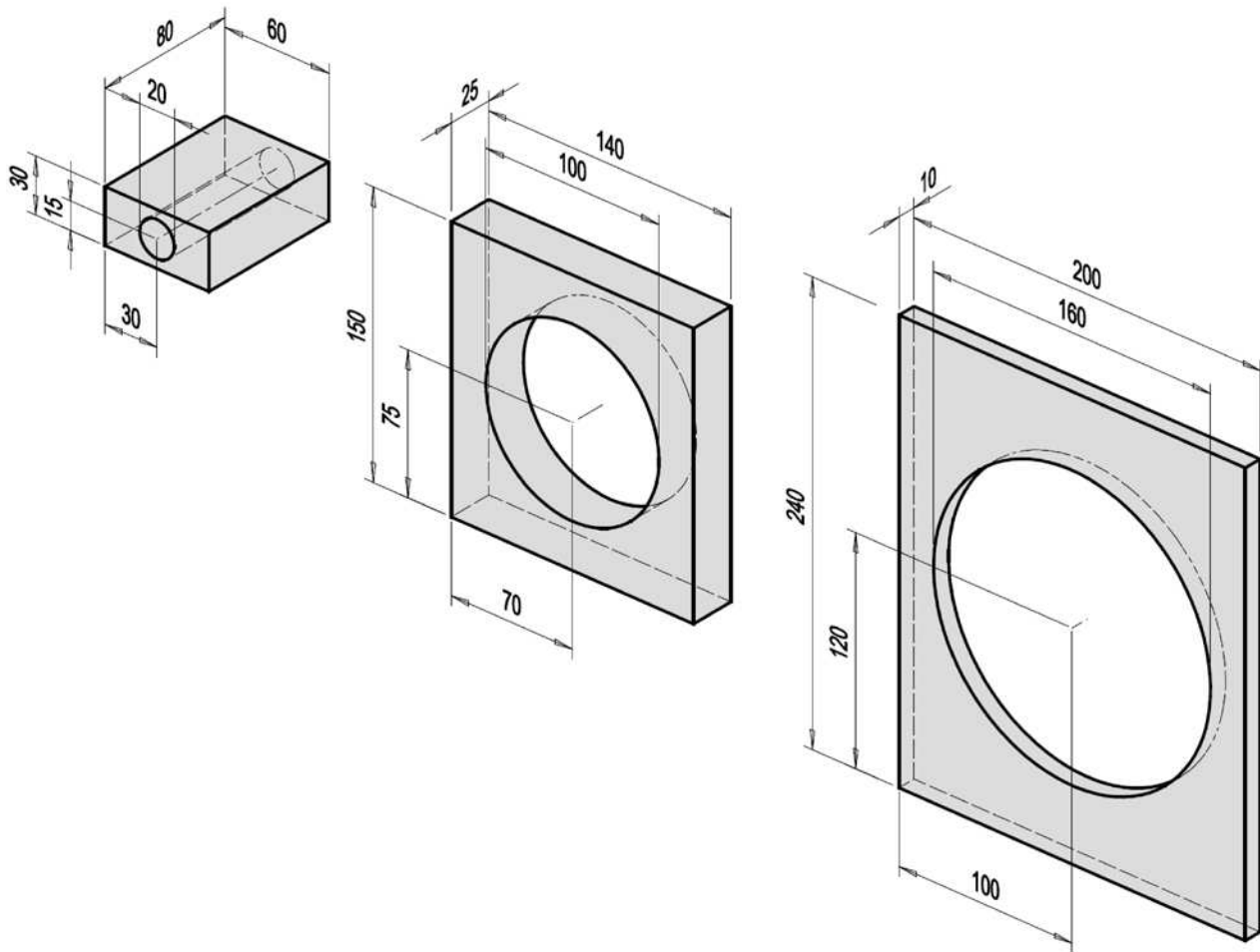


Bild 9 — Beispiel — Varianten eines geometrischen Modells

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 der ausgewählten Variante 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, die einfach nur die Parametrisierung des geometrischen Objekts für den Datenaustausch ermöglicht. Es sind einige zusätzliche Primitive erforderlich, um die speziell für die Parametrisierung geometrischer Formen und Primitive in technischen Gebäudeausrüstungen geltenden Anforderungen zu erfüllen.

Die zusätzlichen Primitive enthalten implizit durch ihre Definition die Beschreibung ihres Verhaltens bei der Parameterisierung. Beispielsweise folgt der Übergang von einem Rechteck zu einer runden Form gewissen

Regeln bei der Erzeugung der Varianten. Ganz gleich welche Maße, so handelt es sich weiterhin um einen Übergang von einem Rechteck zu einer runden Form, welche von einem Metallblech abgewickelt werden kann.

Mittels dieser impliziten Definition ist es deutlich einfacher, ein solches Primitiv mit wenigen Maßen zu parameterisieren, als alle diese Regeln neu zu definieren, beispielsweise zur Bildung einer Grenzdarstellung mit B-Spline-Oberflächen.

Geometrieelemente werden in die folgenden Kategorien eingeteilt:

— Linienelemente

Abschnittsnr.:	Primitiv-Bezeichner	STEP-Definition	IFC4-Definition
1	Linie	ISO 10303-42:2014, 4.4.24	IFC4 8.9.3.30
2	Kreis	ISO 10303-42:2014, 4.4.26	IFC4 8.9.3.17
3	Kreisbogen („trimmed curve“)	ISO 10303-42:2014, 4.4.40	IFC4 8.9.3.52
4	Spline („b_spline_curve“)	ISO 10303-42:2014, 4.4.34	IFC4 8.9.3.7

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

— CSG-Gestalt-Primitive

Gewöhnliche CSG-Primitive (CSG = konstruktive Festkörpergeometrie), wie z. B. Quader, Zylinder und 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).

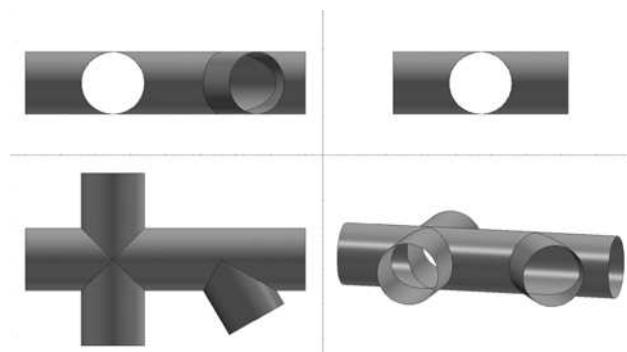


Bild 10 — Beispiel — Blechprimitive können durch boolesche Operationen miteinander verbunden werden

Alternativ kann eine Softwareanwendung Blechprimitive nach drei verschiedenen Verfahren anzeigen.

- a) Unter Außerachtlassung der Wanddicke und Darstellung der Primitive als gewöhnliche Festkörper (siehe Bild 11).
- b) 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).

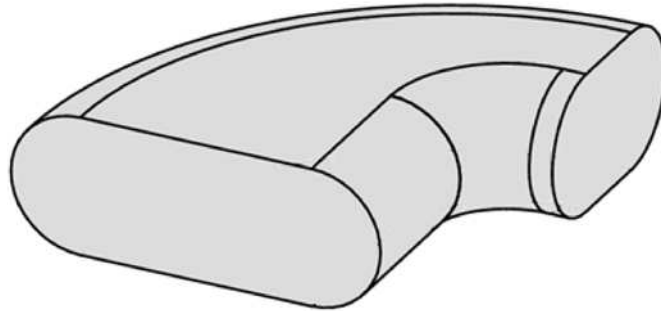


Bild 11 — Beispiel — Wanddicke von CSG-Blechprimitiven nicht angewendet

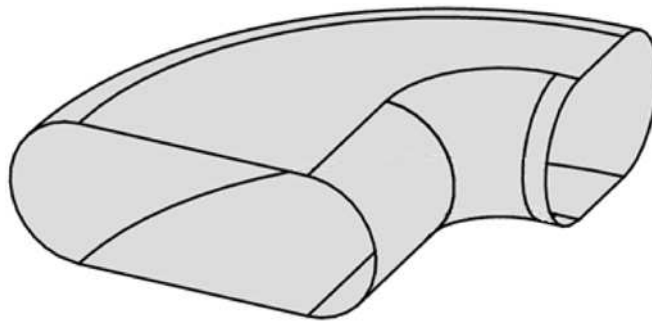


Bild 12 — Beispiel — Geringe Wanddicke von CSG-Blechprimitiven nicht angewendet, aber durch transparente Grund- und Stirnflächen dargestellt

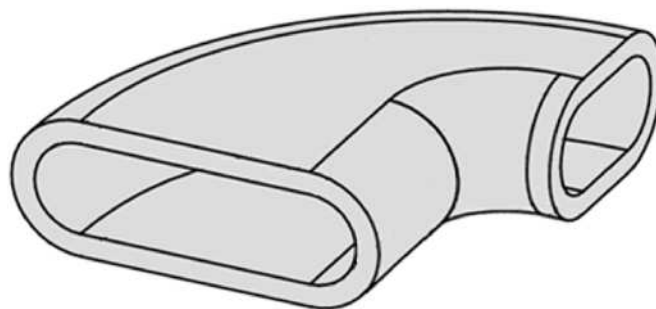


Bild 13 — Beispiel — Wanddicke von CSG-Blechprimitiven als boolescher Unterschied zu einem ähnlichen, aber kleineren Festkörper

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

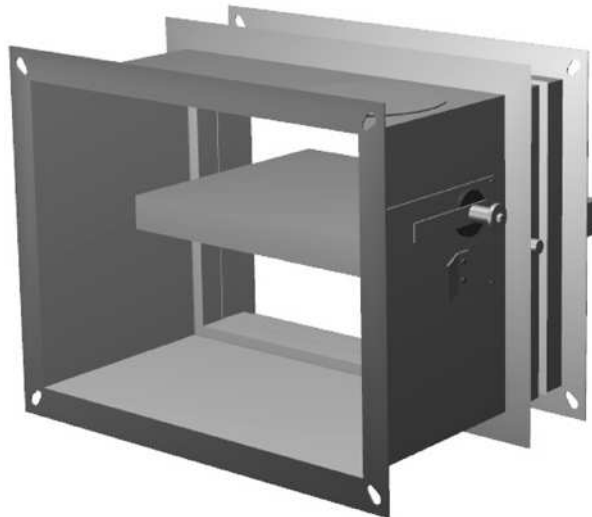


Bild 14 — Beispiel — Aus CSG-Blechprimitiven zusammengesetztes CSG-Modell einer Klimaanlage-Brandschutzklappe

7.1 CSG-Gestalt-Primitive

Das geometrische Modell verwendet die folgenden Gestalt-Primitive:

Abschnittsnr.:	Primitiv-Bezeichner	STEP-Definition	IFC4-Definition
1	„half_space_solid“	ISO 10303-42:2014, 6.4.21	IFC4 8.8.3.20
2	„block“	ISO 10303-42:2014, 6.4.8	IFC4 8.8.3.3
3	„right_angular_wedge“	ISO 10303-42:2014, 6.4.9	—
5	„sphere“	ISO 10303-42:2014, 6.4.14	IFC4 8.8.3.31
6	„right_circular_cone“	ISO 10303-42:2014, 6.4.15	IFC4 8.8.3.26
7	„right_circular_cylinder“	ISO 10303-42:2014, 6.4.16	IFC4 8.8.3.27
8	„excentric_cone“	ISO 10303-42:2014, 6.4.17	—
10	„extruded_face_solid“	ISO 10303-42:2014, 6.4.33	IFC4 8.8.3.12
11	„revolved_face_solid“	ISO 10303-42:2014, 6.4.34	IFC4 8.8.3.24
12	„faceted_b_rep“	ISO 10303-42:2014, 6.4.4	IFC4 8.8.3.15

Die folgenden Formprimitive werden zusätzlich definiert:

Abschnittsnr.:	Primitiv-Bezeichner	Definition	Bild
1	„uniform_polyhedral_prism“	A.1	Bild A.1
2	„toroidal_bend_transition“	A.2	Bild A.2

7.2 CSG-Blechprimitive

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

Abschnittsnr.:	Primitiv-Bezeichner	Definition	Bild
1	„rectangular_duct“	A.3	Bild A.3
2	„rectangular_duct_transition“	A.4	Bild A.4
3	„rectangular_duct_bend“	A.5	Bild A.5
5	„rectangular_duct_tee“	A.6	Bild A.6
6	„rectangular_duct_wye“	A.7	Bild A.7
7	„rectangle_oval_transition“	A.8	Bild A.8
8	„rectangle_round_transition“	A.9	Bild A.9
10	„trapezoidal_duct“	A.10	Bild A.10
11	„trapezoidal_duct_transition“	A.11	Bild A.11
12	„oval_duct“	A.12	Bild A.12
13	„oval_duct_transition“	A.13	Bild A.13
14	„oval_duct_bend“	A.14	Bild A.14
15	„oval_round_transition“	A.15	Bild A.15
16	„round_pipe“	A.16	Bild A.16
17	„round_pipe_transition“	A.17	Bild A.17
18	„round_pipe_radius_transition“	A.18	Bild A.18
19	„round_pipe_bend“	A.19	Bild A.19
20	„round_pipe_wye“	A.20	Bild A.20
21	„extruded_face_solid“	A.21	Bild A.21
22	„revolved_face_solid“	A.22	Bild A.22

7.3 Erweiterte CSG-Primitive

Die folgenden erweiterten Primitive und zugehörigen Bezeichner werden definiert:

Abschnittsnr.:	Primitiv-Bezeichner	STEP-Definition	IFC4-Definition
1	Text	ISO 10303-41	IFC4 8.11.2.88
2	Wiederholung	ISO 10303-11:2004, 13.9	—
3	Referenz	ISO 10303-11:2004, 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 den Aufbau von Volumen-Festkörpern mit diesen Primitiven ist es möglich, verschiedene Produktvarianten im Katalog mit einem einzigen parametrisierten geometrischen Modell abzubilden.

Das Ergebnis der Auswahl in einem Produktkatalog ist eine definierte, erzeugte Produktvariante, wobei alle Primitive über statische Maße verfügen. Wenn die statische Variante erzeugt wird, können alle Primitive, die in dieser Norm zusätzlich zu STEP und IFC definiert wurden, auf STEP- oder IFC-Primitiven oder Begrenzungsflächen-Darstellungen abgebildet werden.

ISO 10303-42 (STEP)-Festkörper

ISO 10303-42 (STEP) bietet lediglich 11 Volumen-Festkörperprimitive:

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

Durch Beschränkung des geometrischen Modellierers auf diese 10 Primitive können viele Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung nur mit B-Spline-Volumina oder facettierten Begrenzungsdarstellungen modelliert werden.

Tabelle 1 zeigt die Abbildung von Volumen-Festkörperprimitiven 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
Regelmäßiges 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
Rechteckiges Führungskanal-Hosenstück	--- 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
Rundrohr-Radius-Übergang	Revolved_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Rundrohr-Bogen-Übergang	--- B-spline volume
Rundrohr-Hosenstück	--- B-spline volume
Translationskanal	Extruded_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def

ISO 16757	ISO 10303-42 (STEP)
Rotationskanal	Revolved_Area_Solid mit Parametrized_Profile_Def
Allgemein begrenzter Führungskanal	--- B-spline volume

ISO 16739(IFC)-Festkörper

ISO 16739 (STEP) bietet 13 Volumen-Festkörperprimitive:

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

Durch Beschränkung des geometrischen Modellierers auf diese 13 Primitive können viele Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung nur mit B-Spline-Volumina oder facettierten Begrenzungsdarstellungen modelliert werden.

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

**Tabelle 2 — Abbildung von Volumen-Festkörperprimitiven nach ISO 16757 auf
Volumen-Festkörperprimitive nach ISO 16739 (IFC4)**

ISO 16757	ISO 16739 (IFC)
Schnittplan	IfcHalfSpaceSolid
Quader	IfcBlock
Rechtwinkliges dreiseitiges Prisma	IfcExtrudedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Regelmäßiges vielfächiges Prisma	--- <i>Polyeder ist kein definiertes Profil in IfcParametrizedProfileDef für IfcExtrudedAreaSolid</i>
Zylinder	IfcRightCircularCylinder

ISO 16757	ISO 16739 (IFC)
Kegelstumpf	IfcRightCircularCone mit IfcHalfSpaceSolid
Kugel	IfcSphere
Torusbogen	IfcRevolvedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Torusbogenübergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Translationskörper	IfcExtrudedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Rotationskörper	IfcExtrudedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Allgemein begrenzter Festkörper	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckiger Führungskanal	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckiger Führungskanalübergang	IfcBlock
Rechteckiger Führungskanalbogen	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckiges Führungskanal-T-Stück	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckiges Führungskanal-Hosenstück	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckig/oval-Übergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rechteckig/rund-Übergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Trapezförmiger Führungskanal	IfcRevolvedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Trapezförmiger Führungskanalübergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Ovaler Führungskanal	IfcExtrudedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Ovaler Führungskanalübergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Ovaler Führungskanalbogen	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Oval/rund-Übergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rundrohr	IfcSweptDiskSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Rundrohrübergang	IfcRightCircularCone mit IfcHalfSpaceSolid
Rundrohr-Radius-Übergang	IfcRevolvedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Rundrohr-Bogen-Übergang	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Rundrohr-Hosenstück	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung
Translationskanal	IfcExtrudedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Rotationskanal	IfcRevolvedAreaSolid mit IfcParametrizedProfileDef
Allgemein begrenzter Führungskanal	--- facettierte Begrenzungsflächen-Darstellung

Anhang A (normativ)

Zusätzliche Geometrieelemente

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt die parametrierbaren Geometrieelemente, die zur Darstellung von Produkten in technischen Gebäudeausrüstungen erforderlich sind, aber weder von ISO 10303-42 (STEP-Geometrie) noch ISO 16739 (IFC) genormt werden.

Die Definitionen dieser Erweiterung sind als EXPRESS-Spezifikation in der Form von ISO 10303-42 und in der Form von ISO 16739 als EXPRESS- (ISO 10303-11) und XSD-Spezifikation (ISO 10303-28) aufgelistet.

A.2 Regelmäßiges vielflächiges Prisma

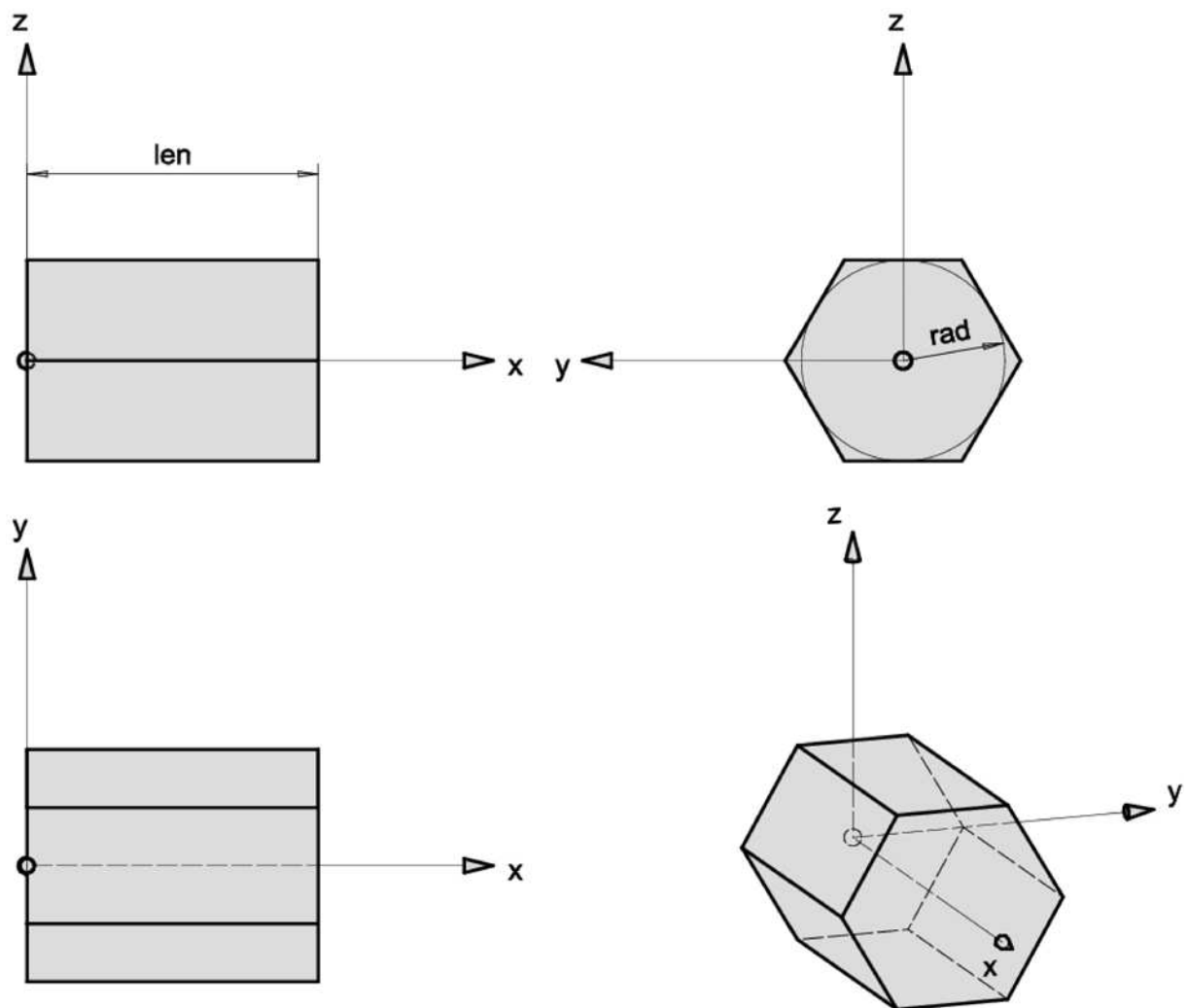


Bild A.1 — Regelmäßiges vielflächiges Prisma

Primitiv-Bezeichner: „uniform polyhedral prism“

Ein regelmäßiges vielfächiges Prisma ist ein reguläres prismatisches CSG-Primitiv mit gleichwinkliger vieleckiger Grundfläche. Alle Seitenflächen sind Rechtecke gleicher Länge und Breite.

EXPRESS Specification:

```
*)
ENTITY uniform_polyhedral_prism
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
    position: axis2_placement_3d;
    len:      positive_length_measure;
    rad:      positive_length_measure;
    num:      integer;
  WHERE
    WR1:      len > 0;
    WR2:      rad > 0;
    WR3:      num >= 3;
END_ENTITY;
(*
```

Attributdefinitionen:

position: Ort und Orientierung des Positionierungssachsensystems für das regelmäßige vielfächige Prisma.

Die Grundfläche des **uniform_polyhedral_prism** hat ihren Mittelpunkt an **position.location**, und die Unterseite (Kleinstwert Z) des Polyeders liegt parallel zur Positionierungs-x-y-Ebene.

len: die Länge der Grundfläche, gemessen entlang der Positionierungs-x-Achse (position.p[1]).

rad: der Radius des zu allen Eckpunkten der Grundfläche tangentialen Kreises (identisch mit dem Radius des zu allen Eckpunkten der Stirnfläche tangentialen Kreises).

num: die Anzahl der Ränder und entsprechenden Eckpunkte der Grundfläche (identisch mit der Anzahl der Ränder und entsprechenden Eckpunkte der Stirnfläche).

Formelle Prämissen:

WR1: Die Länge **len** muss größer als 0 sein.

WR2: Der Radius **rad** muss größer als 0 sein.

WR3: Die Anzahl der Kanten **num** muss größer als 2 sein.

Spezifikationen in IFC:

Das regelmäßige vielfächige Prisma wird durch das bestehenden IFC-Primitiv definiert:
IfcExtrudedAreaSolid

Die Grundfläche ist als parametrierbares 2D-Profil definiert.

XSD-Spezifikation des 2D-Profiles:

```
<xs:element name="IfcUniformPolyhedralProfileDef"
type="ifc:IfcRectangleProfileDef"
substitutionGroup="ifc:IfcParametrizedProfileDef" nillable="true"/>
  <xs:complexType name="IfcUniformPolyhedralProfileDef">
    <xs:complexContent>
      <xs:extension base="ifc:IfcParametrizedProfileDef">
        <xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure"
use="optional"/>
        <xs:attribute name="num" type="ifc:IfcInteger" use="optional"/>
      </xs:extension>
    </xs:complexContent>
  </xs:complexType>
```

EXPRESS-Spezifikation des 2D-Profiles (IFC):

```
ENTITY IfcUniformPolyhedralProfileDef

SUBTYPE OF IfcParametrizedProfileDef;
  <xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure"
use="optional"/>
  <xs:attribute name="num" type="ifc:IfcInteger" use="optional"/>
END_ENTITY;
```

A.3 Torusbogenübergang

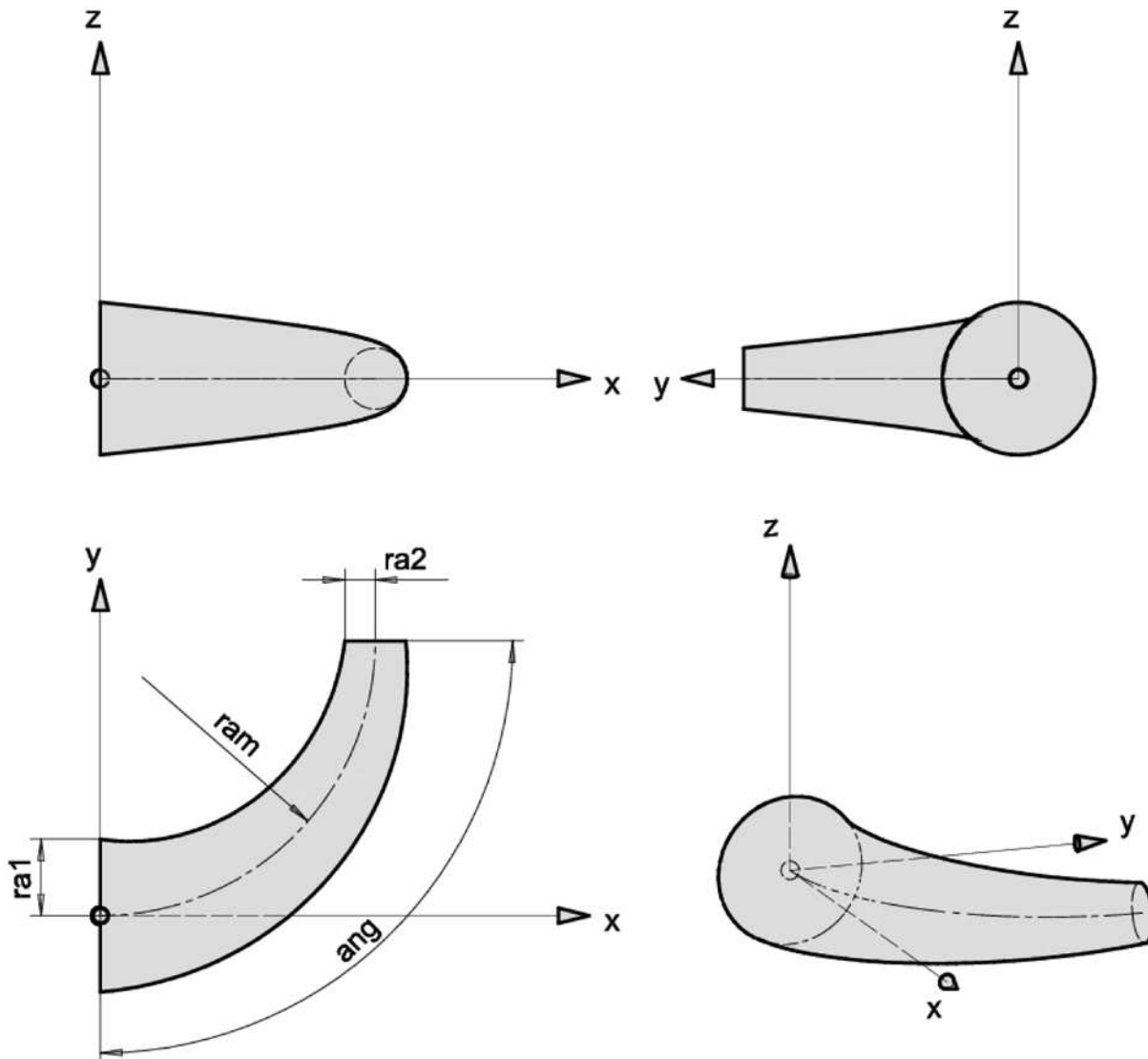


Bild A.2 — Torusbogenübergang

Primitiv-Bezeichner: „toroidal bend transition“

Ein Torusbogenübergang ist ein CSG-Primitiv mit kreisförmiger Grund- und Stirnfläche. Die Leitlinie (Direktrix) ist ein Kreissegment, das mit dem Mittelpunkt auf der positiven y-Achse in der x-y-Ebene liegt.

Der Schnitt einer Ebene senkrecht zur Leitebene und zum Leitlinienmittelpunkt ist immer ein Kreis. Die Radien all dieser Kreise sind die eines Kegels auf der abgewickelten Länge der Leitlinie.

EXPRESS Specification:

*)

```
ENTITY toroidal_bend_transition
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
  position: axis2_placement_3d;
  ram:      positive_length_measure;
  ra1:      positive_length_measure;
  ra2:      positive_length_measure;
```

```
ang:      positive_plane_angle_measure;
WHERE
  WR1:    ram >= MAX(ra1,ra2);
  WR2:    ra1 >= 0;
  WR3:    ra2 >= 0;
  WR4:    - ra2 = 0 ==> ra1 > 0;
          NOT (ra2 = 0) OR (ra1 > 0);
  WR5:    - ra1 = 0 ==> ra2 > 0;
          NOT (ra1 = 0) OR (ra2 > 0);
  WR6:    ang > 0;
  WR7:    ang <= 360°;
END_ENTITY;
(*
```

Attributdefinitionen:

position: Ort und Orientierung des Positionierungssachsensystems für den Torusbogenübergang.

position legt ein Positionierungskordinatensystem für den **toroidal_bend_transition** (Torusbogenübergang) fest. Der Mittelpunkt der runden Grundfläche des **toroidal_bend_transition** befindet sich an **position.location**, und der Leitlinienmittelpunkt befindet sich auf der y-Achse des Positionierungskordinatensystems.

ram: der Radius (Hauptradius) der Leitlinie.

ra1: der Grundflächenradius, der parallel zur y-z-Ebene des Positionierungskordinatensystems ist.

ra2: der Radius an der Stirnfläche.

ang: der Drehwinkel zwischen den Ebenen der beiden runden Flächen des Festkörpers, gemessen in dem den Festkörper enthaltenden Sektor.

Formelle Prämissen:

WR1: Der Radius **ram** muss größer oder gleich dem Höchstwert von **ra1** und **ra2** sein.

WR2: Der Radius **ra1** muss größer oder gleich 0 sein.

WR3: Der Radius **ra2** muss größer oder gleich 0 sein.

WR4: Ist **ra2** gleich 0, so muss der Radius **ra1** größer als 0 sein.

WR5: Ist **ra1** gleich 0, so muss der Radius **ra2** größer als 0 sein.

WR6: Der Winkel **ang** muss größer als 0 sein.

WR7: Der Winkel **ang** muss kleiner oder gleich 360° sein.

Informelle Prämissen:

- IP1:** Der Torusbogenübergang (toroidal_bend_transition) kann ein Torusbogen werden, wenn Anfangs- und Endradius gleich sind.
- IP2:** Ein Torusbogen mit einem Drehwinkel von 360° ist ein geschlossener Torus (Ring).

Spezifikationen in IFC:

Torusbogenübergänge werden mittels bestehender IFC-Definitionen definiert.

Der Torusbogenübergang ist definiert als: **IfcRevolvedAreaSolid**

Die Grundfläche ist das parametrierbare 2D-Profil: **IfcCircleProfileDef**

Die Grundfläche wird transformiert durch: **IfcDerivedProfileDef**

IfcCartesianTransformationOperator2D^a

^a <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometryresource/lexical/ifccartesiantransformationoperator2d.htm>

A.4 Rechteckiger Führungskanal

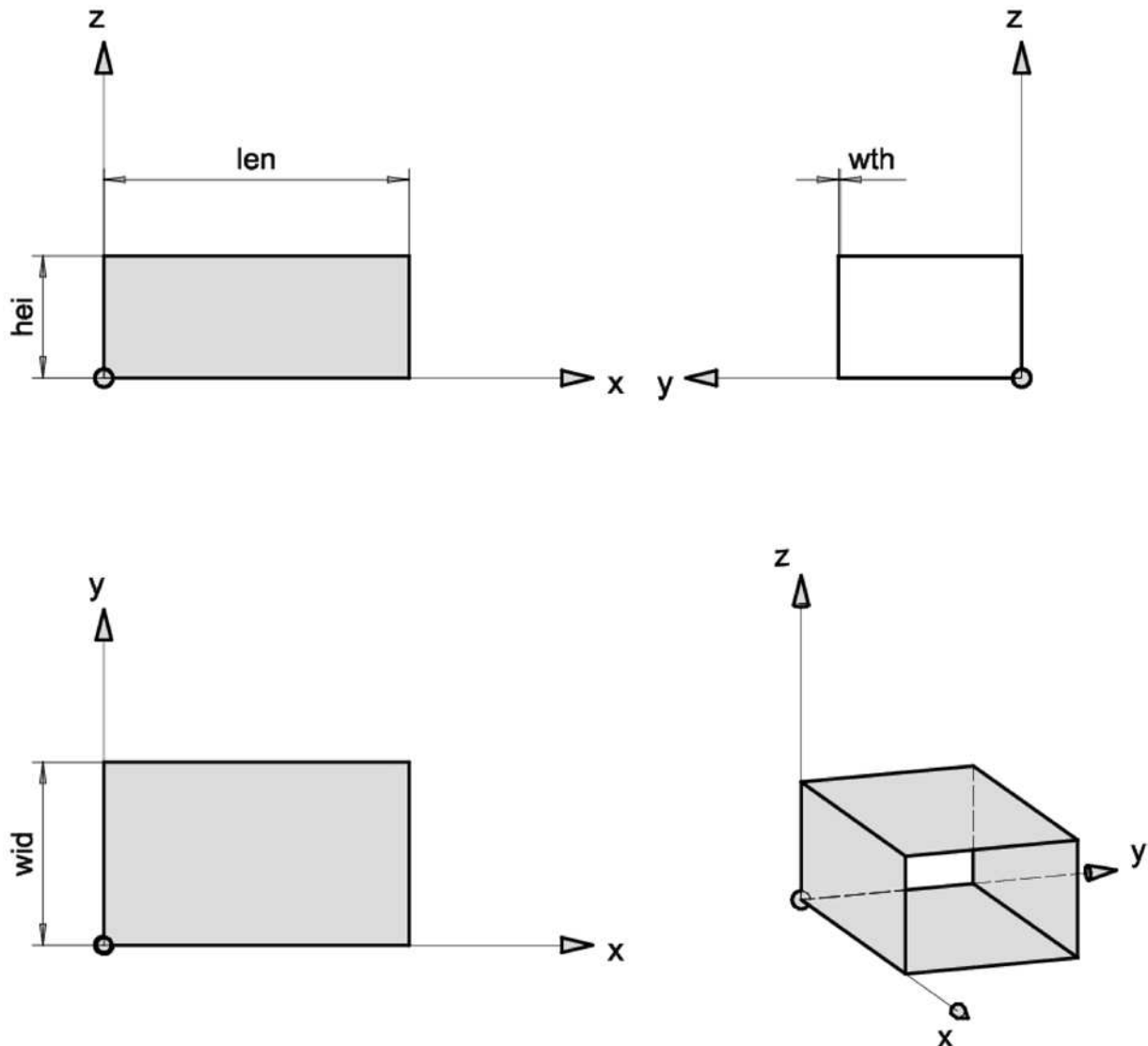


Bild A.3 — Rechteckiger Führungskanal

Primitiv-Bezeichner: „rectangular duct“

Ein rechteckiger Führungskanal ist ein reguläres prismatisches CSG-Primitiv mit rechteckiger Grundfläche. Bei booleschen Operationen verhält er sich wie ein Quader. Die Grund- und Stirnfläche (Unter- und Oberseite) werden für offen erklärt, sodass sie als unsichtbar angezeigt werden können, um einen Führungskanal aus Blech darzustellen.

EXPRESS Specification:

*)

```
ENTITY rectangular_duct
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
  position: axis2_placement_3d;
  wth:      positive_length_measure;
  len:      positive_length_measure;
  wid:      positive_length_measure;
  hei:      positive_length_measure;
```

```
WHERE
  WR1:    wth > 0
  WR2:    len > 0
  WR3:    wid > 2*wth
  WR4:    hei > 2*wth
END_ENTITY;
(*
```

Attributdefinitionen:

position: Ort und Orientierung des Positionierungssachsensystems für den rechteckigen Führungskanal.

Ein Eckpunkt des rechteckigen Führungskanals (**rectangular_duct**) befindet sich an **position.location**, und seine Kanten sind an den Positionierungsachsen in positiver Richtung ausgerichtet.

wth: die Wanddicke des für den Führungskanal verwendeten Feinblechs (`position.p[1]`).

len: die Länge des rechteckigen Führungskanals auf der Positionierungs-x-Achse (`position.p[1]`).

wid: der Breite des rechteckigen Führungskanals auf der Positionierungs-y-Achse (`position.p[2]`).

hei: die Höhe des rechteckigen Führungskanals auf der Positionierungs-z-Achse (`position.p[3]`).

Formelle Prämissen:

WR1: Die Wanddicke **wth** muss größer als 0 sein.

WR2: Die Länge **len** muss größer als 0 sein.

WR3: Die Breite **wid** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.

WR4: Die Höhe **hei** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.

Spezifikationen in IFC:

Rechteckige Führungskanäle werden mittels bestehender IFC-Definitionen definiert.

Ein Rundrohr ist definiert als:

IfcExtrudedAreaSolid

Die Grundfläche ist das parametrierbare 2D-Profil:

IfcRectangleHollowProfileDef

A.5 Rechteckiger Führungskanalübergang

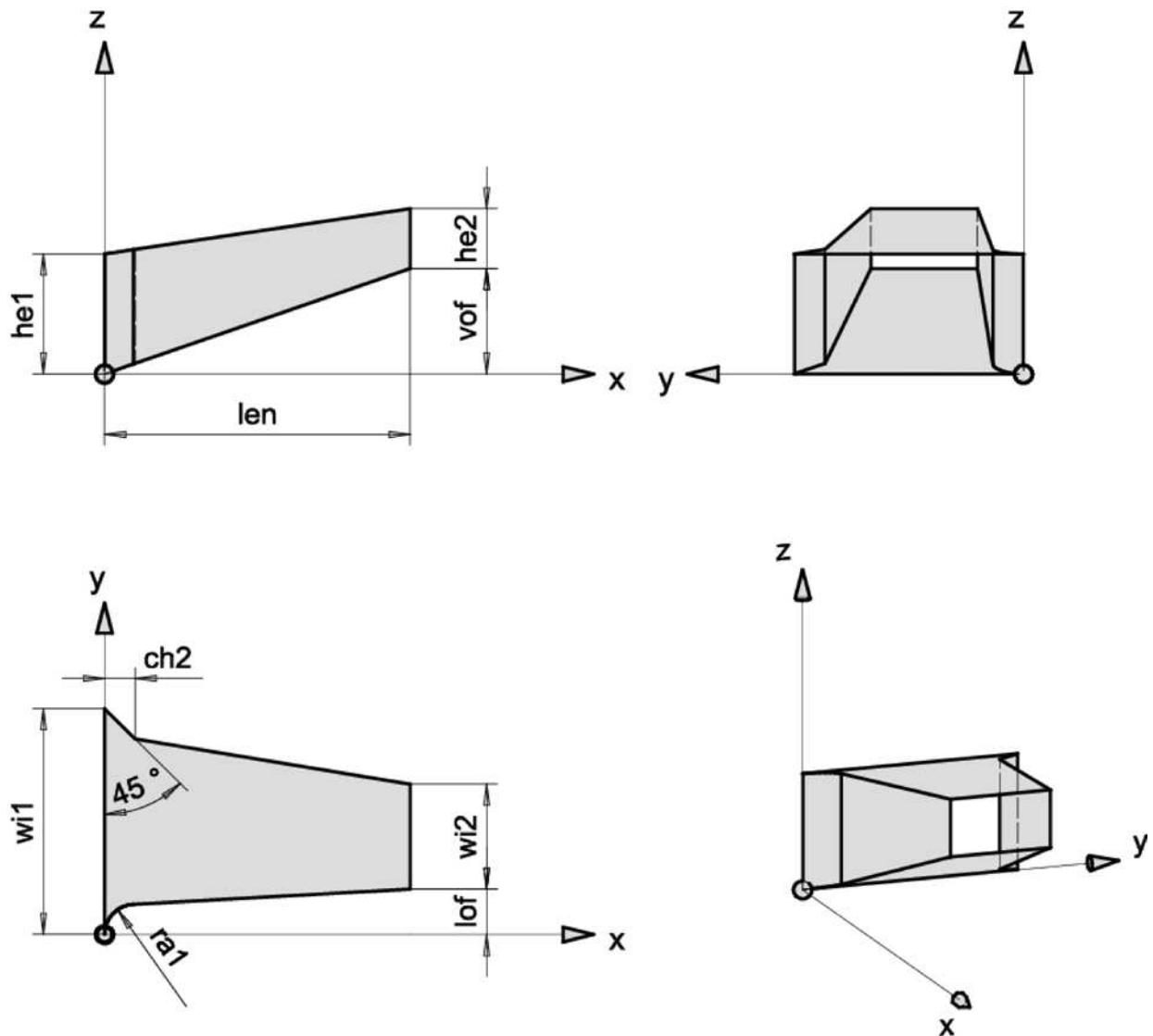


Bild A.4 — Rechteckiger Führungskanal

Primitiv-Bezeichner: „rectangular duct transition“

Ein rechteckiger Führungskanalübergang ist ein reguläres CSG-Primitiv mit rechteckiger Grund- und Stirnfläche. Bei booleschen Operationen verhält es sich wie das entsprechende Festkörper-Primitiv. Grund- und Stirnfläche können als unsichtbar angezeigt werden, um einen Führungskanalübergang aus Feinblech auszuführen.

EXPRESS Specification:

*)

```
ENTITY rectangular_duct_transition
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
  position: axis2_placement_3d;
  wth:      positive_length_measure;
  len:      positive_length_measure;
  wi1:      positive_length_measure;
  wi2:      positive_length_measure;
```

```

    he1:      positive_length_measure;
    he2:      positive_length_measure;
    lof:      length_measure;
    vof:      length_measure;
    ra1: positive_length_measure;
    ra2: positive_length_measure;
    ch1: positive_length_measure;
    ch2: positive_length_measure;
WHERE
    WR1:  wth >= 0
    WR2:  len > 0
    WR3:  wi1 > 2*wth
    WR4:  wi2 > 2*wth
    WR5:  he1 > 2*wth
    WR6:  he2 > 2*wth
    WR7:  ra1 >= 0
    WR8:  ra2 >= 0
    WR9:  ch1 >= 0
    WR10: ch2 >= 0
    WR11: - ch1 > 0 ==> ra1 = 0
           NOT (ch1 > 0) OR (ra1 = 0);
    WR12: - ch2 > 0 ==> ra2 = 0
           NOT (ch2 > 0) OR (ra2 = 0);
    WR13: - ra1 > 0 ==> ch1 = 0
           NOT (ra1 > 0) OR (ch1 = 0);
    WR14: - ra2 > 0 ==> ch2 = 0
           NOT (ra2 > 0) OR (ch2 = 0);
END_ENTITY;
(*
```

Attributdefinitionen:

position: Ort und Orientierung des Positionierungssachsensystems für den rechteckigen Führungskanalübergang.

Ein Scheitelpunkt des rechteckigen Führungskanalübergangs (**rectangular_duct_transition**) befindet sich an **position.location**, und seine Kanten sind an den Positionierungsachsen in positiver Richtung ausgerichtet.

wth: die Wanddicke des für den Führungskanalübergang verwendeten Feinblechs (position.p[1]).

len: die Länge des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-x-Achse (position.p[1]).

wi1: die Breite der Grundfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-y-Achse (position.p[2]).

wi2: die Breite der Stirnfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-y-Achse (position.p[2]).

he1: die Höhe der Grundfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-z-Achse (position.p[3]).

- he2:** die Höhe der Stirnfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-z-Achse (position.p[3]).
- lof:** der laterale Versatz der Stirnfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-y-Achse (position.p[2]).
- vof:** der vertikale Versatz der Stirnfläche des rechteckigen Führungskanalübergangs auf der Positionierungs-z-Achse (position.p[3]).
- ra1:** der Rundungsradius an der unteren y-Seite der Grundfläche.
- ra2:** der Rundungsradius an der oberen y-Seite der Grundfläche.
- ch1:** die 45°-Abschrägungstiefe an der unteren y-Seite der Grundfläche.
- ch2:** die 45°-Abschrägungstiefe an der oberen y-Seite der Grundfläche.

Formelle Prämissen:

- WR1:** Die Wanddicke **wth** muss größer als 0 sein.
- WR2:** Die Länge **len** muss größer als 0 sein.
- WR3:** Die Breite **wi1** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.
- WR4:** Die Breite **wi2** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.
- WR5:** Die Höhe **he1** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.
- WR6:** Die Höhe **he2** muss größer als $2 \times \mathbf{wth}$ sein.
- WR7:** Der Radius **ra1** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR8:** Der Radius **ra2** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR9:** Die Abschrägungstiefe **ch1** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR10:** Die Abschrägungstiefe **ch2** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR11:** Ist die Abschrägungstiefe **ch1** größer als 0, so muss der Radius **ra1** 0 sein.
- WR12:** Ist die Abschrägungstiefe **ch2** größer als 0, so muss der Radius **ra2** 0 sein.
- WR13:** Ist der Radius **ra1** größer als 0, so muss die Abschrägungstiefe **ch1** 0 sein.
- WR14:** Ist der Radius **ra2** größer als 0, so muss die Abschrägungstiefe **ch2** 0 sein.

Informelle Prämissen:

- IP1:** Der vertikale Versatz und der laterale Versatz können als auf die Positionierungs-y- oder z-Achse bezogene positive oder negative Werte eingetragen werden.
- IP2:** Die Einlassradien oder Abschrägungen können für eine oder beide Seiten angegeben werden. Die Werte von Einlassabschrägungen bestimmen die Tiefe von 45°-Abschrägungen. Für Radien und Abschrägungen auf derselben Seite dürfen keine übereinstimmenden Werte angegeben werden, weil es nur entweder einen Radius oder eine Abschrägung geben kann.

Spezifikationen in IFC:

Führungskanalübergänge ohne Radien und Abschrägungen werden mittels bestehender IFC-Definitionen definiert.

Der rechteckige Führungskanalübergang ist definiert als:

IfcExtrudedAreaSolid

Die Grundfläche ist das parametrierbare 2D-Profil:

IfcRectangleHollowProfileDef

Enthalten ist die Transformation der Ausgangsfläche mit:

IfcDerivedProfileDef

IfcCartesianTransformationOperator2D

Führungskanalübergänge mit Radien und Abschrägungen werden mittels der folgenden IFC-Definitionen definiert.

XSD-Spezifikation (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangularDuctTransition" type="ifc:IfcRectangularDuctTransition"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="he1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="he2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="lof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="vof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

EXPRESS Specification (IFC):

```
ENTITY IfcRectangularDuctTransition1)
  SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D2);
    wth: IfcPositiveLengthMeasure;
    len: IfcPositiveLengthMeasure;
```

1) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

2) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifccsgprimitive3d.htm>

```

wi1: IfcPositiveLengthMeasure;
wi2: IfcPositiveLengthMeasure;
he1: IfcPositiveLengthMeasure;
he2: IfcPositiveLengthMeasure;
lof: IfcLengthMeasure;
vof: IfcLengthMeasure;
ra1: IfcPositiveLengthMeasure;
ra2: IfcPositiveLengthMeasure;
ch1: IfcPositiveLengthMeasure;
ch2: IfcPositiveLengthMeasure;
END_ENTITY;

```

A.6 Rechteckiger Führungskanalbogen

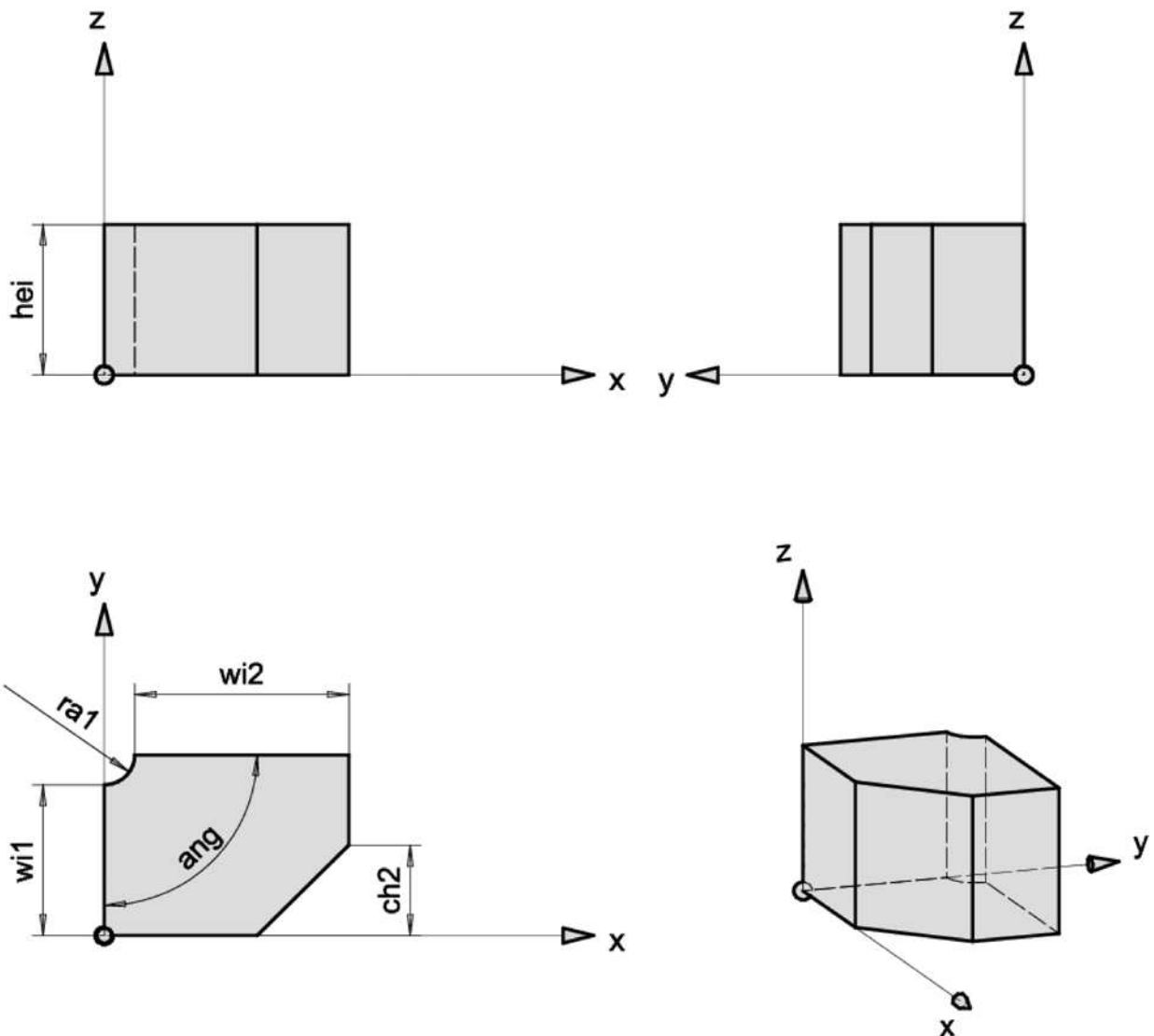


Bild A.5 — Rechteckiger Führungskanalbogen

Primitiv-Bezeichner: „rectangular duct bend“

Ein rechteckiger Führungskanalbogen ist ein reguläres CSG-Primitiv mit rechteckiger Grund- und Stirnfläche. Bei booleschen Operationen verhält es sich wie das entsprechende Festkörper-Primitiv. Grund- und

Stirnfläche können als unsichtbar angezeigt werden, um einen Führungskanalbogen aus Feinblech auszuführen.

EXPRESS Specification:

```
*)
ENTITY rectangular_duct_bend
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
    position: axis2_placement_3d;
    wth:      positive_length_measure;
    ang:      positive_plane_angle_measure;
    wi1:      positive_length_measure;
    wi2:      positive_length_measure;
    hei:      positive_length_measure;
    ra1:      positive_length_measure;
    ra2:      positive_length_measure;
    ch1:      positive_length_measure;
    ch2:      positive_length_measure;
  WHERE
    WR1:      wth >= 0
    WR2:      ang > 0
    WR3:      ang < 360
    WR4:      wi1 > 2*wth
    WR5:      wi2 > 2*wth
    WR6:      hei > 2*wth
    WR7:      ra1 >= 0
    WR8:      ra2 >= 0
    WR9:      ch1 >= 0
    WR10:     ch2 >= 0
    WR11:     - ch1 = 0 ==> ra1 > 0
               NOT (ch1 = 0) OR ra1 > 0;
    WR12:     - ch2 = 0 ==> ra2 > 0
               NOT (ch2 = 0) OR ra2 > 0;
    WR13:     - ra1 = 0 ==> ch1 > 0
               NOT (ra1 = 0) OR ch1 > 0;
    WR14:     - ra2 = 0 ==> ch2 > 0
               NOT (ra2 = 0) OR ch2 > 0;
END_ENTITY;
(*
```

Attributdefinitionen:

position: Ort und Orientierung des Positionierungssachsensystems für den rechteckigen Führungskanalbogen.

Ein Scheitelpunkt des rechteckigen Führungskanalbogens (**rectangular_duct_transition**) befindet sich an **position.location**, und seine Kanten sind an den Positionierungsachsen in positiver Richtung ausgerichtet.

wth: die Wanddicke des für den Führungskanalbogen verwendeten Feinblechs (position.p[1]).

len: die Länge des rechteckigen Führungskanalbogens auf der Positionierungs-x-Achse (position.p[1]).

- ang:** die Größe des rechteckigen Führungskanalbogens auf der Positionierungs-x-Achse (position.p[1]).
- wi1:** die Größe der Grundfläche des rechteckigen Führungskanalbogens auf der Positionierungs-y-Achse (position.p[2]).
- wi2:** die Größe der Stirnfläche des rechteckigen Führungskanalbogens in der x-y-Achse in der Richtung von TA.
- hei:** die Größe der Grundfläche des rechteckigen Führungskanalbogens auf der Positionierungs-z-Achse (position.p[3]).
- ra1:** der Rundungsradius der Innenseite des Führungskanalbogens.
- ra2:** der Rundungsradius der Außenseite des Führungskanalbogens.
- ch1:** die Tiefe der symmetrischen Abschrägung an der Innenseite des Führungskanalbogens.
- ch2:** die Tiefe der symmetrischen Abschrägung an der Außenseite des Führungskanalbogens.

Formelle Prämissen:

- WR1:** Die Wanddicke **wth** muss größer als 0 sein.
- WR2:** Der Winkel **ang** muss größer als 0 sein.
- WR3:** Der Winkel **ang** muss kleiner oder gleich 360 sein.
- WR4:** Die Breite **wi1** muss größer als $2 \times \text{wth}$ sein.
- WR5:** Die Breite **wi2** muss größer als $2 \times \text{wth}$ sein.
- WR6:** Die Höhe **hei** muss größer als $2 \times \text{wth}$ sein.
- WR7:** Der Radius **ra1** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR8:** Der Radius **ra2** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR9:** Die Abschrägungstiefe **ch1** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR10:** Die Abschrägungstiefe **ch2** muss größer oder gleich 0 sein.
- WR11:** Ist die Abschrägungstiefe **ch1** größer als 0, so muss der Radius **ra1** 0 sein.
- WR12:** Ist die Abschrägungstiefe **ch2** größer als 0, so muss der Radius **ra2** 0 sein.
- WR13:** Ist der Radius **ra1** größer als 0, so muss die Abschrägungstiefe **ch1** 0 sein.
- WR14:** Ist der Radius **ra2** größer als 0, so muss die Abschrägungstiefe **ch2** 0 sein.

Informelle Prämissen:

- IP1:** Alle üblichen Wandformen von Bögen und Knien werden durch Eintragen von positiven Werten (Bögen), negativen Werten (Abschrägungen) oder 90 (Ecke) für die Radien beschrieben. Die Radien oder Abschrägungen können für eine oder beide Seiten angegeben werden.
- IP2:** Die Abschrägungen sind symmetrisch. Sie betragen also, z. B. im Falle eines Gesamtwinkels von 90°, 45°. Der Schnitt **wi2** * hei befindet sich an der Stirnfläche des Bogens mit dem Radius **ra1** oder **ra2** oder an der Stirnfläche der entsprechenden Abschrägungen **ch1** oder **ch2**.
- IP3:** Für Radien und Abschrägungen auf derselben Seite dürfen keine übereinstimmenden Werte angegeben werden, weil es nur entweder einen Radius oder eine Abschrägung geben kann. Im Bild A.5 sind ein innerer Radius **ra1** und eine äußere Abschrägung **ch2** gegeben (**ra2** und **ch1** sind nicht gegeben).
- IP4:** Es sind keine Abschrägungen mit Öffnungswinkeln zwischen 180° und 360° möglich. Daraufhin wird jeder für **ra2** angegebene Wert außer Acht gelassen. Danach wird **ra2** als der kleinstmögliche die Außenwände des Führungskanalbogens umschreibende Tangentialkreis berechnet.

Spezifikationen in IFC:

Rechteckige Führungskanalbögen werden mittels der folgenden IFC-Definitionen definiert.

XSD-Spezifikation (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangularDuctBend" type="ifc:IfcRectangularDuctBend"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctBend">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ang" type="ifc:IfcPlaneAngleMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

EXPRESS Specification (IFC):

```
ENTITY IfcRectangularDuctBend3
  SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;
    wth: IfcPositiveLengthMeasure;
```

3) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>