

## DIN EN 17632-2



ICS 35.240.67; 91.010.01

Einsprüche bis 2023-06-07

**Entwurf****Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) –  
Semantische Modellierung und Verknüpfung (SML) –  
Teil 2: Domänenspezifische Modellierungsmuster;  
Deutsche und Englische Fassung prEN 17632-2:2023**

Building Information Modelling (BIM) –  
Semantic Modelling and Linking (SML) –  
Part 2: Domain-specific modelling patterns;  
German and English version prEN 17632-2:2023

Modélisation des informations du bâtiment (BIM) –  
Modélisation sémantique et liaison (SML) –  
Partie 2: Modèles de modélisation spécifiques à un domaine;  
Version allemande et anglaise prEN 17632-2:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-04-07 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](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nabau@din.de](mailto:nabau@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 136 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17632-2:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 422 „Building Information Modelling (BIM)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SN (Norwegen) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-13-04 AA „Datenstrukturen für BIM-Kataloge (SpA zu CEN/TC 442/WG 4, ISO/TC 59/SC 13/WG 2)“ 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.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

**Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Semantische Modellierung und Verknüpfung (SML) – Teil 2: Domänenspezifische Modellierungsmuster**

Building Information Modelling (BIM) – Semantic Modelling and Linking (SML) – Part 2: Domain-specific modelling patterns

Modélisation des informations du bâtiment (BIM) – Modélisation sémantique et liaison (SML) – Partie 2: Modèles de modélisation spécifiques à un domaine

## **Inhalt**

|                                                                                            | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .                                                             | 4     |
| Einleitung . . . . .                                                                       | 5     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                              | 6     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                         | 8     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                                       | 8     |
| 4 Symbole und Abkürzungen . . . . .                                                        | 10    |
| 4.1 Symbole . . . . .                                                                      | 10    |
| 4.2 Abkürzungen . . . . .                                                                  | 10    |
| 5 Semantische Erweiterungen für die gebaute Umwelt . . . . .                               | 11    |
| 5.1 Räumliche Regionen im Vergleich zu realen Objekten . . . . .                           | 11    |
| 5.2 Materialisierung von physischen Objekten . . . . .                                     | 12    |
| 5.3 Interaktion zwischen Objekten . . . . .                                                | 13    |
| 5.4 Anforderungen (unstrukturiert) . . . . .                                               | 18    |
| 5.5 Implizite Gruppen . . . . .                                                            | 19    |
| 5.6 Funktionen . . . . .                                                                   | 20    |
| 5.7 Erweiterte QUDT-Wiederverwendung . . . . .                                             | 20    |
| 5.8 Observation (SOSA) . . . . .                                                           | 21    |
| 5.9 Raumbezogene Geometrie (GeoSPARQL) . . . . .                                           | 21    |
| 5.10 Übersicht über die erweiterten Modellierungskonstrukte . . . . .                      | 23    |
| 5.10.1 Erweiterte Konzepte . . . . .                                                       | 23    |
| 5.10.2 Erweiterte Eigenschaften . . . . .                                                  | 24    |
| 6 Implementierung von SML Teil 2 in Code . . . . .                                         | 25    |
| 7 Konformität . . . . .                                                                    | 26    |
| 7.1 Allgemeines . . . . .                                                                  | 26    |
| 7.2 Konformität auf Sprachebene . . . . .                                                  | 26    |
| 7.3 Konformität auf semantischer Ebene . . . . .                                           | 26    |
| Anhang A (normativ) SML Teil 2-Implementierung bei ‚vernetzten Daten‘ . . . . .            | 28    |
| A.1 Einführung . . . . .                                                                   | 28    |
| A.2 SKOS-Teil . . . . .                                                                    | 28    |
| A.3 RDFS-Teil . . . . .                                                                    | 35    |
| A.4 OWL-Teil . . . . .                                                                     | 43    |
| A.5 SHACL-Teil . . . . .                                                                   | 48    |
| Anhang B (informativ) SML Teil 2-Beispiel in SKOS/RDFS/OWL/SHACL (Turtle-Format) . . . . . | 52    |
| B.1 Beschreibung des Beispiels . . . . .                                                   | 52    |
| B.2 OWL-Ontologie und Informationssatz . . . . .                                           | 52    |
| Anhang C (informativ) Zusätzliche SOSA-Informationen . . . . .                             | 62    |
| Anhang D (informativ) Zusätzliches SOSA-Beispiel . . . . .                                 | 64    |
| Literaturhinweise . . . . .                                                                | 67    |

## **Bilder**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 — Unterteilung der physischen Objekte in raumbezogene und reale Objekte . . . . . | 11 |
| Bild 1 — Zusätzliche Systemengineering-Dimension . . . . .                               | 11 |
| Bild 2 — Unterteilung von Materie . . . . .                                              | 12 |
| Bild 3 — Materien-Taxonomie . . . . .                                                    | 13 |
| Bild 4 — Interaktionen über Verbindungen . . . . .                                       | 14 |
| Bild 5 — Direkte Relation zwischen Objekten . . . . .                                    | 15 |
| Bild 6 — Indirekte Relation über eine Schnittstelle . . . . .                            | 16 |
| Bild 7 — Indirekte Relation über eine Verbindung . . . . .                               | 16 |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild 8 — Indirekte Relation über eine Schnittstelle zwischen Ports</b> | <b>17</b> |
| <b>Bild 9 — Indirekte Relation über eine Verbindung zwischen Ports</b>    | <b>17</b> |
| <b>Bild 10 — Modellierungskonstrukte für Interaktion</b>                  | <b>18</b> |
| <b>Bild 11 — Modellierungskonstrukte für Anforderungen</b>                | <b>18</b> |
| <b>Bild 12 — Das Function-Shortcut</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>Bild 13 — Konformität für Informationssätze</b>                        | <b>27</b> |

## Tabellen

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 1 — Festgelegte Eigenschaften der obersten Ebene</b> | <b>24</b> |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (prEN 17632-2:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 422 „Building Information Modelling (BIM)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SN - Norwegen gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

## Einleitung

Die abstrakte Sprache und die generischen Modellierungsmuster sind bereits in EN 17632-1:2022 definiert.

Frühe praktische Anwendungen in der Industrie haben gezeigt, dass es eine „Lücke“ zwischen diesen abstrakten/generischen Mustern und den realen Modellierungsanforderungen im Bereich der gebauten Umwelt gibt.

Dieses Dokument definiert domänenspezifische Erweiterungen des in EN 17632-1:2022 definierten generischen Informationsmodells der obersten Ebene. Diese Erweiterungen sind insbesondere für die Modellierung von Assets/Produkten in der gebauten Umwelt von Bedeutung. Diese Erweiterungen werden dazu beitragen, diese Lücke zu schließen.

Auf diese Weise müssen Stakeholder in der gebauten Umwelt wie Eigentümer, Auftragnehmer und Lieferanten das Rad für diese neuen/erweiterten Modellierungsmuster nicht selbst neu erfinden.

Durch die Vereinbarung dieser Muster werden die für die Stakeholder spezifischen Datenmodelle noch stärker vorab integriert, was den Austausch und die gemeinsame Nutzung von Assets und Produkten sowie die Datenintegration und -innovation in auffindbarer, zugänglicher, interoperabler und wiederverwendbarer Form (FAIR, en: Fair, Accessible, Interoperable, Reusable) erleichtert.

Die in diesem Dokument eingeführten erweiterten Modellierungsmuster können auch für andere Industriebereiche anwendbar sein.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil 2 stellt erweiterte semantische Modellierungsmuster für (mindestens) die folgenden domänenspezifischen Asset-Aspekte bereit:

- Unterstützung der Unterscheidung zwischen zwei Subtypen von physischen Objekten: räumliche Regionen und reale („greifbare“) Objekte; letztere können diskret oder dauerhaft sein („Masse“);
- Unterstützung bei der Materialisierung von physischen Objekten durch Hinzufügen von generischen chemischen Aspekten, die für die gebaute Umwelt direkt relevant sind und Materialien wie Beton, Stahl, Holz und Asphalt betreffen;
- Unterstützung für die Interaktion zwischen Objekten, einschließlich Verbindungen, Schnittstellen und Anschlüssen. Interaktionen werden als Aktivitäten definiert, bei denen Material, Informationen, Energie oder Kräfte übertragen werden;
- Unterstützung bei der Definition unstrukturierter, von Menschen interpretierbarer Anforderungen, die sich aus den Bedürfnissen der Informationsbesteller, Gesetzen und Vorschriften oder Branchenempfehlungen ergeben;
- Unterstützung für implizite Gruppen, die keine expliziten Mitglieder haben (zur Modellierung von Situationen wie „alle Hauptträger einer Stahlbrücke“);
- Unterstützung für die explizite Modellierung von Messungen unter Wiederverwendung der bestehenden W3C-SOSA-Ontologie (als einfache, aber in sich geschlossene SSN-Kern-Ontologie).
- Unterstützung für räumliche Geometrie (Ort/Form) unter Wiederverwendung von OGC GeoSPARQL (GML/WKT) und der Ontologie WGS84\_pos (GPS).

Diese Modellierungsmuster (unten **fett gedruckt** dargestellt) können alle in den globalen Modellierungsrahmen eingeordnet werden, der in Form einer Taxonomie von Teil 1 bereitgestellt wird. Diese Blattkonzepte bilden das primäre Inhaltsverzeichnis dieses Teils 2.

- TopConcept
  - AbstractConcept
    - Type
      - EnumerationType
      - ConceptType
    - Objectification
      - QualityValue
      - QuantityValue == **qudt:QuantityValue (mit qudt:numericValue)**
      - RelationReference
    - MatterPortion**
    - **ObservableProperty (SOSA)**
    - **Result (SOSA)**

**Sample (SOSA)**

- ConcreteConcept
  - Entity
    - Object == FeatureOfInterest (SOSA) == Feature (GeoSPARQL)
      - PhysicalObject
      - SpatialRegion**
      - Interface**
      - RealObject**
      - DiscreteObject**
      - Sensor (SOSA)**
      - AmountOfBulkMatter**
      - Matter**
      - PureSubstance**
      - ChemicalElement**
      - ChemicalCompound**
      - Mixture**
      - HomogeneousMixture**
      - HeterogenousMixture**
      - Connection**
      - Port**
      - InformationObject
      - Representation
      - GeometricEntity == **Geometry (GeoSPARQL)**
      - TemporalEntity
      - Requirement**
- Activity
  - **Interaction**
  - **Observation (SOSA)**
  - **Procedure (SOSA)**

- FunctionalEntity
- TechnicalEntity
- PlannedEntity
- RealizedEntity
- State
- Event

ANMERKUNG 1 Die wiederverwendeten SOSA- und GeoSPARQL-Entitäten werden getrennt gehalten. Das bedeutet, dass die eigentlichen übergeordneten Typen, wie oben dargestellt, nicht modelliert werden. Stattdessen können domänenspezifische Konzepte Unterklassen sein oder Individuen können mehrfach typisiert sein.

ANMERKUNG 2 Einige der Informationsanforderungen können durch die Erweiterung bestehender Sprachkonstrukte gelöst werden (z. B. im Falle impliziter Gruppen durch das Hinzufügen bestimmter Attribute für bestehende Klassen oder Container oder durch die Verwendung von SHACL-Regeln zur Darstellung strukturierter Anforderungen von Auftraggebern, Baugesetzen und -vorschriften oder Empfehlungen aus dem Bausektor). Darüber hinaus gibt es in der gebauten Umwelt (Straßennetze, Tunnel, Brücken, Gebäude, Anlagen) ein großes „Musterpotenzial“ unter „DiscreteObject“ und „SpatialRegion“. Es wird darauf geachtet, dass die Begrenzungen der bestehenden Normen nicht überschritten werden.

## 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).

EN 17632-1:2022, *Building Information Modeling (BIM) — Semantischer Modellierungs- und Verknüpfungsstandard (SMLS) — Teil 1: Generische Modellierungsmuster*

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 6707-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

### 3.1

#### Menge an Masse

reales Objekt, das aus einer kontinuierlichen Menge nicht-formaler Materie besteht und hauptsächlich durch äußere Kräfte (Schwerkraft oder Einschluss) zusammengehalten wird

### 3.2

#### chemisches Element

reiner Stoff, der aus Atomen mit der gleichen Ordnungszahl besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein chemisches Element kann nicht durch chemische Reaktionen zersetzt werden.

### 3.3

#### **chemische Verbindung**

reiner Stoff, der aus zwei oder mehr chemischen Elementen besteht, zwischen denen eine chemische Bindung besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: In einer chemischen Verbindung kommen die Elemente in einem festen Verhältnis vor. Eine Verbindung kann durch chemische Reaktionen in einfachere Stoffe zerlegt werden.

### 3.4

#### **Verbindung**

physisches Objekt (reales Objekt oder räumliche Region), das zwei andere physische Objekte miteinander verbindet und über das eine Interaktion stattfindet, und zwar die Übertragung von Materie, Energie, Informationen oder Kräften

### 3.5

#### **diskretes Objekt**

reales Objekt, das aus einer kontinuierlichen Menge starrer Materie besteht und hauptsächlich durch innere Kräfte (Schwerkraft oder elektromagnetische Kraft) zusammengehalten wird

### 3.6

#### **Interaktion**

Aktivität, die eine Kombination von Teilaktivitäten darstellt, die von physischen Objekten ausgeführt werden, zwischen denen eine Übertragung von Materie, Information, Energie oder Kraft stattfindet, üblicherweise über eine Verbindung oder Schnittstelle (direkt oder über Anschlüsse)

### 3.7

#### **Schnittstelle**

raumbezogenes Objekt, üblicherweise ein dünner physischer 2D-Raum (aber auch 0D oder 1D), der zwei physische Objekte oder Anschlüsse von physischen Objekten miteinander verbindet, durch die eine statische oder dynamische Interaktion oder eine Interaktion zwischen diesen Elementen stattfinden kann

### 3.8

#### **Materie**

#### **chemischer Stoff**

reiner Stoff, chemische Verbindung oder Gemisch, aus dem/der reale Objekte hergestellt werden

### 3.9

#### **Gemisch**

Kombination von zwei oder mehr verschiedenen reinen Stoffen, ohne dass die Moleküle ihre Identität verlieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Gemisch zeichnet sich durch die darin enthaltenen Moleküle und das Verhältnis ihrer Mengen aus.

### 3.10

#### **Port**

physischer oder logischer Interaktionspunkt als Teil eines physischen Objekts, an dem über eine Verbindung oder Schnittstelle eine Interaktion stattfinden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle von Kräften handelt es sich hauptsächlich um statische Kraftübertragung wie konstruktive Verbindungen, bei denen die Anschlüsse beider Seiten der Verbindung oder der Schnittstelle mit Eigenschaften des Ports verknüpft werden können, wie z. B. auftretende zulässige Kraft, Befestigungsmethode, Form und Standards.

BEISPIEL Eine Deckschicht ist der Port der Asphaltkonstruktion bei der Interaktion mit Fahrzeugen. Umgekehrt ist bei der gleichen Interaktion die Kontaktfläche des Reifens der Port des Fahrzeugs.

### 3.11

#### **reiner Stoff**

chemischer Stoff, der eine ähnliche chemische Zusammensetzung und erkennbare einheitliche und isotrope Eigenschaften aufweist

### 3.12

#### **reales Objekt**

##### **Menge an Materie**

physisches Objekt („formstabil“ oder nicht „formstabil“), das in der Realität greifbar und sichtbar ist (oder sein kann), künstlich geschaffen wurde oder natürlich vorkommt

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für künstliche physische Objekte sind Brücken, Tanks und Vorrichtungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele für physische Objekte, die auf natürliche Weise entstanden sind, sind Landschaften, Ufer, Wasserflächen und Bäume.

### 3.13

#### **räumliche Region**

physisches Objekt, das einen bestimmten Bereich wie einen Raum, eine Straße oder einen Fluss umschließt, das von realen Objekten oder anderen räumlichen Bereichen (z. B. durch Gebrauch oder Vereinbarung) begrenzt wird und das hauptsächlich flüssige oder gasförmige Mengen an Materie enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise gibt es in einer räumlichen Region ein Gravitationsfeld, bei dem zwischen unten, oben und seitlich unterschieden wird. Daher ist die Ausrichtung eines räumlichen Bereichs üblicherweise ein wesentlicher Aspekt.

## 4 Symbole und Abkürzungen

### 4.1 Symbole

Dieses Dokument enthält keine Symbole.

### 4.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

|             |                                                                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0D/1D/2D/3D | 0-/1-/2-/3-dimensional                                                                                                    |
| ALIM        | Asset Lifecycle Information Modelling                                                                                     |
| bSI         | buildingSmart International                                                                                               |
| FAIR        | auffindbar, zugänglich, interoperabel, wiederverwendbar (en: findable, accessible, interoperable, reusable) [go-fair.org] |
| GPS         | Globales Positionierungssystem (en: global positioning system)                                                            |
| IFC         | Industry Foundation Classes [bSI]                                                                                         |
| OGC         | Open Geospatial Consortium                                                                                                |
| OWL         | Web-Ontologiesprache (en: web ontology language) [W3C]                                                                    |
| RDF(S)      | Resource Description Framework (Schema)                                                                                   |
| SKOS        | Single Knowledge Organization Schema                                                                                      |
| SML         | semantische Modellierung und Vernetzung (en: semantic modelling and linking)                                              |
| SOSA        | Ontologie für Sensor, Beobachtung, (Stich-)Probe und Aktuator (en: sensor, observation, sample, and actuator) [W3C, OGC]  |
| SSN         | Ontologie für semantisches Sensornetz (en: semantic sensor network) [W3C, OGC]                                            |
| W3C         | World Wide Web Consortium                                                                                                 |

## 5 Semantische Erweiterungen für die gebaute Umwelt

### 5.1 Räumliche Regionen im Vergleich zu realen Objekten

In erster Linie werden die physischen Objekte (funktionale oder technische, geplante oder realisierte Objekte) wahlweise und voneinander getrennt in räumliche Bereiche, die nicht direkt greifbar sind, und greifbare reale Objekte unterteilt. (Die Striche in Bild 1 kennzeichnen relevante Eigenschaften (Attribute oder Relationen)).

- PhysicalObject
  - SpatialRegion
    - hasPart SpatialRegion
    - isBoundBy PhysicalObject
    - enthält RealObject
  - RealObject
    - hasPart RealObject
    - consistsOf Matter
      - AmountOfBulkMatter
      - DiscreteObject

**Bild 1 — Unterteilung der physischen Objekte in raumbezogene und reale Objekte**

Diese Unterteilung kann als eine zusätzliche Dimension des Systemengineering betrachtet werden, die sich orthogonal zu den Dimensionen geplant/realisiert und technisch/funktional verhält, die in EN 17632-1 eingeführt wurden. Sie ermöglicht die Modellierung von grundlegenden „realisierten/technischen/realen“ Entitäten hin zu „geplanten/funktionalen/räumlichen“ Entitäten. Kurz gesagt: von der Flächenmodellierung hin zum umfassenden Asset Lifecycle Information Modelling (ALIM) (Bild 2).

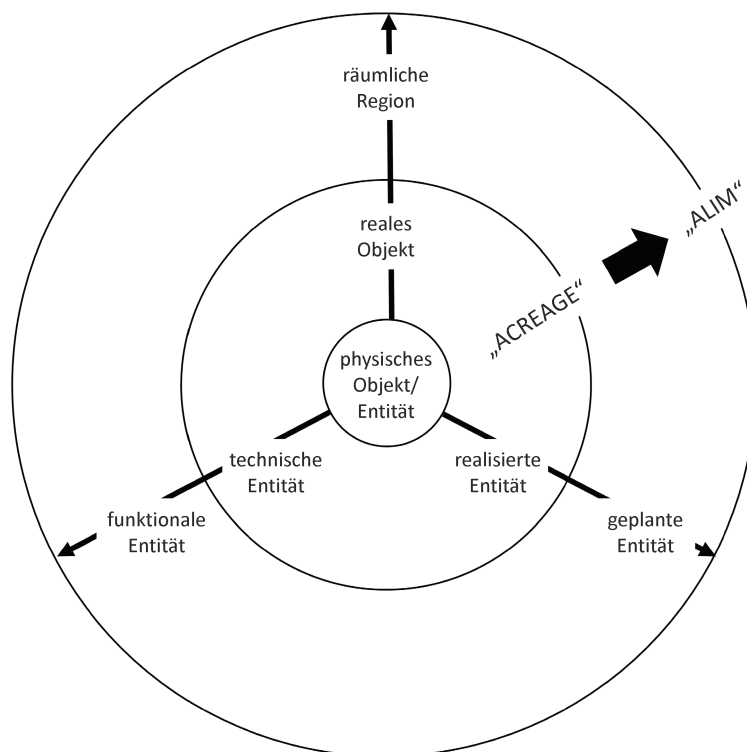


**Bild 1 — Zusätzliche Systemengineering-Dimension**

DiscreteObject („formstabil“) und AmountOfBulkMatter (nicht „formstabil“) sind weitere Spezialisierungen von RealObject.

ANMERKUNG 1 Ein physisches Objekt ist daher umfassender als nur „eine Darstellung von Masse/Energie“. Bedeutungsvolle („semantische“) physische Räume/Zeiten (im Gegensatz zu abstrakten mathematischen Räumen/Zeiten) werden hier ebenfalls unter „physisches Objekt“ erfasst.

ANMERKUNG 2 Eine (semantische) zeitliche Region wäre ebenfalls relevant gewesen (z. B. „Das Mittelalter“), ist hier aber nicht enthalten.

ANMERKUNG 3 Die Relation „contains“ für eine räumliche Region kann für reale Objekte, die sich in dieser Region befinden, und für die üblicherweise gasförmige Menge an Masse, die in dieser Region vorhanden ist, verwendet werden.

ANMERKUNG 4 Die Relation „consistsOf“ zu Materie ist nur für technische Objekte relevant (nicht für funktionale Objekte).

ANMERKUNG 5 GeoSPARQL [2] von OGC besitzt ein raumbezogenes Objekt: „geo:SpatialObject“, definiert als: „die Klasse ‚Objekt mit Raumbezug‘ stellt alles dar, was eine räumliche Darstellung aufweisen kann. Sie ist eine Oberklasse von Merkmal und Geometrie“. Dies ist also eine viel breitere Definition als unsere räumliche Region. Beispielsweise ist unser reales Objekt in dieser Auslegung auch ein Objekt mit Raumbezug.

BEISPIEL 1 (reale Objekte) Beispiele für reale Objekte sind Brücke, Brückendeck, Bürgersteig, Wand, Boden.

BEISPIEL 2 (räumliche Regionen) IfcSpace wird in ISO 16739-1:2018 zur Modellierung eines räumlichen Bereichs in einem Gebäude verwendet. Andere Beispiele für räumliche Bereiche sind Fahrbahn, Fahrspur, Tankinhalt, Fläche, Trichter, Korridor und Lichtraumprofil.

BEISPIEL 3 (Menge an Masse) Beispiele für Menge an Masse sind eine Menge an Luft in einer räumlichen Region, eine Menge an Flüssigkeit in einer Leitung oder einem Fluss und eine Asphaltdungung.

## 5.2 Materialisierung von physischen Objekten

Materie wird als ein Spezialfall eines physischen Objekts (auch als „Pseudoobjekt“ bezeichnet) betrachtet und wird entsprechend Bild 3 (schematisch) und Bild 4 (modellbasiert) unterteilt.

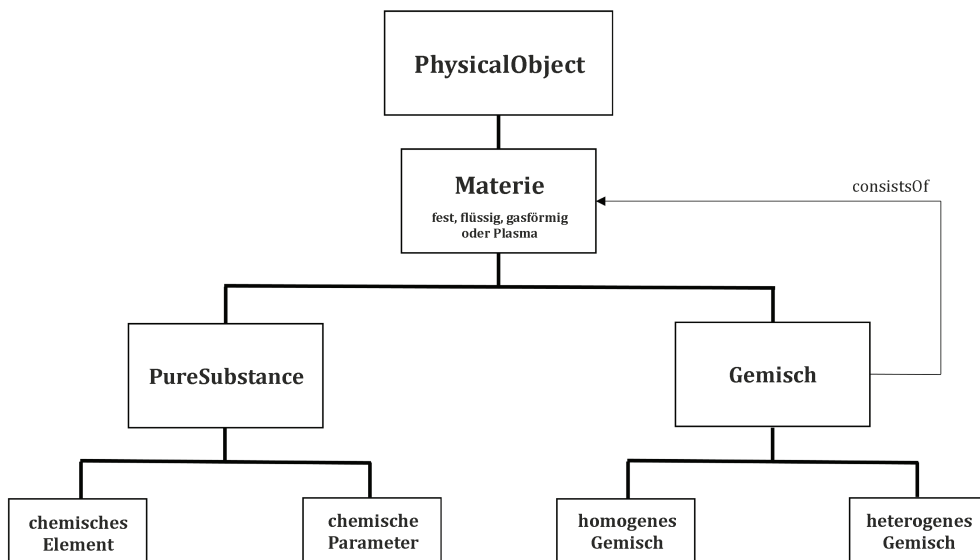


Bild 2 — Unterteilung von Materie

- PhysicalObject
  - Materie
    - chemicalFormula String
    - aggregationStateType AggregationStateType
  - PureSubstance
    - ChemicalElement
    - ChemicalCompund
  - Gemisch
    - consistsOfMatter
    - HomogeneousMixture
    - HeterogeneousMixture

### Bild 3 — Materien-Taxonomie

ANMERKUNG 1 Exotische Zustände der Materie wie „Bose-Einstein-Kondensate“, die für die Konstruktion nicht relevant sind, werden aus Gründen der Einfachheit nicht berücksichtigt.

Ein vordefinierter Subtyp von RelationReference ist MatterPortion. Dabei handelt es sich um eine Objektivierung der Relation consistsOf gegenüber Matter. Ein vordefiniertes Metadaten-Attribut ist „portion“ (ein einheitenloses Verhältnis wie ein Prozentsatz).

ANMERKUNG 2 Eine MatterPortion kann ein Fragment eines bestimmten Stoffes in einem Gemisch oder einen anderen Materieanteil angeben.

BEISPIEL (matter) Beispiele für chemische Elemente sind Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Ein Beispiel für eine chemische Verbindung ist Wasser (H<sub>2</sub>O). Beispiele für Gemische sind Zement, ein Asphaltgemisch wie ZOAB-16, Stahl, Beton, Verbundstoffe, Sand und Schotter.

ANMERKUNG 3 Materie kann durch eine Aktivität umgewandelt werden (Erzeugung, Veränderung, Löschung). Genauer gesagt, steht Materie für alle intensiven (Massen-)Eigenschaften eines physischen Objekts (reales Objekt oder Gemisch). Das bedeutet, dass alle physikalischen Prozesse, die mit Wärme, Licht, elektrischer Leitung, Schall usw. zu tun haben, auch über (Interaktion mit) Materie stattfinden. Prozesse wie Verdunstung, Gefrieren, Schmelzen und Sieden wirken sich ebenfalls auf den Zustand der Materie aus (wodurch sich das Objekt in einigen Fällen plötzlich von „formstabil“ in nicht-„formstabil“ umwandelt, z. B. das Schmelzen einer Eisscholle/eines Gletschers).

ANMERKUNG 4 Die Angabe einer chemischen Formel ist freigestellt, da sie nur für technische Sachverhalte relevant ist.

ANMERKUNG 5 Der Aggregatzustand hängt von den anfänglichen Bedingungen in Bezug auf den atmosphärischen Luftdruck und die Temperatur ab.

## 5.3 Interaktion zwischen Objekten

Bei der Gesamtkonstruktion (insbesondere für elektrische/hydraulische Anlagen) und der Demontierbarkeit beim nachhaltigen Recycling (Materialpässe) wird die korrekte Modellierung von Interaktionen über Verbindungen und damit verbundene Übertragungen zwischen physischen Objekten zunehmend wichtiger.

Statische Modelle von Assets gehen zunehmend zu dynamischen (Simulations-)Modellen über, in denen Verhaltensaspekte (Lüftung, Abflusswasser, Beleuchtung, Rutschfestigkeit usw.) berücksichtigt werden.

Das Anspruchsniveau der Asset-Verwaltung verschiebt sich von faktischen Zustandsinformationen hin zu Verhalten, Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen, Risiken, Maßnahmen usw. und erfordert mehr Wissen/Daten über die Zusammenhänge zwischen all diesen Themen.

Bestehende traditionelle Verbindungen wie die Energieübertragung zwischen Räumen in Gebäuden und die Kraftübertragung in Tragkonstruktionen von Bauwerken reichen damit nicht mehr aus.

Bild 5 beschreibt die theoretischen Muster zur Positionierung dieser Verbindungen im Allgemeinen.

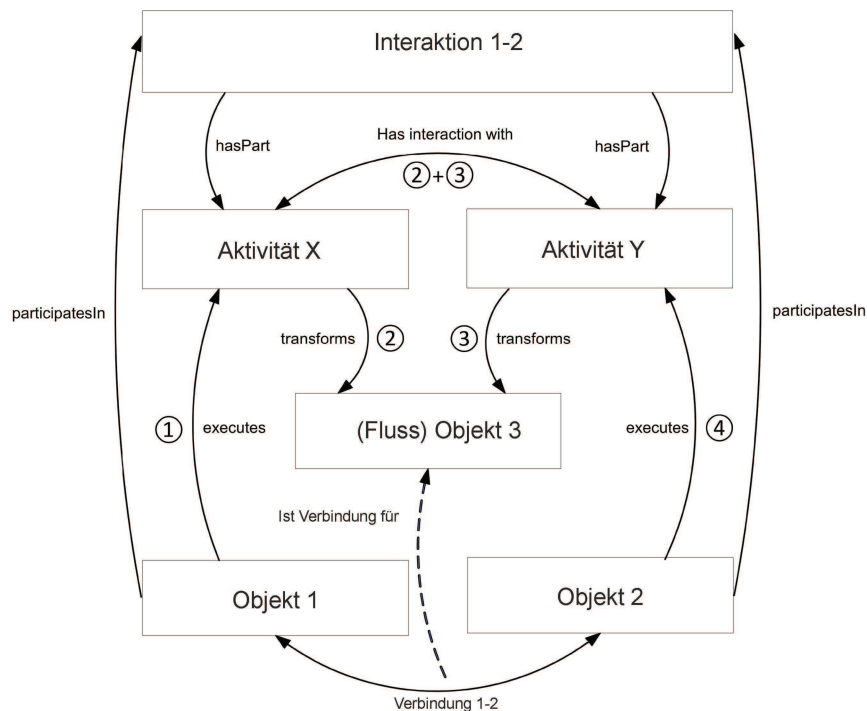


**Bild 4 — Interaktionen über Verbindungen**

Die „Verbindung 1-2“ (zwischen Objekt 1 und Objekt 2) ist ein abgeleitetes „Shortcut“ für die bestehende Relationskette, die in Bild 5 entsprechend nummeriert ist:

1. executes;
2. transforms;
3. isTransformedBy (Gegenteil von „transforms“);
4. isExecutedBy (Gegenteil von „executes“).

Oder Verwendung eines „Sub-Shortcuts“:

1. executes;
2. 2.+3.: „Has interaction with“;
3. isExecutedby.

Nach dieser Theorie besteht eine Verbindung zwischen Objekten, wenn zwei Aktivitäten vorhanden sind bzw. von diesen Objekten ausgeführt werden, die durch ein drittes passives Objekt miteinander verbunden sind. Dabei handelt es sich um einen Fluss (Material, Information oder Energie) oder eine Kraft, die von dem einen auf das andere übertragen wird. Diese beiden Aktivitäten sind beide Teil einer Interaktion, die ihrerseits auch eine Aktivität ist, an der diese beiden Objekte teilnehmen.

Es ist genau diese „Interaction“ und „Connection“ zwischen physischen Objekten, die hier in Teil 2 ausdrücklich beschrieben wird.

Zu diesem Zweck wird zunächst eine Interaktion als eine Spezialisierung einer Aktivität eingeführt. Zudem wird eine Relation participatesIn eingeführt, um zu verdeutlichen, dass physische Objekte an einer solchen Interaktion teilnehmen.

Interaktionen haben eine Übertragungsart, die in einer Interaktion gleich sein muss. Möglichkeiten für diesen Typ sind: Materialfluss, Informationsfluss, Energiefluss und Kraftübertragung von einem physischen Objekt auf ein anderes.

Die Modellierung dieser Aktivität ist freigestellt. Die Verbindung zwischen den Objekten ist ebenfalls freigestellt, lässt sich aber einfacher anwenden. Diese Verbindung zwischen physischen Objekten kann auf verschiedene Weise hergestellt werden. Im Folgenden werden fünf Möglichkeiten beschrieben.

**Möglichkeit 1:** Ohne ein explizites physisches Objekt „Connection“, sondern direkt über eine Relation „isConnectedTo“ (Bild 6).

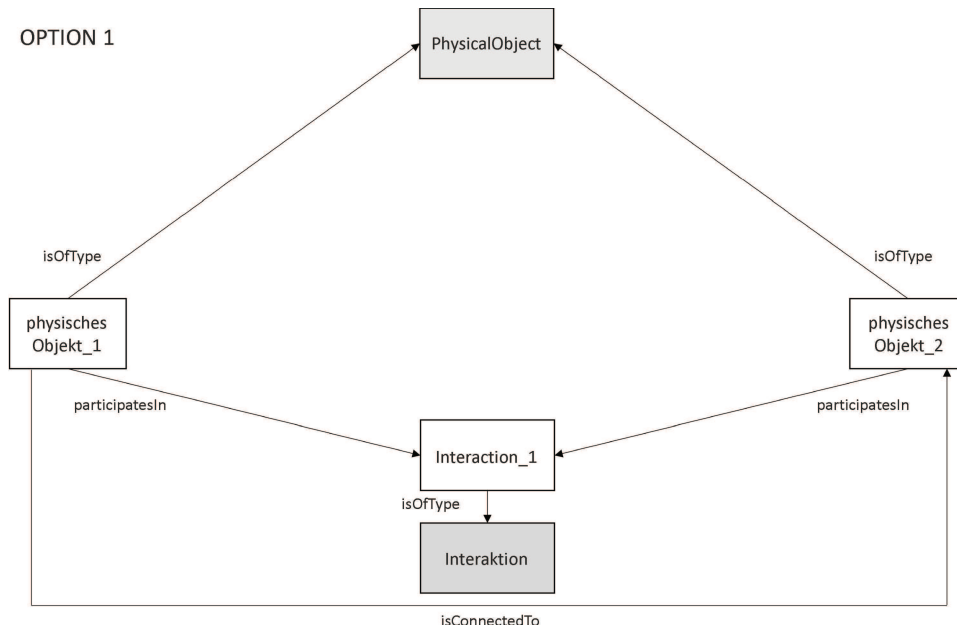


**Bild 5 — Direkte Relation zwischen Objekten**

Die direkte Relation `isConnectedWith` kann auch zwischen Ports von physischen Objekten oder zwischen Ports und Objekten bestehen. Im letzteren Fall ist der Port nicht der Port des verbundenen Objekts.

**Möglichkeit 2:** Mit einer expliziten Schnittstelle (selbst eine Spezialisierung von `SpatialRegion`), die auch eine Relation zu den verbundenen physischen Objekten über die Relation „connectsObject“ herstellt. Eine Schnittstelle ist kein reales Objekt, sondern „nur“ ein räumlicher Bereich, in dem zwei physische Objekte aufeinandertreffen (Bild 7).

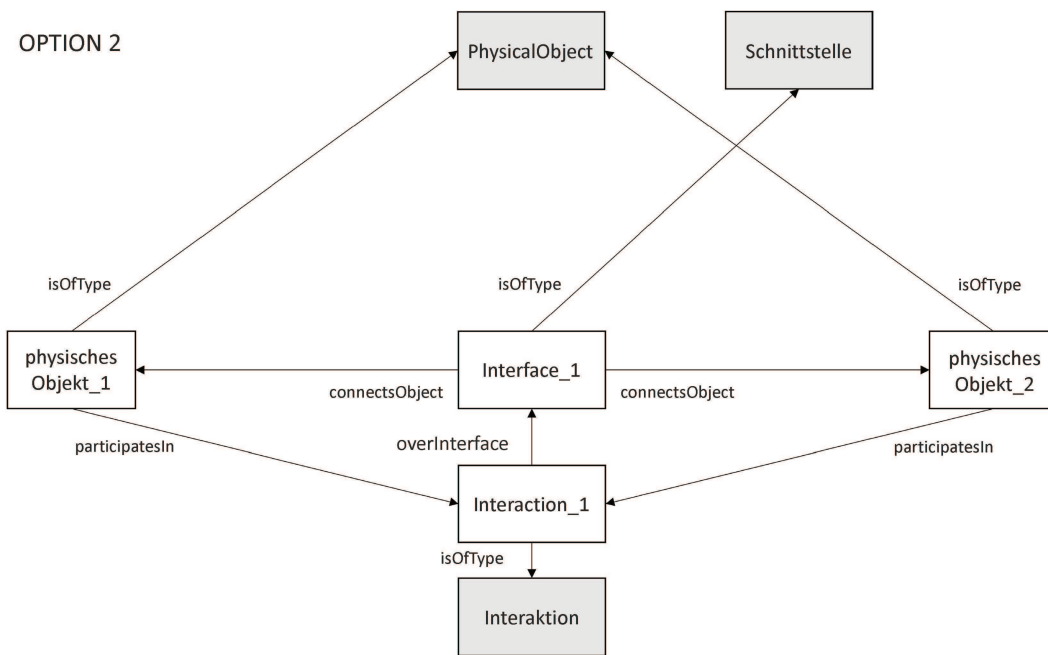


Bild 6 — Indirekte Relation über eine Schnittstelle

**Möglichkeit 3:** Mit einer expliziten Verbindung als physisches Objekt, die eine Relation zu den verbundenen physischen Objekten über die Relation „connectsObject“ herstellt (Bild 8).

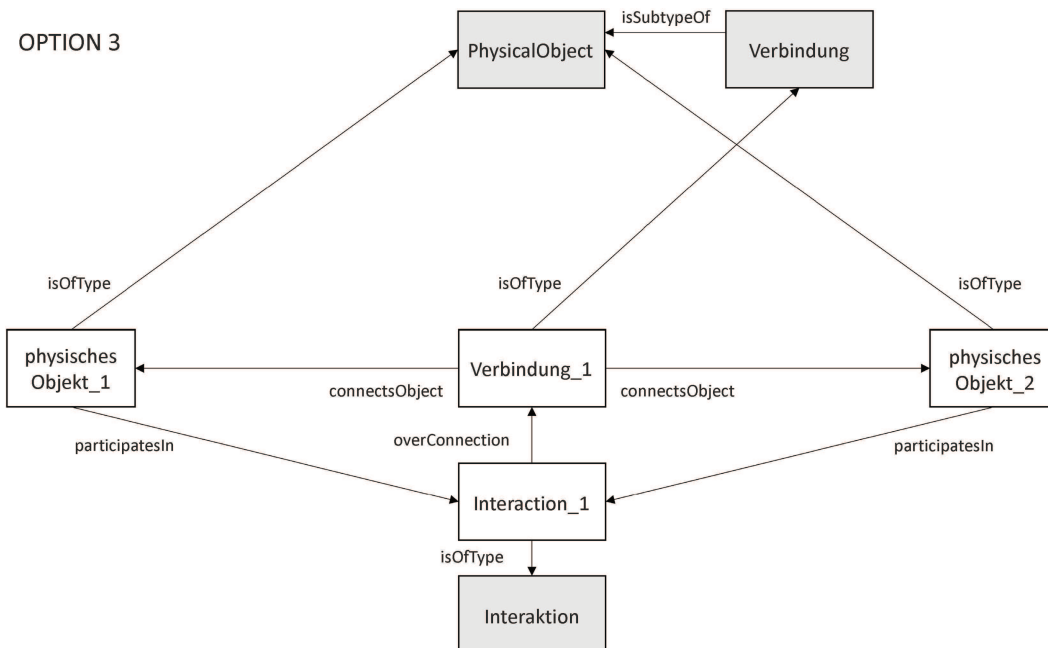


Bild 7 — Indirekte Relation über eine Verbindung

**Möglichkeit 4:** Wie bei Möglichkeit 2, jetzt jedoch mit einem Port, einem bestimmten Teil eines oder beider beteiligten physischen Objekte, über die Relation „connectsPort“ anstelle von „connectsObject“ (Bild 9).

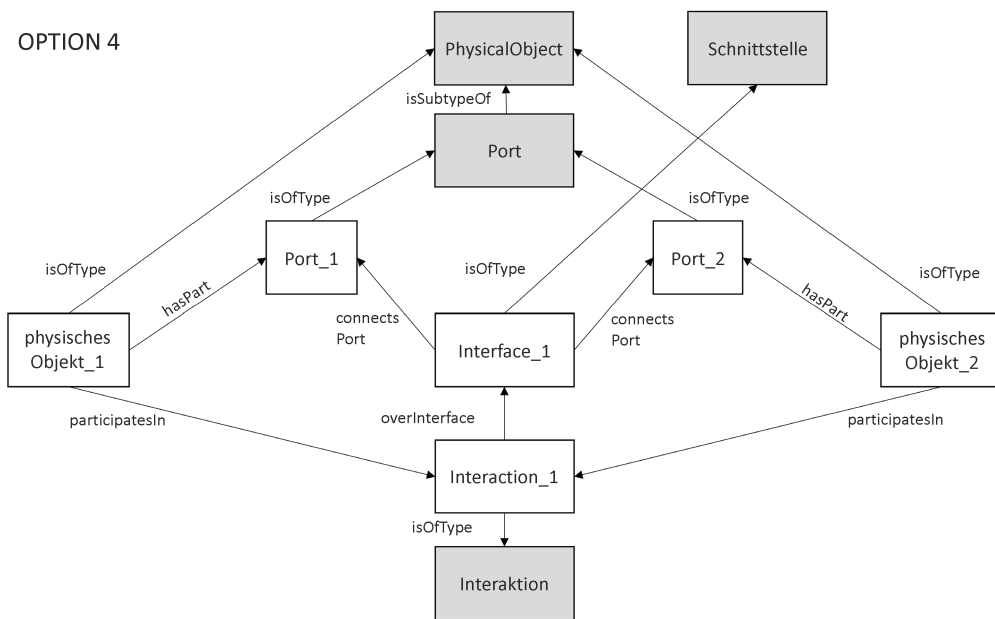


**Bild 8 — Indirekte Relation über eine Schnittstelle zwischen Ports**

**Möglichkeit 5:** Wie bei Möglichkeit 3, jetzt jedoch mit einem Port eines oder beider beteiligten physischen Objekte, über die Relation „connectsPort“ anstelle von „connectsObject“ (Bild 10).

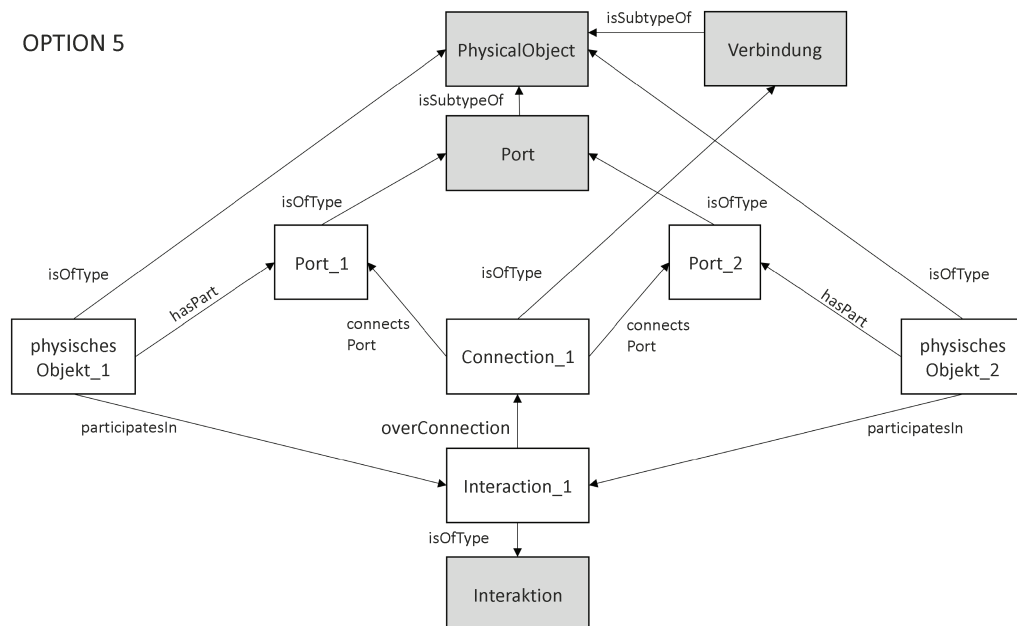


**Bild 9 — Indirekte Relation über eine Verbindung zwischen Ports**

Zu diesem Zweck sind die folgenden Modellierungskonstrukte vorgesehen (Bild 11).

- PhysicalObject
  - Verbindung
    - connectsObject PhysicalObject
    - connectsPort Port
  - Port
  - SpatialRegion
    - Schnittstelle
      - connectsObject PhysicalObject
      - connectsPort Port
  - isConnectedTo PhysicalObject
  - participatesIn Interaction
- Aktivität
  - Interaktion
    - overConnection Connection
    - overInterface Interface
    - transferType TransferType

#### Bild 10 — Modellierungskonstrukte für Interaktion

ANMERKUNG 1 Verbindungen und Ports werden als Spezialisierungen von physischen Objekten definiert. Die Unterteilungen in räumlich/real, funktional/technisch und geplant/realisiert sind daher ebenfalls vorhanden. Eine Funktionsverbindung zwischen funktionalen Objekten kann beispielsweise durch eine technische Verbindung zwischen technischen Objekten umgesetzt werden, die die verbundenen funktionalen Objekte implementieren.

ANMERKUNG 2 Bei Kräften müssen Objekte nicht unbedingt festsitzen, es kann zum Beispiel ein Verrutschen auftreten. Somit betrifft es Kräfte auf allen Arten von topologischen Verbindungen.

### 5.4 Anforderungen (unstrukturiert)

Für die Definition unstrukturierter (von Menschen interpretierter) Anforderungen legt dieses Dokument die folgenden Modellierungskonstrukte fest (Bild 12):

- TopConcept
  - hasRequirement Requirement
- InformationObject
  - Anforderung
    - hasValue String
    - requirementSourceType RequirementSourceType
    - requirementSeverityType RequirementSeverityType
    - requirementTopicType RequirementTopicType

#### Bild 11 — Modellierungskonstrukte für Anforderungen

Die zugrunde liegenden Werte für requirementSourceType, requirementSeverityType und requirementTopicType sind sml:EnumerationType-Instanzen ohne vordefinierte zulässige Werte. Diese zulässigen Werte können je nach Ontologie des Endnutzers variieren.

ANMERKUNG 1 Eine Anforderung kann für jedes TopConcept relevant sein (keine Domäneneinschränkung)

ANMERKUNG 2 Strukturierte Anforderungen werden im Idealfall als Einschränkungen modelliert (wie in einer Linked-Data-Sprachbindung: als OWL-Einschränkungen oder SHACL-Formen). Auf der Grundlage dieser Einschränkungen können die Anforderungen dann entsprechend der standardmäßigen OWL-„Erfordernis“ bzw. SHACL-Verifizierung analysiert werden.

BEISPIEL (Verwendung von SHACL mit strukturierten Anforderungen, inkl. SHACL-AF-Code zur Ableitung)

```
:Toilet
  rdf:type owl:Class ;
  rdf:type sh:NodeShape ;
  sh:rule [
    rdf:type sh:SPARQLRule ;
    sh:message " Calculation of toilet area " ;
    sh:prefixes <https://w3id.org/someregulation> ;
    sh:construct " " " CONSTRUCT {$this :area ?area . }
      WHERE {$this :width ?width .
        $this :depth ?depth .
        BIND (?width * ?depth AS ?area) . } " " " ;
  ] ;
  sh:sparql [
    rdf:type sh:SPARQLConstraint ;
    sh:message " Minimal area toilet " @en ;
    sh:prefixes <https://w3id.org/someregulation> ;
    sh:select " " " SELECT $this ?area
      WHERE {
        $this :area ?area .
        FILTER (?area < 1.08) . } " " " ;
  ] .
```

## 5.5 Implizite Gruppen

Gelegentlich besteht die Notwendigkeit, eine Ansammlung von Individuen implizit zu beschreiben. In der Regel betrifft dies Ansammlungen von Teilen. Nicht durch eine explizite Aufzählung aller beschriebenen Individuen, sondern durch die Angabe einer impliziten Gruppe von Teilen.

Für diese Spezialgruppen wird wieder `rdfs:Container` verwendet. Im vollständig impliziten Fall werden keine Mitglieder modelliert. Die Standardeinschränkungen können jedoch angeben, wie viele Mitglieder es gibt und von welchem Typ diese sind. Dazu werden die standardmäßigen OWL-Einschränkungen und SHACL-Formen verwendet. Diese werden dann nicht mehr zur Definition eines Subtyps verwendet, sondern direkt zur Typisierung der Gruppeninstanz.

**BEISPIEL 1** Eine Gruppe von 300 Hektometerpfosten (HMP), die alle gelb sind; vier davon sind explizit gekennzeichnet.

```
:HMPgroup_1
  a rdfs:Container ;
  a [
    a owl:Restriction ;
    owl:allValuesFrom [
      a owl:Class ;
      rdfs:subClassOf :HectometerPost ;
      rdfs:subClassOf [
        a owl:Restriction ;
        owl:hasValue " Yellow " ;
        owl:onProperty :colour ;
      ] ;
    ] ;
    owl:onProperty rdfs:member ;
  ] ;
  a [
    a owl:Restriction ;
    owl:cardinality 300 ;
    owl:onProperty rdfs:member ;
  ] ;
  rdfs:member :HMP_1 ;
```

```
rdfs:member :HMP_2 ;  
rdfs:member :HMP_3 ;  
rdfs:member :HMP_4 .
```

Diese Gruppe kann über die vordefinierte Beziehung `sml:hasPartsGroup` mit `GuidingConstruction` verbunden werden:

```
:GC-NorthernRoadside  
  a :GuidingConstruction ;  
  sml:hasPartsGroup :HMPgroup_1 .
```

ANMERKUNG 1 Kardinalitätsbeschränkungen für diese impliziten Gruppen sind in den SHACL-Varianten nicht enthalten. Per Definition sind die impliziten Instanzen nicht vorhanden, so dass diese Formen niemals eine positive Verifizierung ergeben werden.

ANMERKUNG 2 Es können gemischte Situationen modelliert werden, bei denen die bekannten Mitglieder explizit modelliert werden.

ANMERKUNG 3 Es ist auch möglich, Gruppen Eigenschaften und Beziehungen zuzuordnen (z. B. Durchschnittswerte oder Summen über die Werte der Gruppenmitglieder).

ANMERKUNG 4 Die Gruppierung ist unabhängig von der Zerlegung. Explizite Gruppenmitglieder können daher parallel in einer Zerlegungsstruktur auftreten.

## 5.6 Funktionen

Die praktische Anwendung von Teil 1 hat deutlich gemacht, dass es oft erforderlich ist, etwas (eine Instanz/Individuum) als `FunctionalEntity` und als `Activity` zu klassifizieren. Deshalb wird ein Shortcut in Form von „Function“ bereitgestellt:

- Aktivität
  - Funktion
- `FunctionalEntity`
  - Funktion

### Bild 12 — Das Function-Shortcut

Diese „Function“ kann direkt oder über Subtypisierung instanziiert werden.

BEISPIEL 1 (Instanziierung)

```
ex:Attaching_20 rdf:type sml:Function .
```

BEISPIEL 2 (Subtypisierung)

```
ex:Attaching rdfs:subClassOf sml:Function .  
ex:Attaching_20 rdf:type ex:Attaching .
```

## 5.7 Erweiterte QUDT-Wiederverwendung

Für eine noch größere Wiederverwendung bestehender QUDT-Modellierungsmuster werden folgende Alternativen für bestehende SML Teil 1-Muster angeboten:

- `sml:QuantityValue` = `qudt:QuantityValue`
- `rdf:value` = `qudt:numericValue` für Mengen und `qudt:value` für Qualitäten/Referenzen

- `sml:hasUnit:` `qudt:unit`
- `sml:hasQuantityKind:` `qudt:hasQuantityKind`

(über SML-1 `qudt:QuantityKind` und `qudt:Unit`)

ANMERKUNG Diese alternativen QUDT-basierten Muster werden häufig in den von W3C SOSA definierten Modellierungsmustern verwendet (siehe 5.8).

## 5.8 Observation (SOSA)

Die Ontologie „Sensors, Observations, Samples, and Actuators“ (SOSA) wurde gemeinsam vom World Wide Web Consortium (W3C) und dem Open Geospatial Consortium (OGC) erstellt. SOSA ist eine vereinfachte, praktische Teilmenge der relativ umfangreichen und komplizierten W3C Semantic Sensor Network (SSN)-Ontologie.

EN 17632-1:2022 definiert „Eigenschaften“ als Attribute wie Qualitäten oder Quantitäten oder Relationen in einer einfachen und einer komplexen Weise. Einfache Eigenschaften werden direkt in den verfügbaren Sprachkonstrukten modelliert, ohne weitere Objektivierung dazwischen. Komplexe Eigenschaften werden über ein explizites „Eigenschaftswert“-Konzept modelliert, so dass Werte zu „Eigenschaftswert“-Instanzen werden.

Diese komplexe Eigenschaftsmodellierung wurde ursprünglich von einem Teil des (SOSA)-Ontologie-Ansatzes inspiriert, der ebenfalls QUDT für Mengenarten und Einheiten verwendet.

Der vollständige SOSA-Ansatz objektiviert nicht nur den Eigenschaftswert, sondern auch die Eigenschaft selbst. Er wendet also eine „doppelte Objektivierung“ für maximale Flexibilität an, die es ermöglicht, alle Arten von Metadaten hinzuzufügen, ohne das ‚gesamte OWL-Territorium‘ zu betreten. Er kann als eine weitere Erweiterung der Fähigkeit zur Modellierung komplexer Eigenschaften betrachtet werden, die SML Teil 1 bietet.

ANMERKUNG 1 SOSA kann auch für statische (zeitlich unveränderliche) Eigenschaften verwendet werden (anders als bei SSN sind die zeitbezogenen Eigenschaften freigestellt).

ANMERKUNG 2 SOSA kann auch für qualitative (statische oder dynamische) Eigenschaften verwendet werden. In diesem Fall kann `qudt:numericValue` durch den allgemeineren `rdf:value` ersetzt werden, der auch nicht-numerische Werte abdeckt (QUDT bietet keine nicht-numerische Wertvariante, da sein Anwendungsbereich mengenbezogen ist). Dies kann relevant sein, wenn nur eine Anwendung auf einer Komplexitätsebene bevorzugt wird, wenn bekannt ist, dass SOSA für qualitative Eigenschaften zu weit geht (da Einheiten nicht relevant sind usw.).

ANMERKUNG 3 In der Regel ist es erforderlich, mit angegebenen detaillierten (Roh-)Daten und abgeleiteten, globaleren/aggregierten Daten zu arbeiten. Beide werden als Beobachtungen angesehen.

Zusätzliche SOSA-Informationen und ein SOSA-Beispiel sind in Anhang C bzw. Anhang D enthalten.

## 5.9 Raumbezogene Geometrie (GeoSPARQL)

Üblicherweise werden zwei Arten von Geometrie unterschieden, die sich auf unterschiedliche physische Objekte beziehen:

- BIM-basierte detaillierte Geometrie für „reale Objekte“, und
- GIS-basierte globale Geometrie für „räumliche Regionen“.

In diesem Dokument wird der Entwurf von GeoSPARQL Version 1.1 [2] der OGC gewählt<sup>1</sup>, der einfache geometrische Darstellungen für die zweite Art bietet:

---

1 Es wurde ein Turtle-Fehler behoben: ein spezieller Bindestrich wurde in einen normalen Bindestrich geändert, was „OGC GeoSPARQL - A Geographic Query Language for RDF Data OGC 11-052r5“@en ergab.

- geo:SpatialObject
  - geo:Feature
    - geo:hasGeometry geo:Geometry
  - geo:Geometry
- geo:hasGeometry, with various subproperties:
  - geo:hasCentroid
  - geo:hasBoundingBox
  - geo:hasVolume

Jede sml:PhysicalObject-Instanz kann auch als geo:Feature klassifiziert werden, wenn Sie die Eigenschaft geo:hasGeometry erhält. Jede sml:Representation-Instanz kann auch als geo:Geometry klassifiziert werden. Wenn die Eigenschaft geo:hasGeometry verwendet wird, übernimmt sie die bestehenden (eher semantischen!) Eigenschaften sml:hasBoundary und/oder sml:hasInterior.

GeoSPARQL bietet mehrere geo:Geometry-Unterklassen über GML Simple Features (mit dem Präfix „sf“):

- sf:Point
- sf:LineString
- sf:Polygon

das auf zwei Arten mit einem Wert versehen werden kann:

- über geo:asWKT, oder
- über geo:asGML.

Im ersten Fall kann ein Wert entsprechend dem Datentyp geo:wktLiteral zugewiesen werden. Es kann ein sogenannter Reference System Identifier (SRID) URI hinzugefügt werden.

#### BEISPIEL 1

```
" <http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4326> Point(-83.38 33.95) "  
^^geo:wktLiteral
```

Wenn die SRID ausgelassen wird, wird als Standard-CRS angenommen:  
<http://www.opengis.net/def/crs/OGC/1.3/CRS84>.

#### BEISPIEL 2

```
ex:NationalMall a ex:Park;  
rdfs:label " National Mall " ;  
geo:hasGeometry ex:NMPoly .  
ex:NMPoly a sf:Polygon;  
geo:asWKT " POLYGON((-77.050125 38.892086, -77.039482 38.892036, -77.039482  
38.895393, -77.033669 38.895508, -77.033585 38.892052, -77.031906  
38.892086, -77.031883 38.887474, - 77.050232 38.887142, -77.050125  
38.892086)) " ^^geo:wktLiteral .
```

#### BEISPIEL 3 (andere Simple Feature-Geometrien)

```
" POINT (33.95 -83.38) " ^^geo:wktLiteral
" LINESTRING(long1 lat1, long2 lat2, ...) " ^^geo:wktLiteral
" POLYGON ((-77.2 38.8, -77 38.8, -77 39, -77.2 39.9, -77.2 38.8)) "
  ^^geo:wktLiteral
" POLYGON((long1 lat1, long2 lat2, ..., long1 lat1), (longA latA, longB latB,
  ..., longA latA)) " ^^geo:wktLiteral (Darstellung eines Polygons mit einem
  Loch)
```

Im zweiten Fall wird der GML Simple Features Code direkt verwendet (wiederum als Strings). Der Datentyp wird von geo:wktLiteral zu geo:gmlLiteral geändert.

#### BEISPIEL 4

```
geo:asGML " <gml:Polygon srsName= " EPSG:28992 "
  ><gml:exterior><gml:LinearRing>
<gml:posList srsDimension= " 2 " >97372 487153 97372 580407 149636 580407
  149636 487153 97372
  487153</gml:posList></gml:LinearRing></gml:exterior></gml:Polygon> "
  ^^geosparql:gmlLiteral .
```

In allen Fällen können die standardmäßigen GeoSPARQL-Eigenschaften wiederverwendet werden:

- geo:dimension
- geo:coordinateDimension
- geo:spatialDimension
- geo:isEmpty
- geo:isSimple
- geo:is3D

Die Ontologie WGS84\_pos für das Global Positioning System (GPS) wird nur für Breitengrad, Längengrad und Höhe wiederverwendet:

- geo:lat
- geo:long
- geo:alt

## 5.10 Übersicht über die erweiterten Modellierungskonstrukte

### 5.10.1 Erweiterte Konzepte

- MatterPortion
- Interface
- DiscreteObject
- AmountOfBulkMatter
- Matter
- PureSubstance

- ChemicalElement
- ChemicalCompound
- Mixture
- HomogeneousMixture
- HeterogenousMixture
- Connection
- Port
- Requirement
- RequirementTopicType
- RequirementSeverityType
- RequirementSourceType
- Interaction
- sosa:Observation
- sosa:FeatureOfInterest
- sosa:Result
- sosa:ObservableProperty
- sosa:Procedure
- sosa:Sensor
- time:Instant
- geo:SpatialObject
- geo:Feature
- geo:Geometry

### 5.10.2 Erweiterte Eigenschaften

Tabelle 1 — Festgelegte Eigenschaften der obersten Ebene

| Domäne                     | Eigenschaft     | Bereich        |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| SpatialRegion              | isBoundBy       | PhysicalObject |
| SpatialRegion              | contains        | RealObject     |
| RealObject oder<br>Mixture | consistsOf      | Matter         |
| Matter                     | chemicalFormula | String         |

**Tabelle 1** (*fortgesetzt*)

| <b>Domäne</b>    | <b>Eigenschaft</b>        | <b>Bereich</b>          |
|------------------|---------------------------|-------------------------|
| Matter           | aggregationStateType      | AggregationStateType    |
| Connection       | connectsObject            | PhysicalObject          |
| Connection       | connectsPort              | Port                    |
| PhysicalObject   | participatesIn            | Interaction             |
| PhysicalObject   | isConnectedTo             | PhysicalObject          |
| Interaction      | overConnection            | Connection              |
| Interaction      | overPort                  | Port                    |
| Interaction      | transferType              | TransferType            |
| TopConcept       | hasRequirement            | Requirement             |
| Requirement      | hasValue                  | String                  |
| Requirement      | requirementSourceType     | RequirementSourceType   |
| Requirement      | requirementSeverityType   | RequirementSeverityType |
| Requirement      | requirementTopicType      | RequirementTopicType    |
| Requirement      | source                    |                         |
| ConcreteConcept  | hasPartsGroup             | Gruppe                  |
| sosa:Observation | sosa:hasFeatureOfInterest | Sosa:FeatureOfInterest  |
| sosa:Observation | sosa:observedProperty     | sosa:ObservedProperty   |
| sosa:Observation | sosa:hasResult            | sosa:Result             |
| sosa:Observation | sosa:usedProcedure        | sosa:Procedure          |
| sosa:Observation | sosa:madeBySensor         | sosa:Sensor             |
| sosa:Observation | sosa:resultTime           | xsd:dateTime            |
| geo:Feature      | geo:hasGeometry           | geo:Geometry            |
| geo:Geometry     | geo:asWKT                 | geo:wktLiteral          |
| geo:Geometry     | geo:asGML                 | geo:gmlLiteral          |
|                  | qudt:unit                 |                         |
|                  | qudt:hasQuantityKind      |                         |

## 6 Implementierung von SML Teil 2 in Code

Die oben genannten erweiterten Modellierungsmuster sind in der Kombination der vier Sprachen (SKOS, RDFS, OWL und SHACL) im normativen Anhang A implementiert.

ANMERKUNG 1 Ein informatives Beispiel wird in Anhang B in OWL dargelegt.

ANMERKUNG 2 Das für diese Implementierung verwendete RDF-Format ist (für alle Sprachen) Turtle. Andere RDF-Formate können ohne Informationsverlust einfach mithilfe bestehender Übersetzer abgeleitet werden.

ANMERKUNG 3 Der Code wird auch separat als Nicht-Word-/PDF-Inhaltsdateien (Turtle-Textdateien) bereitgestellt.

## 7 Konformität

### 7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt zwei Konformitätsniveaus für Informationssätze fest.

Die in der Praxis tatsächlich geforderte Konformität kann in der Bestelldokumentation angegeben werden.

### 7.2 Konformität auf Sprachebene

Ein Informationssatz ist auf Sprachebene konform, wenn er wie durch dieses Dokument vorgeschrieben:

- 1) In Übereinstimmung mit einem Standard-RDF-Format (XML, Turtle oder JSON-LD) ausgedrückt wird und/oder direkt über die Standard-Abfragesprache SPARQL 1.1 zugänglich ist.
- 2) Im Fall expliziter Informationsmodelle, die die Informationssätze „semantisch“ machen, werden die Standardsprachen für vernetzte Informationen (wie RDF, SKOS, RDFS, OWL und/oder SHACL) und die Modellierungsmuster nach diesem Dokument verwendet. Dies setzt voraus, dass diese Informationsmodelle ebenfalls entsprechend des für die Informationssätze verwendeten Standard-RD-Formats ausgedrückt werden.

ANMERKUNG 1 Äquivalente RDF-Formate sind beispielsweise XML, Turtle und JSON-LD.

Informationsmodelle geben Assetinformationen aus jeder Perspektive wieder, einschließlich:

- softwarespezifische Semantik;
- personenspezifische Semantik;
- projektspezifische Semantik;
- abteilungsspezifische Semantik;
- organisationsspezifische Semantik;
- landesspezifische Semantik;
- vollständig generische internationale Semantik.

Semantik kann weiterhin softwarespezifisch sein, aber diese Semantik wird mindestens explizit modelliert und ist daher leichter zu jeder anderen Semantik umwandelbar. Aus diesem Grund sind Informationen sowohl syntaktisch als auch semantisch „von der Software befreit“.

### 7.3 Konformität auf semantischer Ebene

Ein Informationssatz ist auf semantischer Ebene entsprechend dieser Norm konform, wenn er die relevanten Erweiterungen für das generische Informationsmodell der obersten Ebene (ausgedrückt in einem der Standard-RDF-Formate und unter Verwendung der Standardsprachen für vernetzte Daten) nach diesem Dokument wiederverwendet.

Diese Konformität auf semantischer Ebene ergibt nur zusätzlich zur Konformität auf Sprachebene und zum generischen Modell der obersten Ebene, das bereits von Teil 1 bereitgestellt wird, Sinn (Bild 13).

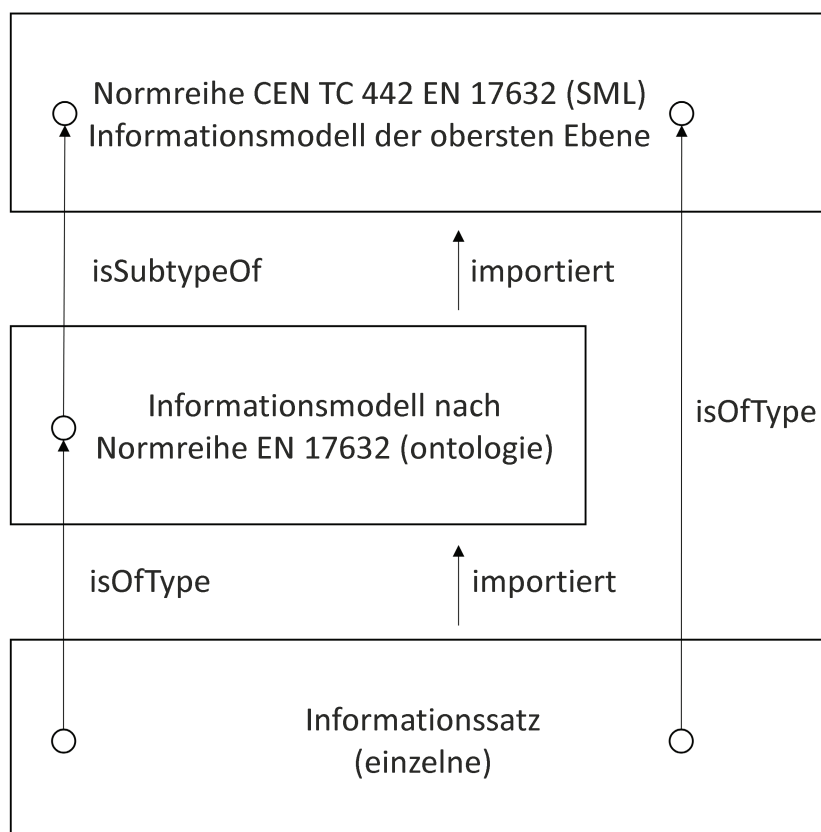


Bild 13 — Konformität für Informationssätze

## Anhang A (normativ)

### SML Teil 2-Implementierung bei ‚vernetzten Daten‘

#### A.1 Einführung

Dieser Anhang beschreibt den SML-Implementierungscode in den kombinierten Sprachen (SKOS, RDFS, OWL und SHACL) für ‚vernetzte Daten‘ (RDF-basiert) im RDF-Format Turtle. Er umfasst die Erweiterungen des Informationsmodells der obersten Ebene.

Es wird erwartet, dass es sich bei dem grundlegenden Sprachvokabular für xsd, rdf, rdfs und owl um ‚automatische‘ Importe handelt, d. h., für diese ist kein expliziter owl:imports-Abschnitt erforderlich. Es ist zu beachten, dass skos und shacl nicht in dieser Liste aufgeführt sind; die meisten semantischen Softwaretools erfordern einen expliziten Import oder fordern den Anwender bei der Erstellung einer skos- bzw. einer shacl-Datei dazu auf, diesen hinzuzufügen. Sie werden hier immer importiert. Weitere werden bei Bedarf importiert.

Es werden Präfixe festgelegt für

- den ‚Namespace-URI‘ (sml-term oder sml)
- alle automatischen Importe (xsd, rdf, rdfs und owl)
- alle für SML erforderlichen nicht automatischen Importe (skos, sh, qudt, unit, quantitykind, time, sosa, geo)
- sml-term im SML rdfs-Teil (es ist zu beachten, dass alle nicht-skos-Ressourcen über den gleichen ‚Namespace-URI‘ verfügen und das Präfix daher sml lautet)

Oftmals sind diese Importe/Präfixe zu viele (mehr als erforderlich), dies wird jedoch aus Gleichförmigkeitsgründen akzeptiert.

- Folgende ‚Namespace-URI‘ werden verwendet:
  - <https://w3id.org/sml/term#for skos> (Präfix: sml-term)
  - <https://w3id.org/sml/def#voor rdfs/owl/shacl> (Präfix: sml)
- Folgende ‚Graph-URI‘ werden verwendet:
  - <https://w3id.org/def/sml2/skos/term voor skos> (Datei: sml2-skos.ttl)
  - <https://w3id.org/def/sml2/rdfs/def voor rdfs> (Datei: sml2-rdfs.ttl)
  - <https://w3id.org/def/sml2/owl/def voor owl> (Datei: sml2-owl.ttl)
  - <https://w3id.org/def/sml2/shacl/def voor skos> (Datei: sml2-shacl.ttl)

Dieser Ansatz kann auch für Endnutzer-Ontologien verwendet werden, die SML verwenden (wie das typische Beispiel in Anhang B).

#### A.2 SKOS-Teil

```
# baseURI:  https://w3id.org/sml2/skos/term
# imports:  https://w3id.org/sml/skos/term
# imports:  http://qudt.org/schema/qudt
```

```
# imports: http://qudt.org/vocab/quantitykind
# imports: http://qudt.org/vocab/unit
# imports: http://www.w3.org/2004/02/skos/core
# imports: http://www.w3.org/2006/time
# imports: http://www.w3.org/ns/shacl
# imports: http://www.w3.org/ns/sosa
# imports: http://www.opengis.net/ont/geosparql
# prefix: sml-term
@prefix sml-term: < https://w3id.org/sml/term# > .
@prefix owl: < http://www.w3.org/2002/07/owl# > .
@prefix quantitykind: < http://qudt.org/vocab/quantitykind/ > .
@prefix qudt: < http://qudt.org/schema/qudt/ > .
@prefix rdf: < http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns# > .
@prefix rdfs: < http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema# > .
@prefix sh: < http://www.w3.org/ns/shacl# > .
@prefix skos: < http://www.w3.org/2004/02/skos/core# > .
@prefix time: < http://www.w3.org/2006/time# > .
@prefix unit: < http://qudt.org/vocab/unit/ > .
@prefix xsd: < http://www.w3.org/2001/XMLSchema# > .
@prefix sosa: < http://www.w3.org/ns/sosa/ > .
@prefix geo: < http://www.opengis.net/ont/geosparql > .
< https://w3id.org/sml2/skos/term >
  a skos:ConceptScheme ;
  owl:imports < https://w3id.org/sml/skos/term > ;
  owl:imports < http://qudt.org/schema/qudt/ > ;
  owl:imports < http://qudt.org/vocab/quantitykind/ > ;
  owl:imports < http://qudt.org/vocab/unit/ > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/2004/02/skos/core > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/2006/time > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/ns/shacl > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/sosa > ;
  owl:imports < http://www.opengis.net/ont/geosparql > ;
  skos:hasTopConcept sml-term:TopConcept ;
.
sml-term:AggregationStateType
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:EnumerationType ;
  skos:definition " One of the four fundamental states of matter being a
    solid, liquid, gas or plasma " @en ;
  skos:prefLabel " Aggregation state type " @en ;
.
sml-term:AmountOfBulkMatter
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:RealObject ;
  skos:definition " A real object that consists of a continuous amount of
    non-rigid matter, held together primarily by external forces (gravity or
    confinement) " @en ;
  skos:prefLabel " Amount of bulk matter " @en ;
.
sml-term:ChemicalCompound
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:PureSubstance ;
  skos:definition " Pure substance consisting of two or more chemical
    elements that have a chemical bond with each other. In a chemical
    compound, the elements occur in a fixed ratio. A compound can be broken
    down into simpler substances by means of chemical reactions " @en ;
  skos:prefLabel " Chemical compound " @en ;
```

```
.
sml-term:ChemicalElement
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:PureSubstance ;
  skos:definition " Pure substance that is made up of atoms with the same
    atomic number. A chemical element cannot be decomposed through chemical
    reactions " @en ;
  skos:prefLabel " Chemical element " @en ;
.
sml-term:Connection
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:PhysicalObject ;
  skos:definition " A physical object (real object or spatial area) that
    connects two other physical objects and over which interaction takes
    place, namely the transfer of matter, energy, information or forces " @en
  ;
  skos:prefLabel " Connection " @en ;
.
sml-term:DiscreteObject
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:RealObject ;
  skos:definition " A real object consisting of a contiguous amount of
    form-retaining matter, held together primarily by internal forces
    (gravity or electromagnetic force) " @en ;
  skos:prefLabel " Discrete object " @en ;
.
sml-term:EnergyFlow
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:TransferType ;
  skos:definition " The movement of an amount of energy (as capacity to do
    work) " @en ;
  skos:prefLabel " Energy flow " @en ;
.
sml-term:Force
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:TransferType ;
  skos:definition " Physical quantity which, when exerted on a body, causes
    tension or pressure to arise therein, or which causes the body to change
    motion, accelerate " @en ;
  skos:prefLabel " Force " @en ;
.
sml-term:Function
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Activity ;
  skos:broader sml-term:FunctionalActivity ;
  skos:definition " An activity performed by an object whose external
    behavior contributes to goals set by one or more technical entities " @en
  ;
  skos:prefLabel " Function " @en ;
.
sml-term:Gas
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:AggregationStateType ;
```

```
skos:definition " Matter in an intermediate state between liquid and
  plasma that can be contained only if it is fully surrounded by a solid
  (or in a bubble of liquid) (or held together by gravitational pull); it
  can condense into a liquid, or can (rarely) become a solid directly by
  deposition " @en ;
skos:prefLabel " Gas " @en ;
.
sml-term:HeterogeneousMixture
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Mixture ;
  skos:definition " A mixture that is separated into different regions or
    phases that have different compositions or properties " @en ;
  skos:prefLabel " Heterogeneous mixture " @en ;
.
sml-term:HomogeneousMixture
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Mixture ;
  skos:definition " A mixture that is uniform throughout, and has only one
    phase " @en ;
  skos:prefLabel " Homogeneous mixture " @en ;
.
sml-term:InformationFlow
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:TransferType ;
  skos:definition " The movement of information represented in some medium "
    @en ;
  skos:prefLabel " Information flow " @en ;
.
sml-term:Interaction
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Activity ;
  skos:definition " The activity being a combination of sub-activities
    performed by physical objects between which a transfer of matter,
    information, energy or force takes place, typically over a connection or
    interface (directly or through ports) " @en ;
  skos:prefLabel " Interaction " @en ;
.
sml-term:Interface
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:SpatialRegion ;
  skos:definition " A spatial object, typically a thin 2D physical space
    (but also 0D or 1D) that connects two physical objects or ports of
    physical objects through which a static or dynamic interaction or
    interaction between those elements can take place " @en ;
  skos:prefLabel " Interface " @en ;
.
sml-term:Liquid
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:AggregationStateType ;
  skos:definition " A liquid is a nearly incompressible fluid that conforms
    to the shape of its container but retains a (nearly) constant volume
    independent of pressure " @en ;
  skos:prefLabel " Liquid " @en ;
.
sml-term:MaterialFlow
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:TransferType ;
```

```
    skos:definition " The movement of an amount of material " @en ;
    skos:prefLabel " Material flow " @en ;
.
sml-term:Matter
  a skos:Concept ;
  skos:altLabel " Chemical substance " @en ;
  skos:broader sml-term:PhysicalObject ;
  skos:definition " A pure chemical substance, chemical compound or mixture
    from which real objects are made " @en ;
  skos:prefLabel " Matter " @en ;
.
sml-term:MatterPortion
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:RelationReference ;
  skos:definition " An objectified relation reference for the consists of
    relation " @en ;
  skos:prefLabel " Matter portion " @en ;
.
sml-term:Mixture
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Matter ;
  skos:definition " The combination of two or more different pure substances
    without the molecules losing their identity " @en ;
  skos:prefLabel " Mixture " @en ;
.
sml-term:Plasma
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:AggregationStateType ;
  skos:definition " A phase in which the particles of a gaseous substance
    are ionised " @en ;
  skos:prefLabel " Plasma " @en ;
.
sml-term:Port
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:PhysicalObject ;
  skos:definition " A physical or logical point of interaction as part of a
    physical object where, through a connection or interface, an interaction
    can take place " @en ;
  skos:prefLabel " Port " @en ;
.
sml-term:PureSubstance
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:Matter ;
  skos:definition " Chemical matter that has an equal chemical composition
    and recognizable uniform and isotropic properties " @en ;
  skos:prefLabel " Pure substance " @en ;
.
sml-term:RealObject
  a skos:Concept ;
  skos:altLabel " Amount of matter " @en ;
  skos:broader sml-term:PhysicalObject ;
  skos:definition " physical object (rigid or non-rigid) that is (or can be)
    tangible and visible in reality, man-made or naturally occurring " @en ;
  skos:prefLabel " Real object " @en ;
.
sml-term:Requirement
  a skos:Concept ;
```

```
skos:broader sml-term:InformationObject ;
skos:definition " A rule that should hold for something, defined via its
  attributes or relations " @en ;
skos:prefLabel " Requirement " @en ;
.
sml-term:RequirementSeverityType
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:EnumerationType ;
  skos:definition " The seriousness of a requirement like demanded or wished
    " @en ;
  skos:prefLabel " Requirement severity type " @en ;
.
sml-term:RequirementSourceType
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:EnumerationType ;
  skos:definition " The type of source from which a requirement comes like a
    client, by definition, recommended by the sector or demanded by
    law/regulation " @en ;
  skos:prefLabel " Requirement source type " @en ;
.
sml-term:RequirementTopicType
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:EnumerationType ;
  skos:definition " The entity aspect a requirement applies to " @en ;
  skos:prefLabel " Requirement topic type " @en ;
.
sml-term:Solid
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:AggregationStateType ;
  skos:definition " Matter that can be picked up or held, having a texture,
    and usually firm. Unlike a liquid, gas or plasma " @en ;
  skos:prefLabel " Solid " @en ;
.
sml-term:SpatialRegion
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:PhysicalObject ;
  skos:definition " A physical object that encloses a particular area such
    as a room, roadway and river, that is bounded by real objects or other
    spatial areas (e.g., by usage or convention) and that contains primarily
    liquid or gaseous amount of matter " @en ;
  skos:prefLabel " Spatial region " @en ;
.
sml-term:TransferType
  a skos:Concept ;
  skos:broader sml-term:EnumerationType ;
  skos:definition " The type of thing being transferred, here: material,
    information, energy or force " @en ;
  skos:prefLabel " Transfer type " @en ;
.
sml-term:aggregationStateType
  a skos:Concept ;
  skos:definition " The possession of an aggregation state type " @en ;
  skos:prefLabel " aggregation state type " @en ;
.
sml-term:chemicalFormula
  a skos:Concept ;
```

```
skos:definition " The possession of information about the chemical
proportions of atoms that constitute a particular chemical compound " @en
;
skos:prefLabel " chemical formula " @en ;
.
sml-term:connectsObject
a skos:Concept ;
skos:definition " The physical objects connected by a connection or
interface " @en ;
skos:prefLabel " connects object " @en ;
.
sml-term:connectsPort
a skos:Concept ;
skos:definition " The ports (as part of physical objects) connected by a
connection or interface " @en ;
skos:prefLabel " connects port " @en ;
.
sml-term:consistsOf
a skos:Concept ;
skos:definition " The matter a real object or mixture is made of " @en ;
skos:prefLabel " consists of " @en ;
.
sml-term:contains
a skos:Concept ;
skos:definition " The real objects located in a spatial region, typically
the gaseous amount of bulk matter present in that region " @en ;
skos:prefLabel " contains " @en ;
.
sml-term:hasPartsGroup
a skos:Concept ;
skos:definition " The possession of an group of, potentially implicit,
parts " @en ;
skos:prefLabel " has parts group " @en ;
.
sml-term:hasRequirement
a skos:Concept ;
skos:definition " The (unstructured) requirement for something " @en ;
skos:prefLabel " has requirement " @en ;
.
sml-term:isBoundBy
a skos:Concept ;
skos:definition " The physical object that bounds a spatial region " @en ;
skos:prefLabel " is bound by " @en ;
.
sml-term:isConnectedTo
a skos:Concept ;
skos:definition " The topological relation between physical objects " @en ;
skos:prefLabel " is connected to " @en ;
.
sml-term:overConnection
a skos:Concept ;
skos:definition " The connection over which an interaction between
physical objects takes place " @en ;
skos:prefLabel " over connection " @en ;
.
sml-term:overInterface
a skos:Concept ;
```

```
    skos:definition " The interface over which an interaction between physical
        objects takes place " @en ;
    skos:prefLabel " over interface " @en ;
.
sml-term:participatesIn
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The interaction a physical object participates in " @en ;
    skos:prefLabel " participates in " @en ;
.
sml-term:portion
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The relative portion of a matter portion " @en ;
    skos:prefLabel " portion " @en ;
.
sml-term:requirementSeverityType
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The possession of a severity type by a requirement " @en
    ;
    skos:prefLabel " requirement severity type " @en ;
.
sml-term:requirementSourceType
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The possession of a source type by a requirement " @en ;
    skos:prefLabel " requirement source type " @en ;
.
sml-term:requirementTopicType
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The possession of a topic type by a requirement " @en ;
    skos:prefLabel " requirement topic type " @en ;
.
sml-term:transferType
    a skos:Concept ;
    skos:definition " The possession of a transfer type by an interaction " @en
    ;
    skos:prefLabel " transfer type " @en ;
.
```

### A.3 RDFS-Teil

**ANMERKUNG** Die Typisierung zu rdfs-Klassen ist nicht wirklich erforderlich, da diese durch die Typisierung zu owl-Klassen gestört werden kann. Zur Verdeutlichung und für den möglichen separaten Gebrauch, sind sie explizit dargelegt.

```
# baseURI: https://w3id.org/sml2/rdfs/def
# imports: https://w3id.org/sml/rdfs/def
# imports: http://qudt.org/schema/qudt
# imports: http://qudt.org/vocab/quantitykind
# imports: http://qudt.org/vocab/unit
# imports: http://www.w3.org/2004/02/skos/core
# imports: http://www.w3.org/2006/time
# imports: http://www.w3.org/ns/shacl
# imports: http://www.w3.org/ns/sosa
# imports: http://www.opengis.net/ont/geosparql
# prefix: sml
@prefix sml: < https://w3id.org/sml/def# > .
@prefix sml-term: < https://w3id.org/sml/term# > .
@prefix owl: < http://www.w3.org/2002/07/owl# > .
@prefix quantitykind: < http://qudt.org/vocab/quantitykind/ > .
```

```
@prefix qudt: < http://qudt.org/schema/qudt/ > .
@prefix rdf: < http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns# > .
@prefix rdfs: < http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema# > .
@prefix sh: < http://www.w3.org/ns/shacl# > .
@prefix skos: < http://www.w3.org/2004/02/skos/core# > .
@prefix time: < http://www.w3.org/2006/time# > .
@prefix unit: < http://qudt.org/vocab/unit/ > .
@prefix xsd: < http://www.w3.org/2001/XMLSchema# > .
@prefix sosa: < http://www.w3.org/ns/sosa/ > .
@prefix geo: < http://www.opengis.net/ont/geosparql > .
< https://w3id.org/sml2/rdfs/def >
  a owl:Ontology ;
  owl:imports < https://w3id.org/sml/rdfs/def > ;
  owl:imports < http://qudt.org/schema/qudt/ > ;
  owl:imports < http://qudt.org/vocab/quantitykind v> ;
  owl:imports < http://qudt.org/vocab/unit/ > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/2004/02/skos/core > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/2006/time v> ;
  owl:imports < http://www.w3.org/ns/shacl > ;
  owl:imports < http://www.w3.org/sosa > ;
  owl:imports < http://www.opengis.net/ont/geosparql > ;
.
sml:AggregationStateType
  a rdfs:Class ;
  a sml:EnumerationType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:AggregationStateType ;
  skos:definition " One of the four fundamental states of matter being a
    solid, liquid, gas or plasma " @en ;
  skos:prefLabel " Aggregation state type " @en ;
.
sml:AmountOfBulkMatter
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:AmountOfBulkMatter ;
  rdfs:subClassOf sml:RealObject ;
  skos:definition " A real object that consists of a continuous amount of
    non-rigid matter, held together primarily by external forces (gravity or
    confinement) " @en ;
  skos:prefLabel " Amount of bulk matter " @en ;
.
sml:ChemicalCompound
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:ChemicalBonding ;
  rdfs:subClassOf sml:PureSubstance ;
  skos:definition " Pure substance consisting of two or more chemical
    elements that have a chemical bond with each other. In a chemical
    compound, the elements occur in a fixed ratio. A compound can be broken
    down into simpler substances by means of chemical reactions " @en ;
  skos:prefLabel " Chemical compound " @en ;
.
sml:ChemicalElement
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:ChemicalElement ;
  rdfs:subClassOf sml:PureSubstance ;
  skos:definition " Pure substance that is made up of atoms with the same
    atomic number. A chemical element cannot be decomposed through chemical
    reactions " @en ;
  skos:prefLabel " Chemical element " @en ;
```

```
.
sml:Connection
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Connection ;
  rdfs:subClassOf sml:PhysicalObject ;
  skos:definition " A physical object (real object or spatial area) that
    connects two other physical objects and over which interaction takes
    place, namely the transfer of matter, energy, information or forces " @en
  ;
  skos:prefLabel " Connection " @en ;
.
sml:DiscreteObject
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:DiscreteObject ;
  rdfs:subClassOf sml:RealObject ;
  skos:definition " A real object consisting of a contiguous amount of
    form-retaining matter, held together primarily by internal forces
    (gravity or electromagnetic force) " @en ;
  skos:prefLabel " Discrete object " @en ;
.
sml:EnergyFlow
  a sml:TransferType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:EnergyFlow ;
  skos:definition " The movement of an amount of energy (as capacity to do
    work) " @en ;
  skos:prefLabel " Energy flow " @en ;
.
sml:Force
  a sml:TransferType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Force ;
  skos:definition " Physical quantity which, when exerted on a body, causes
    tension or pressure to arise therein, or which causes the body to change
    motion, accelerate " @en ;
  skos:prefLabel " Force " @en ;
.
sml:Function
  a rdfs:Class ;
  rdfs:subClassOf sml:Activity ;
  rdfs:subClassOf sml:FunctionalActivity ;
  skos:definition " An activity performed by an object whose external
    behavior contributes to goals set by one or more technical entities " @en
  ;
  skos:prefLabel " Function " @en ;
.
sml:Gas
  a sml:AggregationStateType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Gas ;
  skos:definition " Matter in an intermediate state between liquid and
    plasma that can be contained only if it is fully surrounded by a solid
    (or in a bubble of liquid) (or held together by gravitational pull); it
    can condense into a liquid, or can (rarely) become a solid directly by
    deposition " @en ;
  skos:prefLabel " Gas " @en ;
.
sml:HeterogeneousMixture
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:HeterogeneousMixture ;
```

```
rdfs:subClassOf sml:Mixture ;
skos:definition " A mixture that is separated into different regions or
  phases that have different compositions or properties " @en ;
skos:prefLabel " Heterogeneous mixture " @en ;
.
sml:HomogeneousMixture
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:HomogeneousMixture ;
  rdfs:subClassOf sml:Mixture ;
  skos:definition " A mixture that is uniform throughout, and has only one
    phase " @en ;
  skos:prefLabel " Homogeneous mixture " @en ;
.
sml:InformationFlow
  a sml:TransferType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:InformationFlow ;
  skos:definition " The movement of information represented in some medium "
    @en ;
  skos:prefLabel " Information flow " @en ;
.
sml:Interaction
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Interaction ;
  rdfs:subClassOf sml:Activity ;
  skos:definition " The activity being a combination of sub-activities
    performed by physical objects between which a transfer of matter,
    information, energy or force takes place, typically over a connection or
    interface (directly or through ports) " @en ;
  skos:prefLabel " Interaction " @en ;
.
sml:Interface
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Interface ;
  rdfs:subClassOf sml:SpatialRegion ;
  skos:definition " A spatial object, typically a thin 2D physical space
    (but also 0D or 1D) that connects two physical objects or ports of
    physical objects through which a static or dynamic interaction or
    interaction between those elements can take place " @en ;
  skos:prefLabel " Interface " @en ;
.
sml:Liquid
  a sml:AggregationStateType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Liquid ;
  skos:definition " A liquid is a nearly incompressible fluid that conforms
    to the shape of its container but retains a (nearly) constant volume
    independent of pressure " @en ;
  skos:prefLabel " Liquid " @en ;
.
sml:MaterialFlow
  a sml:TransferType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:MaterialFlow ;
  skos:definition " The movement of an amount of material " @en ;
  skos:prefLabel " Material flow " @en ;
.
sml:Matter
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Matter ;
```

```
rdfs:subClassOf sml:PhysicalObject ;
skos:definition " A pure chemical substance, chemical compound or mixture
  from which real objects are made " @en ;
skos:prefLabel " Matter " @en ;
.
sml:MatterPortion
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:MatterPortion ;
  rdfs:subClassOf sml:RelationReference ;
  skos:definition " An objectified relation reference for the consists of
    relation " @en ;
  skos:prefLabel " Matter portion " @en ;
.
sml:Mixture
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Mixture ;
  rdfs:subClassOf sml:Matter ;
  skos:definition " The combination of two or more different pure substances
    without the molecules losing their identity " @en ; skos:prefLabel "
    Mixture " @en ;
.
sml:Plasma
  a sml:AggregationStateType ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Plasma ;
  skos:definition " A phase in which the particles of a gaseous substance
    are ionised " @en ;
  skos:prefLabel " Plasma " @en ;
.
sml:Port
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Port ;
  rdfs:subClassOf sml:PhysicalObject ;
  skos:definition " A physical or logical point of interaction as part of a
    physical object where, through a connection or interface, an interaction
    can take place " @en ;
  skos:prefLabel " Port " @en ;
.
sml:PureSubstance
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:PureSubstance ;
  rdfs:subClassOf sml:Matter ;
  skos:definition " Chemical matter that has an equal chemical composition
    and recognizable uniform and isotropic properties " @en ;
  skos:prefLabel " Pure substance " @en ;
.
sml:RealObject
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:RealObject ;
  rdfs:subClassOf sml:PhysicalObject ;
  skos:definition " physical object (rigid or non-rigid) that is (or can be)
    tangible and visible in reality, man-made or naturally occurring " @en ;
  skos:prefLabel " Real object " @en ;
.
sml:Requirement
  a rdfs:Class ;
  rdfs:seeAlso sml-term:Requirement ;
  rdfs:subClassOf sml:InformationObject ;
```