

# Maschinenlesbare RDF Ontologien und Vokabulare aus dem Bereich der industriellen Fertigung

**Konrad Abicht**  
k.abicht@gmail.com

TODO Datum der Veröffentlichung

## Zusammenfassung

**Einleitung:** Aktuell gibt es keine geprüfte Liste mit maschinenlesbaren, öffentlich-zugänglichen RDF-Ontologien und -Vokabularen mit Bezug zum Themengebiet der industriellen Fertigung. Ähnliche Arbeiten, wie IndustryPortal, sind teilweise Community-getrieben und besitzen keine Prüfung der Metadaten, wodurch es zu Widersprüchen zwischen den Angaben auf dem Portal und in den RDF-Daten kommt. Eine solche Liste wird benötigt, um den Zugang zu den Ontologien zu erleichtern, damit interessierte Personen und Institutionen sich nicht erst die im Internet verstreuten Fakten zusammen suchen müssen.

**Methodik:** Es wurde im Zeitraum vom **01.11.2023 - 03.04.2024** eine Internet- und Literaturrecherche durchgeführt und eine Liste mit allen thematisch passenden und referenzierten Ontologien und Vokabularen im Form einer CSV-Datei erstellt (stark vereinfachte Variante im Anhang). Zu jeder Ontologie wurden eine Reihe von Metadaten erfasst (z.B. Name, Kurzbeschreibung, Projektseite, Version, letzte Änderung und Lizenz). Es wurden alle Ontologien ignoriert, zu denen es zwar wissenschaftliche Publikationen gibt, jedoch keine öffentlich zugänglichen RDF-Daten. Weitere Auswertungen sind am Ende der Publikation zu finden.

**Resultate:** Im Rahmen der Recherche wurden **217** Ontologien bzw. Vokabulare für den Themenbereich industrielle Fertigung (und angrenzende Themengebiete) gefunden. Nur **50** Ontologien besitzen vollständige Metadaten, bei dem Rest (N=167) konnte mindestens ein Metadatum nicht ermittelt werden. **180** Ontologien stehen unter einer freien bzw. Open Source Lizenz zur Verfügung. Eine dereferenzierbare Ontologie URI konnte bei **178** Ontologien nachgewiesen werden.

**Diskussion:** Die Untersuchung wurde lediglich über einen Zeitraum von 5 Monaten durchgeführt. Weiterhin wurde der thematische Fokus industrielle Fertigung in einem weiten Sinne betrachtet, wodurch möglicherweise auch thematisch nicht passende Ontologien einbezogen wurden. Es gab zudem auch Fehler beim Auslesen mancher RDF-Dateien, wodurch eine manuelle Auswertung nötig war.

**Fazit:** Der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit ist eine händisch geprüfte Liste von Ontologien, die frei zugänglich sind und damit potenziell in eigenen Projekten zum Einsatz kommen könnten. Daneben gibt es eine Auswertung zu den Rechercheergebnissen, wodurch Rückschlüsse zum Zustand der betrachteten Ontologien gezogen werden können. Aufgrund der frei zugänglichen Forschungsdaten können nachfolgende Untersuchungen leichter durchgeführt werden.

*Alle erstellten Forschungsdaten stehen unter der Lizenz Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0) in dem folgenden Github-Repository für die Öffentlichkeit zur freien Verwendung zur Verfügung:*

<https://github.com/k00ni/manufacturing-industry-ontology-list>

# 1 Einleitung

Die Metadaten zu formalen Ontologien und Vokabularen sind aktuell weit verstreut im Internet. Aus diesem Grund ist eine umfassende Recherche nach Ontologien für ein konkretes Themengebiet oft mühsam und zeitraubend. Man muss für einen vollständigen Blick neben Seiten mit Spezifikationen und wissenschaftlichen Publikationen auch verschiedene Ontologie-Portale konsultieren. Für den durchschnittliche Domain Experten stellt das eine hohe Hürde da, weil häufig nicht das Hintergrundwissen in den Formalen Ontologien und Semantic Web Technologien vorhanden ist [9].

Es fehlt an Brücken zwischen den Formalen Ontologien, OWL-Ontologien und den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen. Diese Arbeit soll eine solche Brücke für die Bereiche OWL-Ontologien und industrielle Fertigung beisteuern. Im Rahmen einer Internet- und Literaturrecherche wurden alle auffindbaren, öffentlich zugänglichen<sup>1</sup> und in RDF vorliegenden Ontologien (und Vokabulare) aus dem Themengebiet der industriellen Fertigung gesammelt. Das Ziel war die Erstellung einer Liste, bestehend aus maschinenlesbaren Ontologien, die eine automatisierte Verarbeitung des modellierten Wissens erlauben (z.B. Training einer KI oder OWL Reasoning). Interessenten können somit thematisch passende Ontologien aus der Liste auswählen, sich die RDF-Daten herunterladen und z.B. mit eigenen Axiomen ergänzen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren solche Testbeds/Experimente nur sehr begrenzt und mit hohem technischen Aufwand möglich.

Die Arbeit ist wie folgt strukturiert: Kapitel 2 fasst das notwendige Vorwissen des Lesers zusammen. In Kapitel 3 werden verwandte Arbeiten und Projekte vorgestellt. Die Methodik wird im Detail in Kapitel 4 vorgestellt. In Kapitel 5 erfolgt die Auswertung der Rechercheergebnisse. In Kapitel 6 folgt eine kurze Diskussion und Kapitel 7 schließt mit einem Fazit und Ausblick ab.

## 2 Fachlicher Hintergrund

In diesem Kapitel werden die notwendige Vorkenntnisse für diese Arbeit kurz zusammengefasst.

### 2.1 Konzepte und Technologien des Semantic Web

Das Resource Description Framework (RDF)<sup>2</sup> ist ein Model für Datenaustausch im Internet. RDF erweitert die Link-basierte Struktur des Internets. In diesem Zusammenhang spielen URLs, URIs und IRIs eine wichtige Rolle. URL steht für Uniform Resource Locator und gibt eine Adresse einer Resource im Internet an. Jede URL kann als Uniform Resource Identifier (URI) angesehen werden. Man nutzt URIs zur Identifikation von abstrakten oder physischen Ressourcen. URIs dürfen nur aus ASCII-Zeichen bestehen, weshalb man irgendwann Internationalized Resource Identifiers (IRI) eingeführt hat. Der Begriff Dereferenzierbarkeit spielt im Rahmen dieser Arbeit eine wichtige Rolle. Eine URL (URI, IRI) wird dereferenzierbar genannt, wenn man sie aufrufen kann und eine valide Antwort erhält (z.B. RDF-Daten für eine gegebene Ontologie IRI). Die Web Ontology Language (OWL) baut auf RDF auf und ist eine Spezifikation des W3C, um Ontologien formal beschrieben und verteilen zu können. Im Rahmen dieser Arbeit wird sich auf Ontologien im Dateiformat RDF/Turtle bzw. RDF/XML fokussiert.

### 2.2 Ontologien und Kontrollierte Vokabulare

Im Rahmen dieser Arbeit lag der Fokus auf maschinenlesbaren RDF Ontologien und Vokabularen. Maschinenlesbarkeit ist gegeben, wenn die Ontologie in Textform (z.B. Textdatei in einer RDF-Notation) vorliegt und die Datei über eine URL abgerufen werden kann. Die Ontologie muss zudem ein Vokabular zur Beschreibung des Fachgebietes bereitstellen und eine logische Theorie (z.B. in Form von Axiomen, Regeln, Hierarchien) über das Fachgebiet zugrunde legen, die auf das Vokabular zurückgreift. In der Praxis sind die Ontologien bei diesem Punkt manchmal lückenhaft, weshalb die Theorie nur in Ansätzen erkennbar sein muss.

Diese Kriterien basieren größtenteils auf den Ausführungen von Fabian Neuhaus aus [7], mit ein paar Ergänzungen. **Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff Ontologie auch für Vokabulare genutzt, außer es wird explizit darauf hingewiesen.** Der Grund für diese Festlegung sind die

---

<sup>1</sup>RDF-Dokument ist über eine URL abrufbar.

<sup>2</sup><https://www.w3.org/RDF/>

Rechercheergebnisse, die zeigen, dass manche Autoren ihre eigenen Arbeiten sowohl als Ontologie als auch Vokabular bezeichnen. Zum Beispiel bezeichnet Martin Hepp GoodRelations als standardisiertes Vokabular für Produkte, Preise und Unternehmensdaten, nutzt jedoch Ontologie als Quasi-Synonym, siehe das folgende Zitat: *"GoodRelations is a standardized vocabulary (also known as "schema", "data dictionary", or "ontology") for product, price, store, and company data that can [...]"*<sup>3</sup>.

### 2.2.1 Ontologiearten

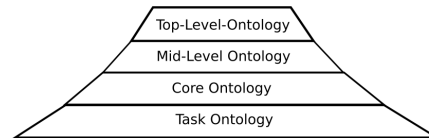


Figure 1: Ontology Types

Die Rechercheergebnisse zeigten, dass die Ontologie-Autoren ihre Arbeiten überwiegend nach der etablierten Vierteilung einordnen. Zuerst kommen die **Top-Level Ontologien** (Synonyme: Upper Ontology, Foundational Ontology). Sie beinhaltet fachgebiets-unabhängige Inhalte (Begriffe, Relationen, Axiome etc.) zur Beschreibung eines Ausschnitts der Realität. Zu den bekanntesten gehören Suggested Upper Merged Ontology (SUMO), Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering (DOLCE) und Basic Formal Ontology (BFO). Es folgt die Ebene der **Mid-Level Ontologie**, welche die Inhalte der Top-Level Ontologie ergänzt bzw. verändert. Sie besitzen einen geringen thematischen Bezug und dienen als inhaltliche Brücke zwischen einer Top-Level Ontologie und ihr direkt untergeordneten Kern- bzw. Task-Ontologien. Danach folgt die Ebene der **Kern Ontologie** (Synonyme: Core Ontology, Domain Ontology). Ihr Inhalt bezieht sich stärker auf ein Fachgebiet oder sie ergänzt die Inhalte anderer Ontologien. Unter den Kern-Ontologien folgt die **Task-Ontologie** (Synonyme: Application Ontology). Sie nutzt in der Regel die Inhalte von Ontologien höherer Ebenen und stellt eigene Inhalte für einen konkreten Anwendungsfall bereit.

Als Nutzer der hier vorgestellten Ontologien sollte man wissen, auf welcher Ebene sich eine Ontologie befindet. Das impliziert die inhaltliche Ausprägung und etwaige Abhängigkeiten, die bei der späteren Verarbeitung eine Rolle spielen. So übernimmt eine Kern Ontologie die Theorie einer Top-Level Ontologie (inkl. aller Implikationen), was bei Nichtbeachtung später z.B. zu Widersprüchen mit eigenen Axiomen führen kann.

### 2.2.2 Ontology Design Pattern (ODP)

Ontology Design Pattern (ODP) sind kleine unabhängige Ontologien, die einen sehr begrenzten Themenbereich modellieren und dabei einen hohen Grad an Wiederverwendbarkeit und Kombinierbarkeit mit anderen ODPs und Modellierungsansätzen besitzen [4]. Es besteht keine Beschränkung für deren Aufbau, Struktur und Ausrichtung. Die ODPs lassen sich auch in die vorgestellte Vierteilung der Ontologien entsprechend einordnen.

## 2.3 Lizenzinformationen

Zu jeder Ontologie wurde die zugehörige Lizenz recherchiert. Sie bestimmt die rechtlichen Rahmenbedingungen unter denen eine Ontologie benutzt werden darf. Man sollte als Leser ein grobes Verständnis über die Inhalte freier Lizenzen wie den Creative Commons Lizenzen haben.

## 3 Verwandte Arbeiten

Es konnten keine Vorarbeiten gefunden werden, bei denen eine geprüfte Liste an Ontologien aus dem Themenbereich der industriellen Fertigung bzw. der Industrie im Allgemeinen erstellt wurde. Jedoch gibt es ein paar Onlinedienste und wissenschaftliche Publikationen, die ähnliche Anstrengungen betreffen.

<sup>3</sup>Quelle: <https://www.heppnetz.de/ontologies/goodrelations/v1.html>

### 3.1 IndustryPortal

IndustryPortal [1] (<https://industryportal.enit.fr/ontologies>) ist eine Open Source Plattform für die Entwicklung, Publikation und Pflege von Ontologien aus dem Themenbereich Industrie, welche im Rahmen des OntoCommons-Projektes<sup>4</sup> entwickelt wurde. Auf der Plattform können registrierte Benutzer u.a. neue Ontologien eintragen und bestehende Metadaten verändern<sup>5</sup>. Es wurden keine Angaben gefunden, die auf eine Überprüfung solcher Einreichungen hinweisen.

Die Hauptunterschiede zwischen IndustryPortal und dieser Arbeit liegen in der Methodik und dem Datenumfang. Es konnte mehrfach nachgewiesen werden, dass Metadaten in IndustryPortal in manchen Fällen unvollständig sind bzw. im Widerspruch zu den RDF-Daten stehen. Als Beispiel ist die Ontologie mit dem Namen "Industry 4.0 Knowledge Graph"<sup>6</sup> zu nennen. Dieser Name weicht von dem ab, der in den RDF-Daten verwendet wird: "Industrial IoT Architecture Ontology" (dcterms:title als Property). Es enthält zum aktuellen Zeitpunkt<sup>7</sup> 109 Ontologien für den Themenbereich Industrie im weitesten Sinne. Im Rahmen dieser Arbeit wurden jedoch über 217 Ontologie allein im erweiterten Themenbereich industrielle Fertigung ermittelt. Am 03.04.2024 wurde festgestellt, dass bei manchen Ontologien die hinterlegten RDF-Daten von RDF/XML in Turtle geändert wurden<sup>8</sup>. Der Download-Link trägt den Titel "OWL" und sagt daher nichts über die RDF-Notation aus. Jedoch irritiert es und stört Implementierungen, wenn hinterlegte Verlinkungen über die Zeit die Syntax der Daten ändern.

Trotz dieser Beobachtungen ist IndustryPortal eine wertvolle Quelle, denn sie stellen kostenfrei eine Infrastruktur bereit, die eine langfristige Verbesserung der Ontologien und zugehörigen Metadaten erlaubt.

### 3.2 OntoCommons Ontology Catalogue

Der OntoCommons Ontology Catalogue<sup>9</sup> wurde im Rahmen des OntoCommons-Projektes erstellt und wird scheinbar weiterhin gepflegt. Jeder kann über ein Online-Formular<sup>10</sup> Ontologien für die Liste vorschlagen. Aktuell<sup>11</sup> enthält die Liste nur 37 Ontologien, die sich fokussieren auf die Themenbereiche industrielle Fertigung, Materialien und Bauwesen. Der Umfang und die Qualität der Metadaten je Ontologie schwanken ebenfalls. Bei manchen Ontologien ist kein Link auf die RDF-Daten angegeben, womit sich die Frage stellt, warum diese überhaupt erwähnt werden<sup>12</sup>.

### 3.3 Wissenschaftliche Publikationen

**Ontologies for Industry 4.0** Aufgrund der hohen thematischen Übereinstimmung wurde die Publikation [5] aufgenommen. Die Autoren geben zuerst eine kurze Einführung in die Themengebiete Industrie 4.0, Factory 4.0 und Smart Manufacturing und zählen danach relevante Herausforderungen in diesem Zusammenhang auf, z.B. Mensch-Maschine-Kommunikation oder Datenanalyse. Später im Papier werden zu diesen Themenbereichen passend die folgenden 4 Ontologien vorgestellt:

1. **CORA:** Core Ontology for Robotics and Automation
2. **ROA:** The Ontology for Autonomous Robotics<sup>13</sup>
3. **ORArch:** Ontology for Robotic Architecture
4. **O4I4:** Ontology for Industry 4.0

Leider gaben die Autoren keine Links auf die zugehörigen RDF-Daten an, wodurch die Ontologien eigentlich nicht im Scope dieser Arbeit sind. Jedoch konnte im Rahmen der Recherche ein Link auf die RDF-Daten der CORA Ontologie ermittelt werden<sup>14</sup>.

---

<sup>4</sup><https://ontocommons.eu/>

<sup>5</sup><https://industryportal.github.io/>

<sup>6</sup><https://industryportal.enit.fr/ontologies/I40KG>

<sup>7</sup>28.03.2024

<sup>8</sup>z.B. <https://industryportal.enit.fr/ontologies/OMPD-CMT0>, siehe OWL-Download-Link

<sup>9</sup><https://data.ontocommons.linkeddata.es/index>

<sup>10</sup><https://ontocommons.eu/node/146>

<sup>11</sup>28.03.2024

<sup>12</sup>Beispiel "MPFQ Ontology (Material-Process-Function-Quality)":

[https://data.ontocommons.linkeddata.es/vocabulary/MpfqOntology\(material-process-function-quality\)](https://data.ontocommons.linkeddata.es/vocabulary/MpfqOntology(material-process-function-quality))

<sup>13</sup>In der zugehörigen Publikation[8] kürzen die Autoren die Ontologie jedoch mit ORA ab.

<sup>14</sup><https://github.com/srfiorini/IEEE1872-owl>

**Where to Publish and Find Ontologies? A Survey of Ontology Libraries** Die Autoren des Papiers [2] geben einen Überblick über Ontologie-Bibliotheken (inkludiert auch Ontology Directory, Ontology Repository, Ontology Archive). Diese Publikation ist relevant, weil sie weiterhin nutzbare Ontologie-Bibliotheken auflistet. Neben Metadaten wie Name, Lizenz und die neuste Version, werden häufig auch die zugehörigen RDF Daten bereitgestellt. Die folgenden Portale wurden erwähnt und werden nach eigener Prüfung weiterhin als nutzbar angesehen:

1. BioPortal (<https://bioportal.bioontology.org/>, Themengebiete: Biomedizin)
2. OBO Foundry (<https://obofoundry.org/>, Themengebiete: Biologie und Biomedizin)
3. oeGOV (<http://www.oegov.us/>, Themengebiet: e-Government)
4. Ontology Lookup Service (<https://www.ebi.ac.uk/ols4>, Themengebiete: Biomedizin)
5. Ontology Design Patterns ([http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Main\\_Page](http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Main_Page), viele Themengebiete, siehe auch <http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Community:Domain>)
6. ONKI ontology server (<https://onki.fi/en/>, verschiedene Themengebiete)

Für diese Arbeit sind Ontologie-Bibliotheken, wie hier aufgelistet, unerlässlich. Sie decken zwar nur ein begrenztes Themengebiet ab, bieten in der Regel aber leichte Zugänglichkeit (z.B. mit Suchfunktion und Listen). Meine Rechercheergebnisse bestätigen die Beobachtungen der Autoren, nämlich dass es oft unvollständige Angaben zur Weiterverwendung und Lizenzierung von Ontologien gibt.

## 4 Methodik

Es wurde eine Literatur- und Internetrecherche im Zeitraum **01.11.2023 - 03.04.2024** durchgeführt und die passenden Ontologien in einer CSV-Datei gesammelt. Es wurde das CSV-Format gewählt, weil CSV-Dateien einfach zu parsen sind und in jeder gängigen Programmier- und Skriptsprache unterstützt werden. Aufgrund des beschränkten Platzes wurde im Anhang lediglich eine stark gekürzte Variante der Ontologie-Liste eingefügt. Sie enthält zu jeder Ontologie den Namen und die zugehörige Projektseite bzw. RDF-Daten. Die vollständige Fassung entnehmen Sie bitte dem eingangs erwähnten Github-Repository. Bei der gesamten Recherche waren nur deutsch- und englischsprachige Inhalte von Interesse.

### 4.1 Forschungsfragen

Die folgenden Forschungsfragen wurden bei der Erstellung der Liste zugrunde gelegt:

1. Welche Ontologien für das Fachgebiet industrielle Fertigung (im weitesten Sinne) gibt es?
2. Welche dieser Ontologien werden aktiv betreut bzw. wann war die letzte dokumentierte Aktivität im Projekt?
3. Welche lizenzrechtlichen Regelungen muss man beim Einsatz einer Ontologie beachten?

### 4.2 Thematische Abgrenzung

Die industrielle Fertigung ist thematisch sehr breit aufgestellt und viele Themenbereiche, wie Fertigungsverfahren, Mess- und Prüftechnik und Automatisierung spielen dabei eine wichtige Rolle. Zusätzlich gibt es eine Reihe von Trends, welche häufig interdisziplinär aufgestellt sind und vollkommen neue Themengebiete einbringen (z.B. Big Data beim Smart Manufacturing). Es war nicht einfach bei dieser Ausgangslage eine thematische Abgrenzung zu erstellen. Ich entschied mich, relevante Schlüsselwörter für die Suche zu erarbeiten, weil sich Ontologien häufig in Onlinediensten befinden, die eine Schlüsselwort-basierte Suche besitzen. Im Folgenden die finale Liste an Schlüsselwörtern:

Sie repräsentieren zentrale Konzepte der industriellen Fertigung sowie angrenzenden Themengebieten / Trends. Es wurde hier ein Mittelweg zwischen thematischer Genauigkeit und Handhabbarkeit angestrebt. Die meisten Onlinedienste besaßen an sich schon wenige Ontologien, weshalb die Suche mit weiteren Schlüsselwörtern oft nicht nötig war, um den gesamten Bestand zu sichten.

building	defect	digital twin	factory
industry	machine	manufacturing	product
sensor	supply chain		

### 4.3 Recherchequellen

Die Ontologieentwicklung hat starke wissenschaftliche Wurzeln, daher wurde mit der Sichtung der wissenschaftlichen Publikationen begonnen, die eine Ontologie und ihre Inhalte näher vorstellen. **Google Scholar**<sup>15</sup> kam bei der Recherche zum Einsatz. Für die Internetsuche wurde **Google Search** verwendet.

#### 4.3.1 Dezidierte Onlinedienste

Die folgende Liste enthält alle Onlinedienste, die im Rahmen der Recherche genutzt wurden:

1. **AURORAL Ontologien** (<https://auroral.iot.linkeddata.es/index.html>) - Liste von Ontologien, die für das AURORAL Projekt (<https://www.auroral.eu/#/>) entwickelt wurden. Es enthält u.a. Ontologien zum Thema Ladestationen und Energiekonsum.
2. Projektseite der **Basic Formal Ontology** (kurz BFO, <https://basic-formal-ontology.org/users.html>) - Liste von Ontologie-Projekten, die die BFO nutzen.
3. **BioPortal** - Ontologie-Portal mit über 1094 Ontologien, vordergründig aus dem biomedizinischen Themenbereich<sup>16</sup>.
4. **Basic Register of Thesauri, Ontologies & Classifications** (kurz BARTOC, <https://bartoc.org>) - Eine Webseite mit angebundener Suchmaschine, die Knowledge Organization Systems, Vokabulare und Ontologien auflistet. Es wurden ausschließlich OWL Ontologien verwendet. Einträge, die nicht in Deutsch oder Englisch vorlagen wurden automatisch übersetzt und geprüft.
5. **EU Vocabularies** (<https://op.europa.eu/en/web/eu-vocabularies/controlled-vocabularies>) - Eine Webseite u.a. mit Ontologien und Vokabularen, bereitgestellt von der Europäischen Union (bzw. einer ihr unterstellten Institution).
6. **Github** (<https://www.github.com>) - Ein Onlinedienst zur Softwareentwicklung, der jedoch sehr häufig als Ort für Ontologie-Projekte genutzt wird.
7. **IndustryPortal** (<https://industryportal.enit.fr/>) - Ontologie-Portal mit über 109 Ontologien<sup>17</sup> aus der Industrie und angrenzenden Themenbereichen.
8. **Linked Open Vocabularies** (<https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/>) - Ein kuratierter Katalog von Vokabularen und Ontologien zur Beschreibung von Daten im Internet.
9. **OntoCommons Ontology Catalogue** (<https://data.ontocommons.linkeddata.es/index>) - Manuell kuratierte Liste mit Ontologien aus den Themenbereichen Industrie, Produktion, Materialwissenschaften, Bauwirtschaften und weiteren.
10. **ShowVoc** (<https://showvoc.op.europa.eu/>) - Ein Portal mit einer Liste von Ontologien, Vokabularen und anderen. Es wurden nur die Ontologien ausgewertet.

Es wurden die Suchergebnisse für jedes Schlüsselwort näher untersucht, insofern sie von einer Ontologie handelten. Für den Fall, dass es neben Ontologien und Vokabularen noch andere Typen gab, so wurden diese Typen ignoriert.

<sup>15</sup><https://scholar.google.com/>

<sup>16</sup>Geprüft am 26.03.2024

<sup>17</sup>Geprüft am 26.03.2024.

#### 4.3.2 Auswertung von Namespaces und owl:import

In Ontologien kommen häufig Namensräume und owl:import-Anweisungen zum Einsatz. Namensräume dienen dazu häufig genutzte URLs abzukürzen. Bei owl:import-Anweisungen signalisiert man, dass die Ontologie auf Inhalte einer referenzierten Ontologie angewiesen ist bzw. diese die Ontologie erweitern. In der Praxis gibt es verschiedene Auslegungen und Implementierungen<sup>18</sup>. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von der Annahme ausgegangen, dass Ontologie-Autoren mit der Nutzung von Namespaces und owl:import signalisieren, dass die Inhalte der referenzierten Ontologie auf irgendeine Weise inhaltlich relevant sind.

Aus diesem Grund wurden beide ebenfalls ausgewertet. Referenzierte Ontologien wurden nach den gleichen Kriterien geprüft und entsprechend eingeordnet.

#### 4.4 Auswahlkriterien für eine Ontologie

Eine Ontologie musste für die Aufnahme die folgenden Mindestkriterien erfüllen:

1. Die Ontologie liegt als Textdatei<sup>19</sup> in einer RDF-Notation (RDF/XML oder RDF/Turtle) vor und kann über eine URL heruntergeladen werden.
2. Die Ontologie stellt ein Vokabular zur Beschreibung des Fachgebietes bereit und es liegt eine logische Theorie (z.B. in Form von Axiomen, Regeln, Hierarchien) über das Fachgebiet zugrunde, die auf das Vokabular zurückgreift.
3. Die Inhalte der Ontologie haben einen direkten thematischen Bezug zu den aufgelisteten Schlüsselwörtern bzw. den damit zusammenhängenden Themen.
4. In den RDF-Daten ist mindestens eine Instanz von owl:Ontology zu finden oder mindestens eine Klasse bzw. Property definiert.

Es wurden alle Ontologien (nebst zugehöriger wissenschaftlicher Publikationen) ignoriert, bei denen keine RDF-Daten vorlagen. Ohne die zugehörigen RDF-Daten kann nicht sichergestellt werden, dass eine Ontologie vollständig vorliegt. Davon abgeleitete Arbeiten könnten später zu unerwarteten Fehlern und Widersprüchen führen.

#### 4.5 Erfasste Metadaten zu einer Ontologie

Bei jeder Ontologie wurden die folgenden Metadaten erfasst:

- **Name der Ontologie** - Der Name der Ontologie, der in den RDF-Daten bzw. der zugehörigen Dokumentation zu finden ist.
- **Manufacturing Industry related** - In der Spalte steht "yes", wenn die Ontologie einen direkten thematischen Bezug hat. Alle Ontologien ohne thematischen Bezug, die jedoch referenziert wurden, erhalten in der Spalte "no".
- **Abbreviation** - Die Abkürzung des Namens der Ontologie, sofern vorhanden.
- **Short description** - Eine kurze, prägnante Beschreibung über den Inhalt der Ontologie.
- **Project page or publication** - Eine URL auf die Projektseite, falls vorhanden. Alternativ eine URL zu einer Publikation über die Ontologie oder zu einem Ontologie-Portal mit weiteren Angaben.
- **Ontologie URI** - URI zur Ontologie. Sie ist in der Regel global eindeutig.
- **Latest version** - Falls vorhanden, eine Angabe zur neusten Version der RDF-Daten. Die neuste Version und das Datum der neusten, dokumentierten Änderung hängen nicht zusammen und können vollkommen verschiedene zeitliche Bezüge haben.
- **Latest activity found** - Eine Datumsangabe der neusten und dokumentierten Änderung an den RDF-Daten. Die Änderung kann, muss aber nicht, zeitlich mit der neusten Version zusammenfallen.

<sup>18</sup>Gute Ausführungen zum Thema hier: [https://protegewiki.stanford.edu/wiki/How\\_Owl\\_Imports\\_Work](https://protegewiki.stanford.edu/wiki/How_Owl_Imports_Work)

<sup>19</sup>Das schließt auch dynamisch generierte Textdateien mit ein.

- **RDF/XML file:** Eine URL zu den RDF/XML-Daten der Ontologie, falls vorhanden.
- **RDF/Turtle file:** Eine URL zu den RDF/Turtle-Daten der Ontologie, falls vorhanden.
- **Download location:** Manche RDF-Daten besitzen keinen statischen Download-Link oder sind Teil eines ZIP Archivs. Diese findet man dann hier.
- **Autors/creators** - Eine Liste von Namen der Autoren oder beteiligten Gruppen/Unternehmen. Sollte es keine Angaben zu Autoren geben, werden hier alle Beitragende aufgelistet.
- **License** - Falls vorhanden, eine Angabe zu der verwendeten Lizenz.

Eine Bewertung der Inhalte (z.B. Qualität der RDF-Daten oder genutzte Lizenzen) fand nicht statt. Aufgrund des Umfangs wurde die Liste der Metadaten auf die notwendigsten Angaben beschränkt. Alle Angaben in der zugehörigen CSV-Datei wurden in Englisch erstellt, um eine größtmögliche Zugänglichkeit zu ermöglichen.

Bei der Auswertung der Metadaten wurden zuerst die RDF-Daten geprüft. Waren diese unvollständig, wurde auf die Projektseite zurückgegriffen, falls vorhanden. Waren beide Quelle erfolglos, wurde versucht, die Metadaten über den Onlinedienst zu beziehen, der Daten über die Ontologie bereitstellte. Lagen am Ende zu einem Metadatum immer noch keine Angaben vor, so wurde an der Stelle "Information not available" in der CSV-Datei hinterlegt.

## 4.6 Inhaltliche Nacharbeiten

Es wurden Einträge in der CSV-Datei **ontologies.csv** inhaltlich angepasst, um ein Mindestmaß an Verständlichkeit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten:

1. Unvollständige oder fehlende Angaben wurden durch Angaben von Ontologie-Portalen ergänzt, sofern klar erkenntlich und inhaltlich passend.
2. Manche Ontologien besaßen keine Angaben zu den Autoren, lediglich Beitragende. In diesem Fall wurden alle Beitragenden in das Autors/creators Feld übernommen.
3. Konnten keine Autoren und Beitragende ermittelt werden (z.B. VDI3682), so wurde versucht den Klarnamen der Autoren über Git-Commits zu ermitteln.
4. Die Versionen und Datumsangaben (der letzten Aktivität) wurden vereinheitlicht, um eine Vergleichbarkeit herzustellen.

## 4.7 Eingesetzte Programme und Technologien

Im Rahmen der Recherche wurden die folgenden Programme und Technologien eingesetzt:

- **LibreOffice Calc**<sup>20</sup> - Das Open Source Tabellenkalkulationsprogramm wurde hauptsächlich für die Bearbeitung der CSV-Datei mit den Ontologien genutzt.
- **PHP**<sup>21</sup> - Es wurden verschiedene PHP-Skripte für die Datenrecherche und -überprüfung entwickelt und eingesetzt. Alle PHP-Skripte wurden unter PHP 8.3 in einem Docker-Container<sup>22</sup> ausgeführt.
- **VSCode**<sup>23</sup> - Alle Arbeiten im Code und gewisse Arbeiten an den CSV-Dateien wurden mit VSCode durchgeführt.

---

<sup>20</sup><https://www.libreoffice.org/>

<sup>21</sup><https://www.php.net/>

<sup>22</sup><https://www.docker.com/>

<sup>23</sup><https://code.visualstudio.com/>



## 5 Rechercheergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst. Die Datenbasis bestand aus den **217** Ontologien, die einen thematischen Bezug zur industriellen Fertigung haben.

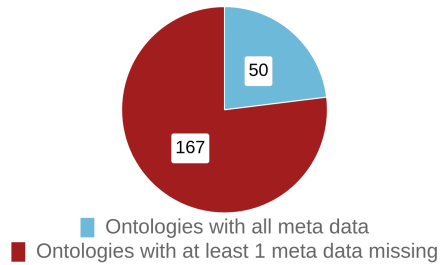


Figure 2

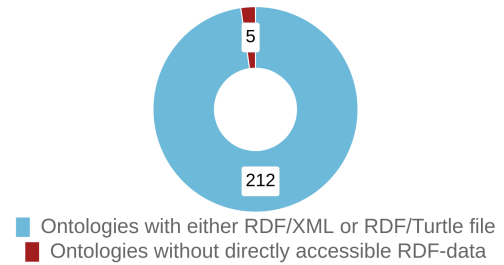


Figure 3

Nur **50** von 217 Ontologien besitzen vollständige Metadaten. Bei dem Rest (N=167) gibt es mindestens ein Metadatum, bei dem der Wert fehlt und es daher "Information not available" beinhaltet.

**212** Ontologien besitzen entweder eine per URL abrufbare RDF/XML- oder RDF/Turtle-Datei. Nur bei **5** Ontologien liegen die RDF-Daten zwar vor, der Zugriff benötigt jedoch Zusatzaufwand (z.B. das Entpacken eines ZIP-Archives). Es ist nicht nachvollziehbar, warum die Ontologie-Autoren diese Hürden für die Konsumenten ihrer Ontologie eingebaut haben.

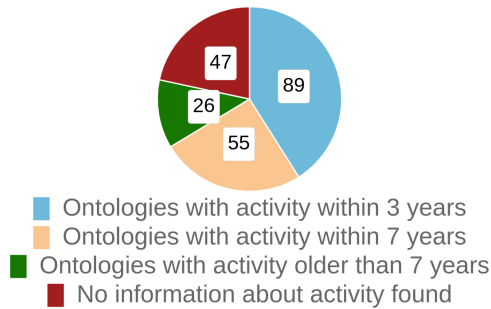


Figure 4

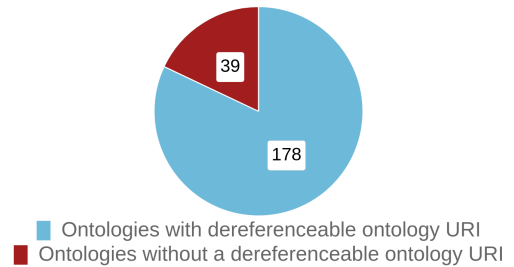


Figure 5

Bei **89** Ontologien konnte eine Projektaktivität (z.B. Git-Commit) innerhalb der letzten 3 Jahre festgestellt werden. Eine Projektaktivität vor über 3 Jahren, aber innerhalb der letzten 7 Jahre, konnte bei **55** Ontologien festgestellt werden. **26** Ontologien besaßen eine Projektaktivität vor über 7 Jahren. Es konnten keine Angaben zur letzten Projektaktivität bei **47** Ontologien gefunden werden.

**178 Stück** Ontologien besitzen eine dereferenzierbare Ontology URI. Zur Überprüfung der Dereferenzierbarkeit wurde ein HTTP-Request abgesendet und der Response ausgewertet. Als dereferenzierbar wurde eine Ontology URI angesehen, wenn der Response keinen Fehler zurücklieferte.

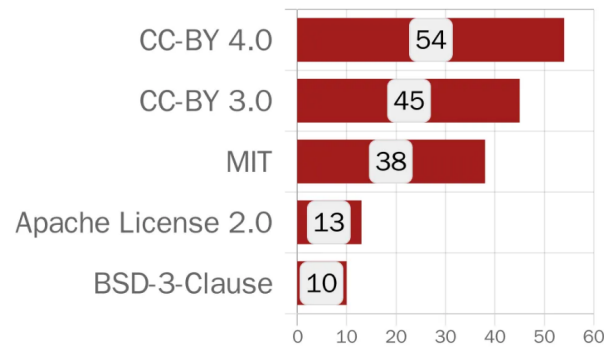


Figure 6: Meist genutzte Lizenzen (min. 10 mal in Verwendung)

**180** Ontologien nutzten eine freie bzw. Open Source Lizenz und lediglich **5** Ontologien benutzten eine eigene Lizenzregelung, die sich keiner bekannten Open Source Lizenz direkt zuordnen lies. Bei **32** Ontologien konnten keine Angaben zur Lizenz gefunden werden. Der hohe Anteil an Ontologie mit einer freien bzw. Open Source Lizenz stimmt positiv, weil es damit jedem ermöglicht, eigene Arbeiten auf diesen Ontologien aufzubauen, ohne auf Lizenzkosten oder rechtliche Auseinandersetzungen achten zu müssen. Es muss an dieser Stelle jedoch auch erwähnt werden, dass es zwei Ontologien gibt, die nur für nicht-kommerzielle Zwecke zur Verfügung stehen (EEPSA Ontology, Industry 4.0 Knowledge Graph).

Im Folgenden werden alle freien Lizenzen aufgelistet, die während der Recherche gefunden wurden:

1. Apache License 2.0<sup>24</sup>
2. BSD License (2- und 3-Clause)<sup>25</sup>
3. Creative Commons Licenses (in verschiedenen Arten und Versionen)<sup>26</sup>
4. GNU Public License (verschiedene Versionen)<sup>27</sup>
5. MIT License<sup>28</sup>
6. OGC Document License Agreement<sup>29</sup>
7. Public Domain Dedication License (PDDL)<sup>30</sup>
8. W3C Document License (2023 version)<sup>31</sup>

### 5.0.1 Ergänzungen

Es wurden Ontologien gefunden, die nicht mehr in ihrer Form existierten, weil sie z.B. in eine andere Ontologie übergegangen sind. Die GoodRelations Ontologie ging 2012 in schema.org über. Ein anderes Beispiel ist die Ontologie RealEstateCore: sie gab ihre OWL-Ontologie in Version 4 auf und verlagerte sich dann auf SHACL und Digital Twin Definition Language Serialisierungen<sup>32</sup>.

Und die Product Types Ontology<sup>33</sup> stellt lediglich einen RDF-Daten-Dump mit nur 1000 der am häufigsten abgefragten Klassen als Ontologie bereit.

<sup>24</sup><https://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>

<sup>25</sup><https://opensource.org/license/bsd-2-clause>, <https://opensource.org/license/bsd-3-clause>

<sup>26</sup><https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

<sup>27</sup><https://www.gnu.org/licenses/licenses.en.html>

<sup>28</sup><https://opensource.org/license/mit>

<sup>29</sup><https://www.ogc.org/about-ogc/policies/document-license-agreement/>

<sup>30</sup><https://opendatacommons.org/licenses/pddl/>

<sup>31</sup><https://www.w3.org/copyright/document-license-2023/>

<sup>32</sup>Siehe auch <https://dev.realestatecore.io/docs/DTDL-or-SHACL> und <https://doc.realestatecore.io/3.3/full.html>

<sup>33</sup><http://www.productontology.org/>

## 6 Diskussion

Die Untersuchung wurde über einen begrenzten Zeitraum von 5 Monaten durchgeführt und die vorgestellte Ontologie-Liste hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, aufgrund einer fehlenden Liste, die alle bekannten Ontologien enthält. Weiterhin wurde der thematische Fokus industrielle Fertigung weit ausgelegt, wodurch auch thematisch nicht passende Ontologien einbezogen sein könnten. So wurden z.B. Ontologien über Autos und andere Produkte inkludiert, weil diese im Rahmen der industriellen Fertigung hergestellt werden. An dieser Stelle wäre eine Nachuntersuchung mit Domainexperten sinnvoll. In den Skripten wurden RDF-Bibliotheken genutzt, welche nicht alle RDF-Dateien lesen konnten<sup>34</sup>. In diesen Fällen wurden die Dateien manuell ausgewertet. Die Nutzung von Metadaten außerhalb der Ontologie, z.B. von einem Ontologieportal, könnte dazu geführt haben, dass falsche Angaben übernommen wurden.

## 7 Fazit und Ausblick

Die Rechercheergebnisse zeigen ein gemischtes Bild. Für das Themengebiet industrielle Fertigung und angrenzende Themengebiete konnten 217 passende Ontologien gefunden werden. Die ermittelten letzten Aktivitäten je Ontologie deuten auf ein über 10 Jahre währendes Interesse an dem Themenbereich hin. Ebenso ist positiv, dass einige Ontologien eine dezidierte Webseite mit der Spezifikation besitzen, die neben den Metadaten, u.a. auch eine Liste der Klassen und Properties bereitstellt.

Jedoch war es bei dem Großteil der Ontologie aufwendig an die gewünschten Metadaten zu gelangen. Es ist bemerkenswert, wie wenig Aufmerksamkeit von den Ontologie-Autoren auf die Metadaten gelegt wurde, obwohl sie bei Suchanfragen in Ontologie-Portalen und Suchmaschinen zuerst herangezogen werden. Die gesamte Recherche wurde regelmäßig erschwert durch nicht mehr erreichbare Web-Ressourcen, was mich dazu zwang, manuell über andere Onlinedienste zu suchen. Dieses Phänomen ist unter dem Namen "link rot" bzw. "reference rot" bekannt und gut dokumentiert [3] [6]. Kritisch wird das Problem, wenn essentielle Web-Ressourcen aus wissenschaftlichen Publikationen nicht mehr erreichbar sind und damit die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Arbeit zumindest erschwert wird.

Diese Arbeit stellt ein stabiles Fundament für weitere Untersuchungen zu Ontologien in der industriellen Fertigung dar. Zudem erlaubt sie interessierten Personen und Unternehmen, die sich im RDF-Umfeld noch nicht so gut auskennen, einfacher an die Ontologie zu gelangen, ohne sich mit technischem Kleinklein beschäftigen zu müssen.

## 8 Erwähnungen

Ich danke Paul-Robert Kästner für die Sichtung und Zuarbeit der ersten Ontologie-Einträge.

Die Arbeit wurde im Rahmen KI-Werk Projektes durchgeführt, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde (<https://www.cbasynergy.net/cba/ki-werk.html>).

---

<sup>34</sup>Fehler beim XML-Parsing

## 9 Anhang

Stark gekürzte Darstellung der CSV-Datei mit Ontologien zum Thema industrielle Fertigung:

	Name	Project page, publication or RDF-file
1	3D Modeling Ontology	<a href="http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/">http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/</a>
2	Additive Manufacturing and Maintenance Operations Ontology	<a href="https://github.com/LA3D/ammo">https://github.com/LA3D/ammo</a>
3	Additive Manufacturing Ontology	<a href="https://www.nist.gov/programs-projects/systems-integration-additive-manufacturing">https://www.nist.gov/programs-projects/systems-integration-additive-manufacturing</a>
4	Additive Manufacturing and Maintenance Operations Ontology	<a href="https://github.com/LA3D/ammo">https://github.com/LA3D/ammo</a>
5	AURORAL Adapters Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/auroral-adapters-ontology">https://github.com/oeg-upm/auroral-adapters-ontology</a>
6	AURORAL Cell-Tower Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/auroral-cellTower-ontology">https://github.com/oeg-upm/auroral-cellTower-ontology</a>
7	AURORAL Energy Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/auroral-energy-ontology">https://github.com/oeg-upm/auroral-energy-ontology</a>
8	AURORAL Logistic Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/auroral-shipmentBiomass-ontology">https://github.com/oeg-upm/auroral-shipmentBiomass-ontology</a>
9	AURORAL Vehicle Charger Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/auroral-VehicleCharger-ontology">https://github.com/oeg-upm/auroral-VehicleCharger-ontology</a>
10	Automotive Industry Ontology	<a href="https://iuriam.rockets.de/ontology-for-automotive-industry/">https://iuriam.rockets.de/ontology-for-automotive-industry/</a>
11	Battery Interface Ontology	<a href="https://www.big-map.eu/dissemination/battinfo">https://www.big-map.eu/dissemination/battinfo</a>
12	Bicycle Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/bicycle.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/bicycle.html</a>
13	Brick	<a href="https://brickschema.org/">https://brickschema.org/</a>
14	Building Automation and Control Network Ontology	<a href="https://bacowl.sourceforge.net/intro.html">https://bacowl.sourceforge.net/intro.html</a>
15	Building Circularity Assessment Ontology	<a href="https://github.com/linmor-sys/BCAO">https://github.com/linmor-sys/BCAO</a>
16	Building Element Ontology	<a href="https://pi.pauwel.be/voc/buildingelement/index-en.html">https://pi.pauwel.be/voc/buildingelement/index-en.html</a>
17	Building Ontology	<a href="https://bimerr.iodotlinkeddata.es/def/building/">https://bimerr.iodotlinkeddata.es/def/building/</a>
18	Building Product Ontology	<a href="https://www.projekt-scope.de/ontologies/bpo/">https://www.projekt-scope.de/ontologies/bpo/</a>
19	Building Topology Ontology	<a href="https://github.com/w3c-lbd-cg/bot">https://github.com/w3c-lbd-cg/bot</a>
20	Capability and Skills Ontology based on Industry Standards	<a href="https://github.com/CaSkade-Automation/CaSk">https://github.com/CaSkade-Automation/CaSk</a>
21	Capability and Skills Ontology based on Manufacturing	<a href="https://github.com/CaSkade-Automation/CaSkMan">https://github.com/CaSkade-Automation/CaSkMan</a>
22	Car HiFi Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/carhifi.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/carhifi.html</a>
23	Car Options Ontology	<a href="http://lov.linkeddata.es/dataset/lov/vocabs/coo/versions/2010-10-12.n3">http://lov.linkeddata.es/dataset/lov/vocabs/coo/versions/2010-10-12.n3</a>
24	Chair Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/chair.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/chair.html</a>
25	Classification of Business Functions	<a href="https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ClassificationOfBusinessFunctions_%28CBF_1.0%29/metadata">https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ClassificationOfBusinessFunctions_%28CBF_1.0%29/metadata</a>
26	Clothing Product Information Ontology	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/cpi/ns">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/cpi/ns</a>
27	Coffee Machine Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/coffeemachine.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/coffeemachine.html</a>
28	Collaborative Manufacturing Service Ontology	<a href="https://zenodo.org/records/3374505">https://zenodo.org/records/3374505</a>
29	Components for ExtruOnt	<a href="https://www.semantic-web-journal.net/system/files/swj2217.pdf">https://www.semantic-web-journal.net/system/files/swj2217.pdf</a>
30	Computer Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/computer.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/computer.html</a>
31	Context Aware System Observation Ontology	<a href="https://irstea.github.io/caso/OnToolology/ontology/caso.owl/documentation/index-en.html">https://irstea.github.io/caso/OnToolology/ontology/caso.owl/documentation/index-en.html</a>
32	Cooker and Oven Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/cookeroven.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/cookeroven.html</a>
33	core	<a href="https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/core/">https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/core/</a>
34	Core Ontology for Robotics and Automation	<a href="https://github.com/srforini/IEEE1872-owl">https://github.com/srforini/IEEE1872-owl</a>
35	Core Ontology for Robotics and Automation (Bare)	<a href="https://github.com/srforini/IEEE1872-owl">https://github.com/srforini/IEEE1872-owl</a>
36	CORAX	<a href="https://github.com/srforini/IEEE1872-owl">https://github.com/srforini/IEEE1872-owl</a>
37	Crystallography Domain Ontology	<a href="https://github.com/emmo-repo/domain-crystallography">https://github.com/emmo-repo/domain-crystallography</a>
38	CSS Ontology	<a href="https://github.com/CaSkade-Automation/CSS">https://github.com/CaSkade-Automation/CSS</a>
39	DefectOnt	<a href="https://github.com/AndreaMazullo/DefectOnt/">https://github.com/AndreaMazullo/DefectOnt/</a>
40	Digital Buildings Ontology	<a href="https://github.com/google/digitalbuildings/">https://github.com/google/digitalbuildings/</a>
41	Digital Camera Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/digitalcamera.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/digitalcamera.html</a>
42	Digital Construction Materials	<a href="https://data.industryportal.eu/fr/ontologies/DCMATERIALS/submissions/1/download?apikey=019ad570-1d64-41b7-8f6e-8f7e5eb54942">https://data.industryportal.eu/fr/ontologies/DCMATERIALS/submissions/1/download?apikey=019ad570-1d64-41b7-8f6e-8f7e5eb54942</a>
43	Digital Receiver Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/digitalreceiver.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/digitalreceiver.html</a>
44	DIN EN 61360 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DINEN61360">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DINEN61360</a>
45	DIN EN 6264-2 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DINEN6264-2">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DINEN6264-2</a>
46	DIN 8580 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DIN8580">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-DIN8580</a>
47	Dishwasher Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/dishwasher.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/dishwasher.html</a>
48	Distribution Element Ontology	<a href="https://pi.pauwel.be/voc/distributionelement/index-en.html">https://pi.pauwel.be/voc/distributionelement/index-en.html</a>
49	DogOnt: Ontology Modeling for Intelligent Domotic Environments	<a href="https://iot-ontologies.github.io/dogont/">https://iot-ontologies.github.io/dogont/</a>
50	Domain Mechanical Testing	<a href="https://github.com/emmo-repo/domain-mechanical-testing">https://github.com/emmo-repo/domain-mechanical-testing</a>
51	Domain Mechanical Testing Chemistry	<a href="https://github.com/emmo-repo/domain-mechanical-testing">https://github.com/emmo-repo/domain-mechanical-testing</a>
52	Dryer Machine Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/dryermachine.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/dryermachine.html</a>
53	DVD Player and Blu-ray Player Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/blurayplayer.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/blurayplayer.html</a>
54	eClass Products and Services Ontology	<a href="http://www.heppnetz.de/projects/eclassowl/">http://www.heppnetz.de/projects/eclassowl/</a>
55	EEPSA Ontology	<a href="https://esnaola.github.io/eeppsa/EEPSA/index-en.html">https://esnaola.github.io/eeppsa/EEPSA/index-en.html</a>
56	Elemental Multiperspective Material Ontology	<a href="https://emmc.eu/emmo">https://emmc.eu/emmo</a>
57	Elemental Multiperspective Material middle-level ontology	<a href="https://github.com/emmo-repo/EMMO">https://github.com/emmo-repo/EMMO</a>
58	equipment	<a href="https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/equipment/">https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/equipment/</a>
59	ERA Vocabulary	<a href="https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ERA_vocabulary/metadata">https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ERA_vocabulary/metadata</a>
60	European Waste Classification for Statistics	<a href="https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ESTAT_European_Waste_Classification_for_Statistics_%28EWC-Stat_Rev_4%29/metadata">https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ESTAT_European_Waste_Classification_for_Statistics_%28EWC-Stat_Rev_4%29/metadata</a>
61	Extruder Ontology	<a href="http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/">http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/</a>
62	Extruder's sensors ontology	<a href="http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/">http://bdi.si.ehu.es/bdi/ontologies/ExtruOnt/docs/</a>
63	Facility Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/cogito-facility-ontology">https://github.com/oeg-upm/cogito-facility-ontology</a>
64	Fridge and Freezer Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/refrigerator.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/refrigerator.html</a>
65	Furniture Sector Ontology	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/FUNSTEP">https://industryportal.eu/fr/ontologies/FUNSTEP</a>
66	Game Console Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/gameconsole.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/gameconsole.html</a>
67	Garment Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/garment.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/garment.html</a>
68	General Process Ontology	<a href="https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/ISC-Public/ISC-Digital/ontology/gpo">https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/ISC-Public/ISC-Digital/ontology/gpo</a>
69	GRACE Ontology	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/GRACE">https://industryportal.eu/fr/ontologies/GRACE</a>
70	Grid2Onto	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/GRID2ONTO">https://industryportal.eu/fr/ontologies/GRID2ONTO</a>
71	Hair Dryer Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/hairedryer.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/hairedryer.html</a>
72	Home HiFi Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/homehifi.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/homehifi.html</a>
73	IEEE Standard for Autonomous Robotics Ontology	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-IEEE1872-2">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-IEEE1872-2</a>
74	IFC2X3	<a href="https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL">https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL</a>
75	IFC2X3.TC1	<a href="https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL">https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL</a>
76	IFC4	<a href="https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL">https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL</a>
77	IFC4.ADD1	<a href="https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL">https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL</a>
78	IFC4.ADD2	<a href="https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL">https://github.com/buildingsmart-community/ifcOWL</a>
79	Industrial Maintenance Ontology	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/IMAMO">https://industryportal.eu/fr/ontologies/IMAMO</a>
80	IOF Core Ontology	<a href="https://github.com/iofoundry/ontology/">https://github.com/iofoundry/ontology/</a>
81	International System of Quantities	<a href="https://github.com/emmo-repo/EMMO">https://github.com/emmo-repo/EMMO</a>
82	Industrial IoT Architecture Ontology	<a href="https://github.com/i40-Tools/StandardsOntology">https://github.com/i40-Tools/StandardsOntology</a>
83	Industrial Ontologies Foundry Supply Chain Reference Ontology	<a href="https://spec.industrialontologies.org/iof/ontology/supplychain/SupplyChainReferenceOntology/">https://spec.industrialontologies.org/iof/ontology/supplychain/SupplyChainReferenceOntology/</a>
84	Industry 40 Knowledge Graph	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/I40KG">https://industryportal.eu/fr/ontologies/I40KG</a>
85	IoT Ontology	<a href="https://github.com/oeg-upm/cogito-iot-ontology">https://github.com/oeg-upm/cogito-iot-ontology</a>
86	ISO 22400-2 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-ISO22400-2">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-ISO22400-2</a>
87	Key Performance Indicator ontology	<a href="https://bimerr.iodotlinkeddata.es/def/key-performance-indicator/">https://bimerr.iodotlinkeddata.es/def/key-performance-indicator/</a>
88	Landline Phones Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/landlinephone.html">http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/opdm/landlinephone.html</a>
89	M3-lite Taxonomy	<a href="https://github.com/fiesta-iot/ontology">https://github.com/fiesta-iot/ontology</a>
90	M3 Ontology	<a href="http://sensormeasurement.appspot.com/m3#">http://sensormeasurement.appspot.com/m3#</a>
91	Maintenance Activity Ontology	<a href="https://github.com/uwasystemhealth/Paper_Archive_Maintenance_Activity">https://github.com/uwasystemhealth/Paper_Archive_Maintenance_Activity</a>
92	Maintenance Activity Ontology	<a href="https://industryportal.eu/fr/ontologies/MNT-ACT">https://industryportal.eu/fr/ontologies/MNT-ACT</a>
93	Maintenance Reference Ontology	<a href="https://spec.industrialontologies.org/iof/ontology/maintenance/Maintenance/">https://spec.industrialontologies.org/iof/ontology/maintenance/Maintenance/</a>
94	Manufacturing	<a href="https://github.com/emmo-repo/EMMO">https://github.com/emmo-repo/EMMO</a>
95	Manufacturing Semantics Ontology	<a href="https://www.academia.edu/download/30806306/Lemaignan2006.pdf">https://www.academia.edu/download/30806306/Lemaignan2006.pdf</a>
96	Manufacturing System Ontology	<a href="https://github.com/enegri/OFM">https://github.com/enegri/OFM</a>

	Name	Project page, publication or RDF-file
97	MamService Ontology	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/MANUSERVICE">https://industryportal.enit.fr/ontologies/MANUSERVICE</a>
98	Materials	<a href="https://github.com/emmo-repo/EMMO">https://github.com/emmo-repo/EMMO</a>
99	Materials Design Ontology	<a href="https://github.com/LiUsemWeb/Materials-Design-Ontology">https://github.com/LiUsemWeb/Materials-Design-Ontology</a>
100	Material properties ontology	<a href="https://bimerr.iot.linkeddata.es/def/material-properties/">https://bimerr.iot.linkeddata.es/def/material-properties/</a>
101	Material Science and Engineering Ontology	<a href="https://matportal.org/ontologies/MSEO">https://matportal.org/ontologies/MSEO</a>
102	Mechanical Testing Ontology (MTO)	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/MTO">https://industryportal.enit.fr/ontologies/MTO</a>
103	Microstructure domain ontology	<a href="https://github.com/emmo-repo/domain-microstructure">https://github.com/emmo-repo/domain-microstructure</a>
104	Microwave Vocabulary	<a href="https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/microwave.html">https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/microwave.html</a>
105	Mobile Phone Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/mobilephone.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/mobilephone.html</a>
106	Modem Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/modem.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/modem.html</a>
107	Molecules And Materials Basic Ontology	<a href="https://github.com/daimoners/MAMBO">https://github.com/daimoners/MAMBO</a>
108	MPS500	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
109	MPS500 AssembleCylinder	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
110	MPS500 AssembleThermometer	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
111	MPS500 CameraModule	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
112	MPS500 DrillingModule	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
113	MPS500 Property Types	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
114	MPS500 RawCylinderSupplyModule	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
115	MPS500 RawThermometerSupplyModule	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
116	MPS500 ShippingModule	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
117	MPS500 StorageModule PutInStorage	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
118	MPS500 StorageModule RetrieveFromStorage	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
119	MPS500 Transport Module	<a href="https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities">https://github.com/hsu-aut/MPS500-Capabilities</a>
120	MSDL (Manufacturing Service Description Language)	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/MSDL">https://industryportal.enit.fr/ontologies/MSDL</a>
121	Navigation Device Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/navigation.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/navigation.html</a>
122	Occupancy Profile ontology	<a href="https://github.com/og-upm/bimerr-occupant-behavior">https://github.com/og-upm/bimerr-occupant-behavior</a>
123	oneM2M Base Ontology	<a href="https://git.onem2m.org/MAS/BaseOntology">https://git.onem2m.org/MAS/BaseOntology</a>
124	Ontology for Maintenance Procedure Documentation (OMPD) Conditional Maintenance Task Ontology	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/OMPD-CMTO">https://industryportal.enit.fr/ontologies/OMPD-CMTO</a>
125	Ontology for the Battery Value Chain	<a href="https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/ISC-Public/ISC-Digital/ontology/bvco">https://gitlab.cc-asp.fraunhofer.de/ISC-Public/ISC-Digital/ontology/bvco</a>
126	Ontology model for Web of Things	<a href="http://iot.linkeddata.es/def/wot/index-en.html">http://iot.linkeddata.es/def/wot/index-en.html</a>
127	Ontology of units of Measure	<a href="http://bdi.si.edu.es/bdi/ontologies/ExtraOnt/docs/">http://bdi.si.edu.es/bdi/ontologies/ExtraOnt/docs/</a>
128	OntoSensor Device Ontology	<a href="https://imnissw.org/ont/univmemphis/sensor">https://imnissw.org/ont/univmemphis/sensor</a>
129	OPC UA Core ontology	<a href="https://github.com/OnotolA/ua-nodeset-core-ont">https://github.com/OnotolA/ua-nodeset-core-ont</a>
130	OPC UA Nodeset ontology	<a href="https://github.com/OnotolA/ua-nodeset-core-ont">https://github.com/OnotolA/ua-nodeset-core-ont</a>
131	OPC UA Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-OPC-UA">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-OPC-UA</a>
132	OpenADR ontology	<a href="https://albaniz.github.io/OpenADRontology/OnToolology/ontology/openADRontology.owl/documentation/index-en.html">https://albaniz.github.io/OpenADRontology/OnToolology/ontology/openADRontology.owl/documentation/index-en.html</a>
133	OpenLink Product Features Ontology	<a href="http://www.openlinksw.com/ontology/features#">http://www.openlinksw.com/ontology/features#</a>
134	Open Energy Ontology	<a href="https://openenergy-platform.org/ontology/">https://openenergy-platform.org/ontology/</a>
135	PackML StateMachine Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-PackML">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-PackML</a>
136	Paper Vocabulary	<a href="https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/paper.html">https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/paper.html</a>
137	PCA Part 14' upper ontology	<a href="https://rds.posccaesar.org/ontology/lis14/ont/core/">https://rds.posccaesar.org/ontology/lis14/ont/core/</a>
138	Platform Ontology	<a href="https://github.com/og-upm/cogito-platform-ontology">https://github.com/og-upm/cogito-platform-ontology</a>
139	Portable Media Player Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/portablemp.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/portablemp.html</a>
140	Position Ontology	<a href="https://github.com/erforini/IEEE1872-owl">https://github.com/erforini/IEEE1872-owl</a>
141	Printer Vocabulary	<a href="https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/printer.html">https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/printer.html</a>
142	process	<a href="https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/process/">https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/process/</a>
143	Process Ontology	<a href="https://github.com/og-upm/cogito-construction-process-ontology">https://github.com/og-upm/cogito-construction-process-ontology</a>
144	Product Ontology	<a href="https://github.com/mvegetti/PRONTO/">https://github.com/mvegetti/PRONTO/</a>
145	Product Types Ontology	<a href="http://www.productontology.org/">http://www.productontology.org/</a>
146	Product Vocabulary	<a href="https://ns.inria.fr/provoc/v1/provoc_v1.html">https://ns.inria.fr/provoc/v1/provoc_v1.html</a>
147	PSS Ontology	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/PSS">https://industryportal.enit.fr/ontologies/PSS</a>
148	RealEstateCore Full	<a href="https://github.com/RealEstateCore/real">https://github.com/RealEstateCore/real</a>
149	Reference Generalized Ontological Model	<a href="https://github.com/MuhammadYahya/rgom">https://github.com/MuhammadYahya/rgom</a>
150	Reified Requirements Ontology	<a href="https://data.dnv.com/ontology/requirement-ontology/core/req-ont.html">https://data.dnv.com/ontology/requirement-ontology/core/req-ont.html</a>
151	Resistance Spot Welding Ontology	<a href="https://github.com/nssi-uo/RSWO">https://github.com/nssi-uo/RSWO</a>
152	RESPOND Ontology	<a href="https://respond-project.github.io/RESPOND-Ontology/respond/index-en.html">https://respond-project.github.io/RESPOND-Ontology/respond/index-en.html</a>
153	RFID System Configuration Ontology	<a href="https://github.com/eleni1salapati/ONTOLOGIES">https://github.com/eleni1salapati/ONTOLOGIES</a>
154	RIVA InfoModel	<a href="https://github.com/hsu-aut/RIVA_InfoModel">https://github.com/hsu-aut/RIVA_InfoModel</a>
155	Resource, Material, Process, Function and Quality (rmplq) ontology	<a href="https://github.com/zhengxiaochen/rmplq.ontology">https://github.com/zhengxiaochen/rmplq.ontology</a>
156	ROMAIN: Reference Ontology for industrial Maintenance	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/ROMAIN">https://industryportal.enit.fr/ontologies/ROMAIN</a>
157	RPAIRS	<a href="https://github.com/erforini/IEEE1872-owl">https://github.com/erforini/IEEE1872-owl</a>
158	Safety Ontology	<a href="https://github.com/mahsa-teimourikia/Safety-Ontology">https://github.com/mahsa-teimourikia/Safety-Ontology</a>
159	Safety Ontology	<a href="https://github.com/og-upm/cogito-safety-ontology">https://github.com/og-upm/cogito-safety-ontology</a>
160	SAREF Ontology	<a href="https://saref.etsi.org/core/">https://saref.etsi.org/core/</a>
161	SAREF extension for the Automotive domain	<a href="https://saref.etsi.org/sarefauto/">https://saref.etsi.org/sarefauto/</a>
162	SAREF extension for building	<a href="https://saref.etsi.org/saref4bldg/">https://saref.etsi.org/saref4bldg/</a>
163	SAREF extension for the Energy domain	<a href="https://saref.etsi.org/saref4ener/">https://saref.etsi.org/saref4ener/</a>
164	SAREF extension for the electric grid domain	<a href="https://saref.etsi.org/saref4grid/">https://saref.etsi.org/saref4grid/</a>
165	SAREF extension for the industry and manufacturing domain	<a href="https://saref.etsi.org/saref4inna/">https://saref.etsi.org/saref4inna/</a>
166	SAREF extension for the smart life domain	<a href="https://saref.etsi.org/saref4life/">https://saref.etsi.org/saref4life/</a>
167	SAREF4SYST: an extension of SAREF for typology of systems and their inter-connections	<a href="https://saref.etsi.org/saref4syss/">https://saref.etsi.org/saref4syss/</a>
168	SAREF4WATR is an extension of SAREF for Water	<a href="https://github.com/og-upm/S4WATR">https://github.com/og-upm/S4WATR</a>
169	SCOPRO (Supply Chain Process Ontology)	<a href="https://openreview.net/pdf?id=rieE3prhF8">https://openreview.net/pdf?id=rieE3prhF8</a>
170	SCORVoc	<a href="https://github.com/vocol/scor">https://github.com/vocol/scor</a>
171	SEAS Architecture ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ArchitectureOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ArchitectureOntology</a>
172	SEAS Building Ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/BuildingOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/BuildingOntology</a>
173	SEAS Device ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/DeviceOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/DeviceOntology</a>
174	SEAS Electric Light Source Ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricLightSourceOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricLightSourceOntology</a>
175	SEAS Electric Power System Ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricPowerSystemOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricPowerSystemOntology</a>
176	SEAS Electric Street Light System Ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/StreetLightSystemOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/StreetLightSystemOntology</a>
177	SEAS Electric Vehicle ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricVehicleOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ElectricVehicleOntology</a>
178	SEAS Photovoltaic ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/PhotovoltaicOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/PhotovoltaicOntology</a>
179	SEAS Smart Meter ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/SmartMeterOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/SmartMeterOntology</a>
180	SEAS Thermodynamic System ontology	<a href="https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ThermodynamicSystemOntology">https://ci.mines-st-etienne.fr/seas/ThermodynamicSystemOntology</a>
181	Semantic Sensor Network Ontology	<a href="https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/">https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/</a>
182	Semantically Integrated Planning Model	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/SIMPM">https://industryportal.enit.fr/ontologies/SIMPM</a>
183	Sensor Data ontology	<a href="https://bimerr.iot.linkeddata.es/def/sensor-data/">https://bimerr.iot.linkeddata.es/def/sensor-data/</a>
184	Sensor: Observation, Sample and Actuator	<a href="https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/">https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/</a>
185	Sharework Ontology for Human-Robot Collaboration	<a href="https://industryportal.enit.fr/ontologies/SOHO">https://industryportal.enit.fr/ontologies/SOHO</a>
186	Shaver Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shaver.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shaver.html</a>
187	Shoe Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shoe.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shoe.html</a>
188	Shredder Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shredder.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/shredder.html</a>
189	SmartHomeWeather	<a href="https://paul.staroch.name/en/">https://paul.staroch.name/en/</a>
190	SmartProducts EADS	<a href="https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html">https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html</a>
191	SmartProducts Generic model	<a href="https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html">https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html</a>
192	SmartProducts Product model	<a href="https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html">https://projects.kmi.open.ac.uk/smartproducts/ontology.html</a>
193	Statistical classification of products by activity	<a href="https://op.europa.eu/en/web/en-vocabularies/dataset/?resource=uri=http://publications.europa.eu/resource/dataset/cpa21">https://op.europa.eu/en/web/en-vocabularies/dataset/?resource=uri=http://publications.europa.eu/resource/dataset/cpa21</a>
194	Storage Media Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/storagemedia.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/storagemedia.html</a>
195	Tablet PC Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/tablet.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/tablet.html</a>
196	Television Vocabulary	<a href="https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/television.html">https://ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/television.html</a>
197	Top Level Ontology of Ontology-based-InformationFlow-Industry-40	<a href="https://github.com/ko3n1g/Ontology-based-InformationFlow-Industry-4.0">https://github.com/ko3n1g/Ontology-based-InformationFlow-Industry-4.0</a>
198	Units of measure (uom)	<a href="https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/uom/">https://rds.posccaesar.org/ontology/plm/ont/uom/</a>
199	Utility vocabulary of OPDM Category Scheme based on the taxonomy of product types defined by Google	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/category/google.owl">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/category/google.owl</a>
200	Vacuum Cleaner Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/vacuum.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/vacuum.html</a>
201	VDI 2206 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI2206">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI2206</a>
202	VDI 2860 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI2860">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI2860</a>
203	VDI 3682 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI3682">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI3682</a>
204	VDI 5100 Ontology-Design-Pattern	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI5100">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDI5100</a>
205	VDI VDE NAMUR 2658	<a href="https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDIVDENAMUR2658">https://github.com/hsu-aut/IndustrialStandard-ODP-VDIVDENAMUR2658</a>
206	Vehicle Sales Ontology for Semantic Web-based E-Commerce	<a href="https://www.heppnetz.de/ontologies/vso/ns">https://www.heppnetz.de/ontologies/vso/ns</a>
207	Versioning Ontology	<a href="https://data.ontocommons.linkeddata.es/vocabulary/VersioningOntology(veronto)">https://data.ontocommons.linkeddata.es/vocabulary/VersioningOntology(veronto)</a>
208	Vicinity core model	<a href="http://iot.linkeddata.es/def/core/index-en.html">http://iot.linkeddata.es/def/core/index-en.html</a>
209	Video Camera Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/videocamera.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/videocamera.html</a>
210	Video Projectors Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/videoprojector.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/videoprojector.html</a>
211	Virtual Asset Representation Ontology	<a href="https://foundationmaker.github.io/edius-ontology/vae/index-en.html">https://foundationmaker.github.io/edius-ontology/vae/index-en.html</a>
212	visualization4ExtrOnt	<a href="http://bdi.si.edu.es/bdi/ontologies/ExtraOnt/docs/">http://bdi.si.edu.es/bdi/ontologies/ExtraOnt/docs/</a>
213	Volkswagen Vehicles Ontology	<a href="https://www.w3.org/2001/sw/ewco/public/UseCases/Volkswagen/Volkswagen.pdf">https://www.w3.org/2001/sw/ewco/public/UseCases/Volkswagen/Volkswagen.pdf</a>
214	Washer Machine Vocabulary	<a href="http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/washingmachine.html">http://www.ebusiness-unilw.org/ontologies/opdm/washingmachine.html</a>
215	Waste Categories	<a href="https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ESTAT_Waste_categories/metadata">https://showvoc.op.europa.eu/#/datasets/ESTAT_Waste_categories/metadata</a>
216	WoT Digital Twin Ontology	<a href="https://og-upm.github.io/WoT-DT-ontology/OnToolology/dt-ontology.ttl/documentation/index-en.html">https://og-upm.github.io/WoT-DT-ontology/OnToolology/dt-ontology.ttl/documentation/index-en.html</a>
217	Z-BRE4K semantic model	<a href="https://www.z-bre4k.eu/">https://www.z-bre4k.eu/</a>

## References

- [1] Emna Amdouni et al. “IndustryPortal: a Common Repository for FAIR Ontologies in Industry 4.0”. In: *22nd International Semantic Web Conference (ISWC)-Demo & Poster*. 2023.
- [2] Mathieu d’Aquin and Natalya F Noy. “Where to publish and find ontologies? A survey of ontology libraries”. In: *Journal of Web Semantics* 11 (2012), pp. 96–111.
- [3] Johannes Frey et al. “DBpedia Archivo: a web-scale interface for ontology archiving under consumer-oriented aspects”. In: *Semantic Systems. In the Era of Knowledge Graphs: 16th International Conference on Semantic Systems, SEMANTiCS 2020, Amsterdam, The Netherlands, September 7–10, 2020, Proceedings 16*. Springer International Publishing. 2020, pp. 19–35.
- [4] Aldo Gangemi and Valentina Presutti. “Ontology design patterns”. In: *Handbook on ontologies*. Springer, 2009, pp. 221–243.
- [5] Veera Ragavan Sampath Kumar et al. “Ontologies for Industry 4.0”. In: *The Knowledge Engineering Review* 34 (2019), e17.
- [6] Viktor Lakic, Luca Rossetto, and Abraham Bernstein. “Link-Rot in Web-Sourced Multimedia Datasets”. In: *International Conference on Multimedia Modeling*. Springer. 2023, pp. 476–488.
- [7] Fabian Neuhaus. “What is an Ontology?” In: *arXiv preprint arXiv:1810.09171* (2018).
- [8] Joanna Isabelle Olszewska et al. “Ontology for autonomous robotics”. In: *2017 26th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN)*. IEEE. 2017, pp. 189–194.
- [9] Emilio Sanfilippo, Yoshinobu Kitamura, and Robert IM Young. “Formal ontologies in manufacturing”. In: *Applied Ontology* 14.2 (2019), pp. 119–125.