

# Knowledge Graphs

Concept, mogelijkheden en aandachtspunten

Christophe Debruyne

Smals Research

30 maart 2021

# Smals Research 2021



**Innovation with  
new technologies**



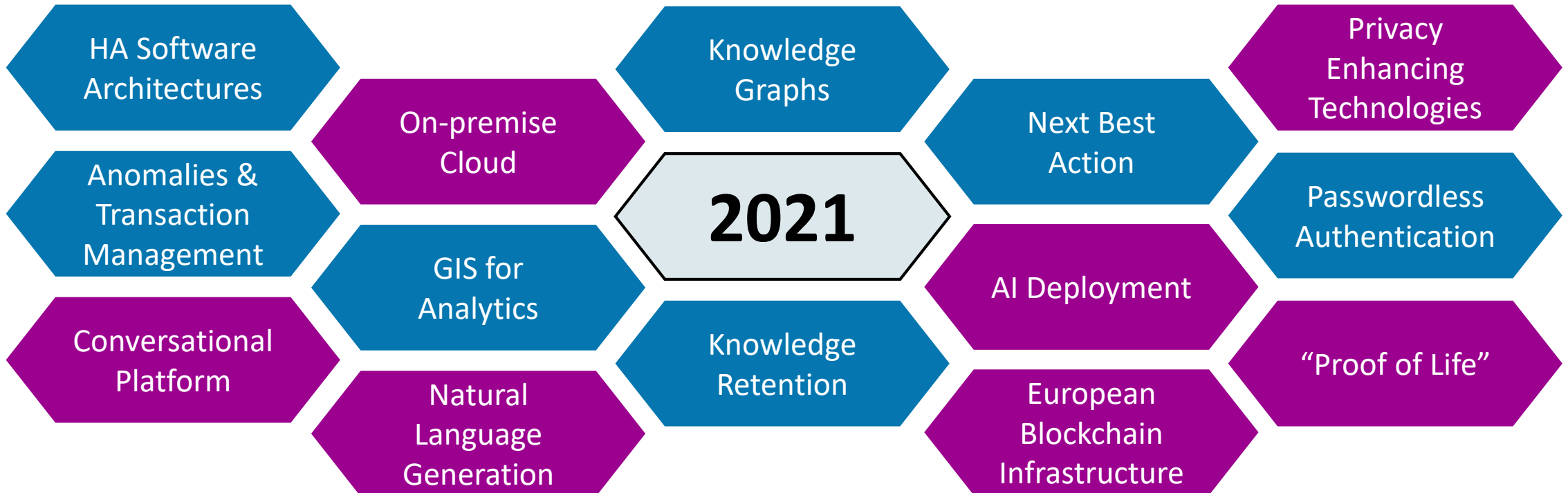
**Consultancy  
& expertise**



**Internal & external  
knowledge transfer**



**Support for  
going live**



# Doel van de webinar

Het beantwoorden van de volgende vragen:

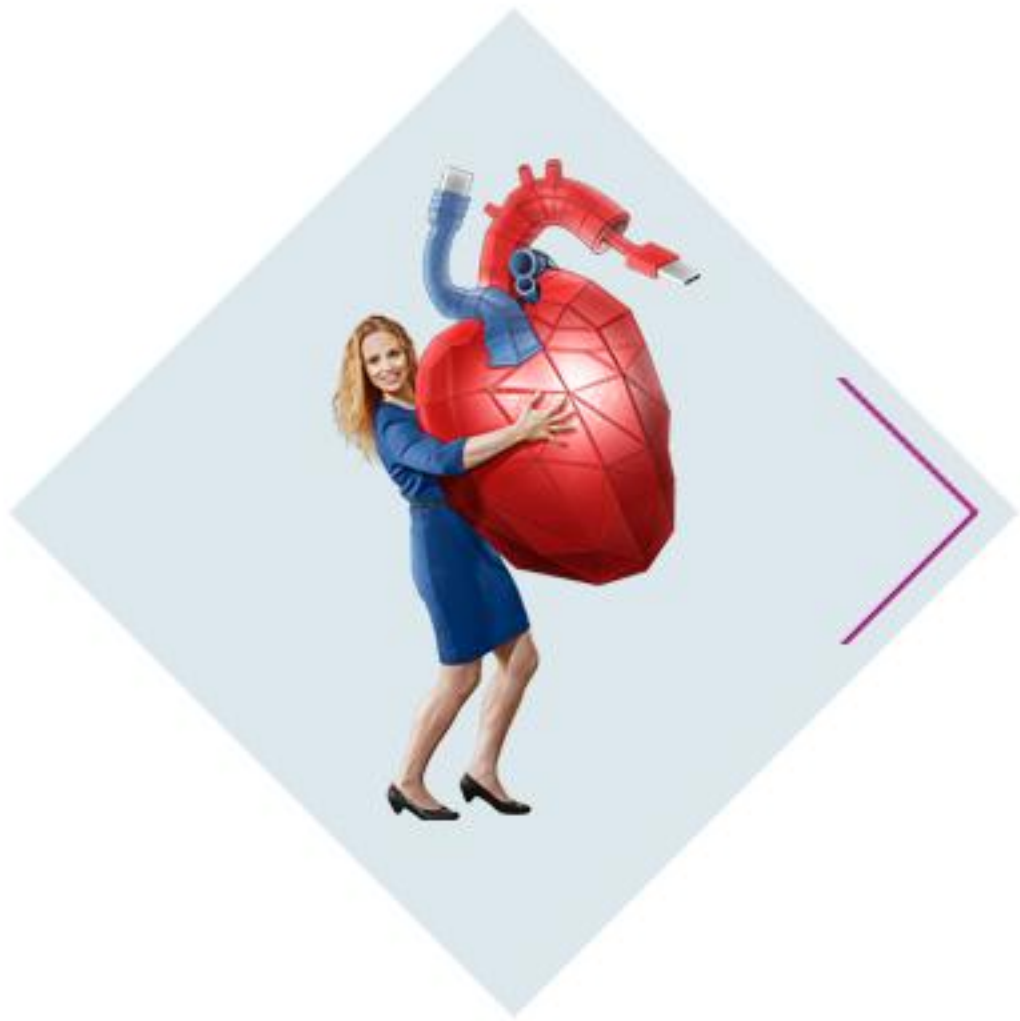
- Wat is een **knowledge graph** (KG)?
- Waar en voor welke problemen kan men KG's **toepassen**?
- Wat komt er kijken bij het **bouwen** en **onderhouden** van een KG?

Het kort toelichten van de volgende vragen:

- Hoe verhouden KG's zich tegenover **andere initiatieven**?
- Hoe verhouden KG's zich tegenover **andere AI technieken**?



<https://www.pexels.com/photo/flying-hot-air-balloon-above-snow-covered-mountain-1740103/>



# Het concept

Wat is een  
Knowledge Graph?

# Probleem

Een schat van kennis is verdoken, is niet geïntegreerd, en is dus niet maximaal benut  
De kennis is niet expliciet, niet gestructureerd, en bijgevolg moeilijk te delen of te gebruiken

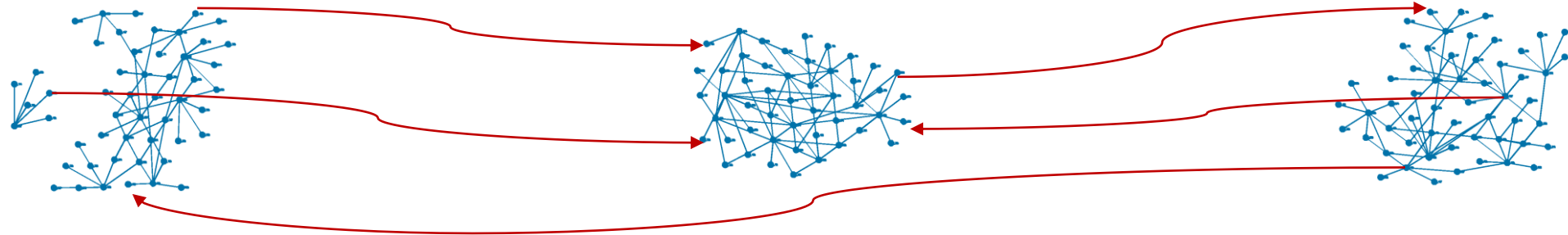
Ongestructureerde data



Gestructureerde data



Kennis van experts

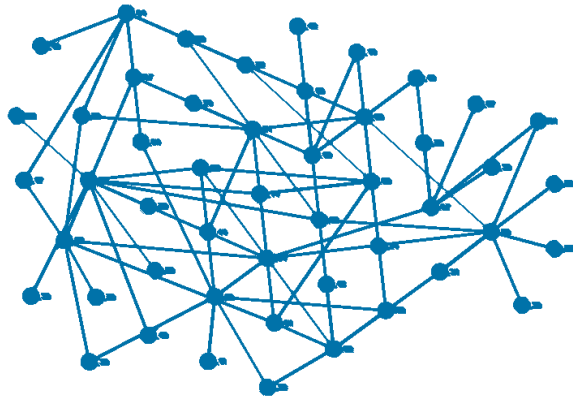


... over diensten, processen, departementen, organisaties, etc. heen

Een knowledge graph structureert die kennis en maakt de verbanden expliciet

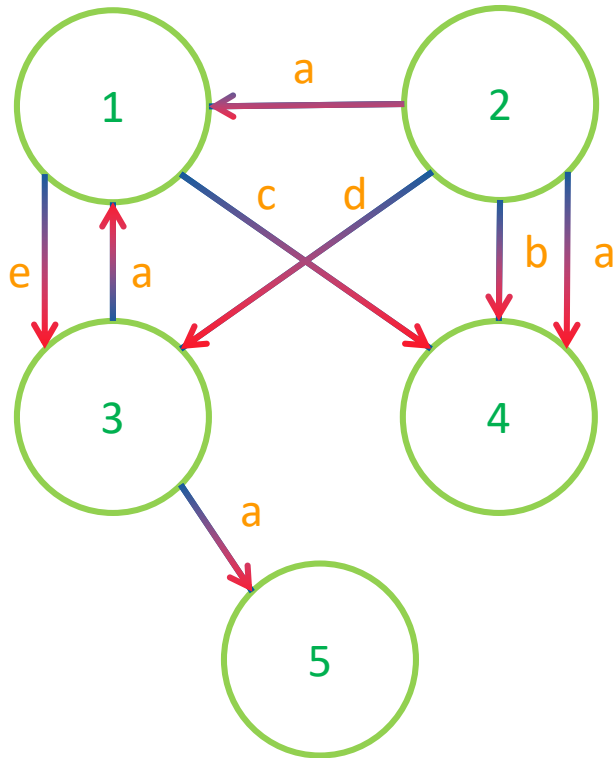
# Wat is een knowledge graph?

Een KG bestaat uit een **graph** die aan bepaalde **voorwaarden** voldoet



<https://www.pexels.com/photo/banking-business-checklist-commerce-416322/>

# Wat is de wiskundige notie van een graaf?



Een graaf is een belangrijk concept in de wiskunde en de informatica

Een graaf bestaat uit:

- Verzameling **nodes** (vertices, knopen), en een
- Verzameling **edges** (zijden) tussen die nodes

In een **gerichte graaf** hebben edges een **richting**

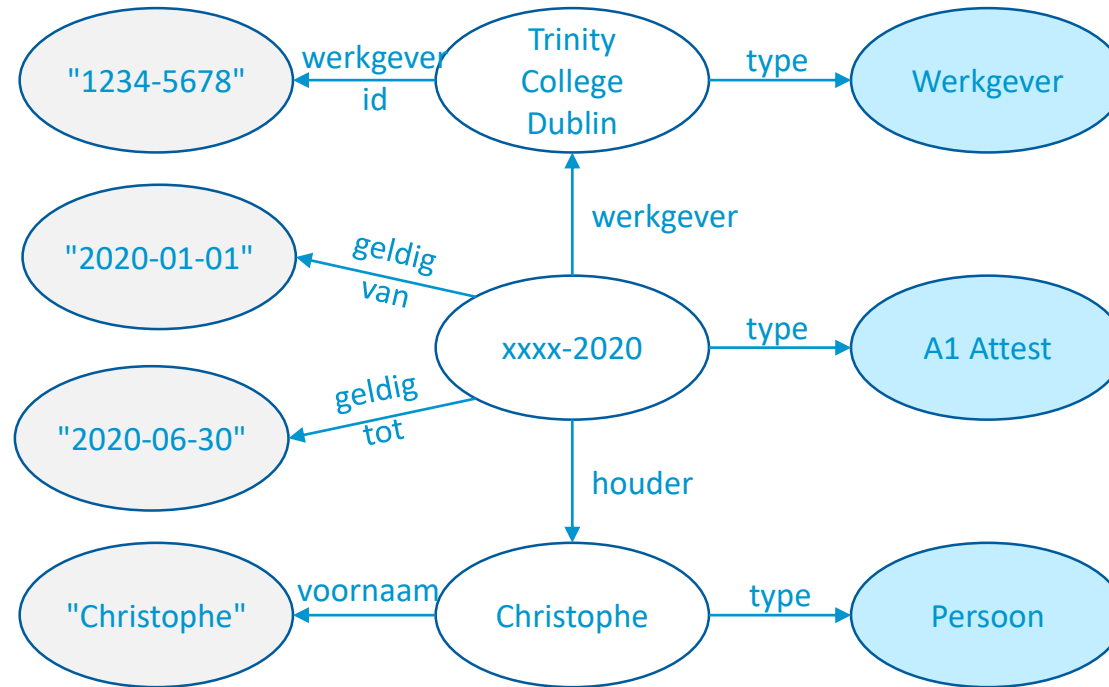
Nodes krijgen doorgaans unieke **labels**

Edges kunnen ook **gelabeld** worden

**Hoe gebruiken we een graaf om kennis voor te stellen?**

# De graph van een knowledge graph

Entiteiten	Stellen "dingen" in een domein
Relaties	Relaties tussen "dingen"
Typen	Entiteiten voor categorieën Geven context en betekenis
Attributen	Entiteiten voor tekenreeksen; data, nummers, ...





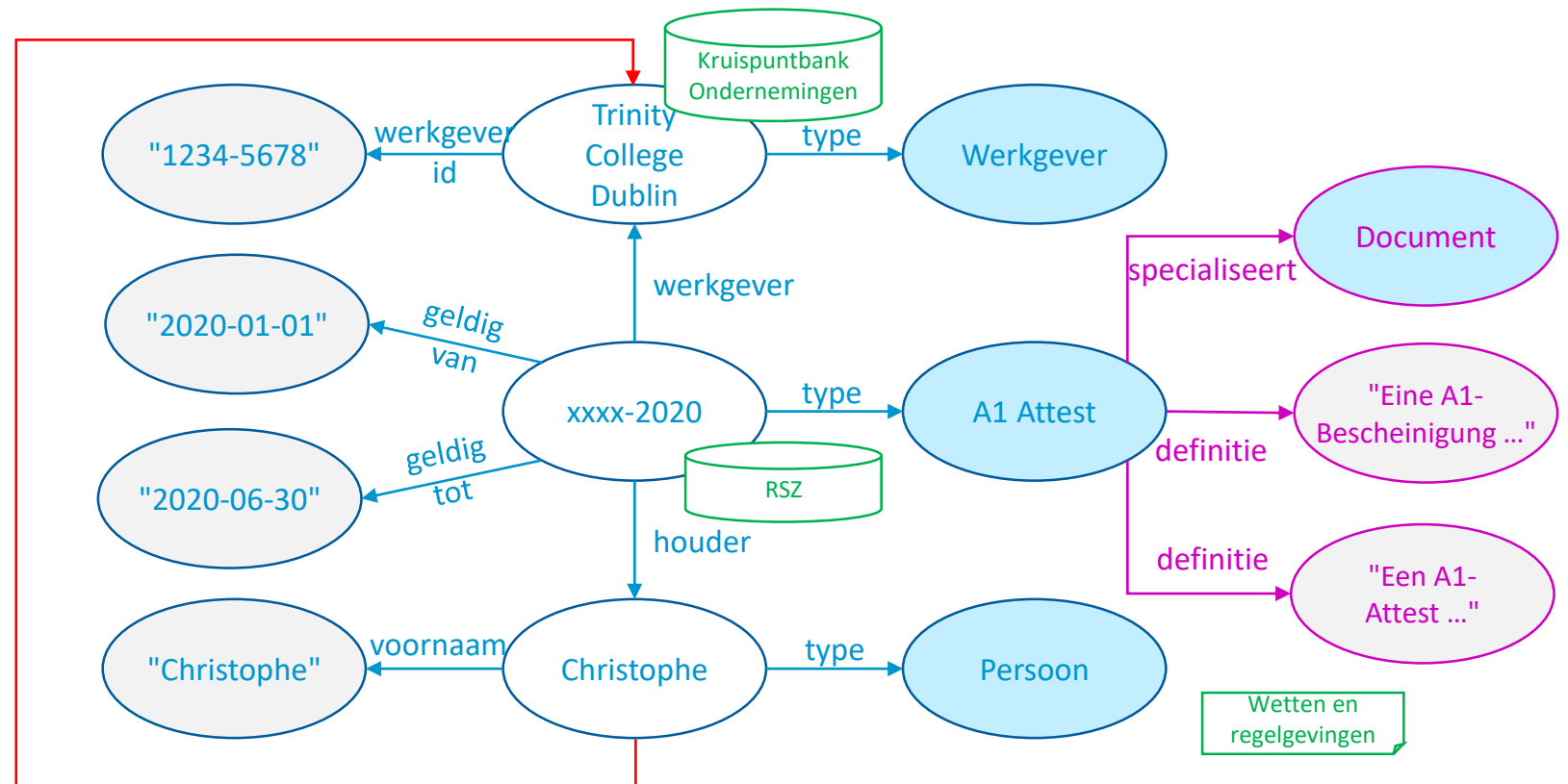
# De voorwaarden van een knowledge graph

Entiteiten	Stellen "dingen" in een domein
Relaties	Relaties tussen "dingen"
Typen	Entiteiten voor categorieën Geven context en betekenis
Attributen	Entiteiten voor tekenreeksen; data, nummers, ...

1. Typen en relaties worden in een schema gedocumenteerd (definities, eigenschappen)

2. Integratie van informatie van verschillende domeinen, organisaties, departementen, en zelfs uit verschillende bronnen

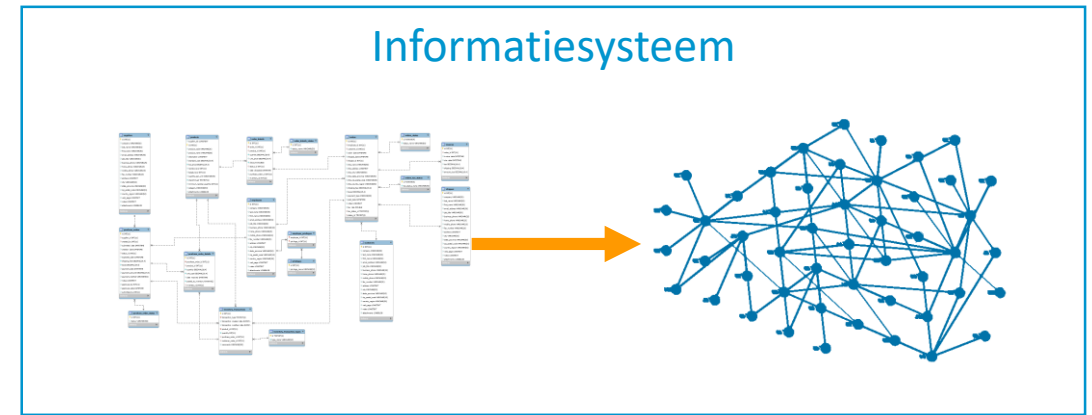
3. Ondersteuning om impliciete relaties, inzichten, kennis,... af te leiden



- Voor elke persoon, max 1 geboortedatum
- Voor elk attest, geldig van < geldig tot
- ...

# De voorwaarden van een knowledge graph

- Graph technologieën zijn nuttig  
E.g., efficiëntie in bepaalde use cases



- Dus: niet elke graph is een knowledge graph
- De voorwaarden laten ons toe niet alleen om graphs te onderscheiden, maar ook in te schatten wanneer een knowledge graph toepasselijk is

# Oude wijn in nieuwe zakken...?

Klinken de definitie en beschrijving van een KG bekend in de oren?

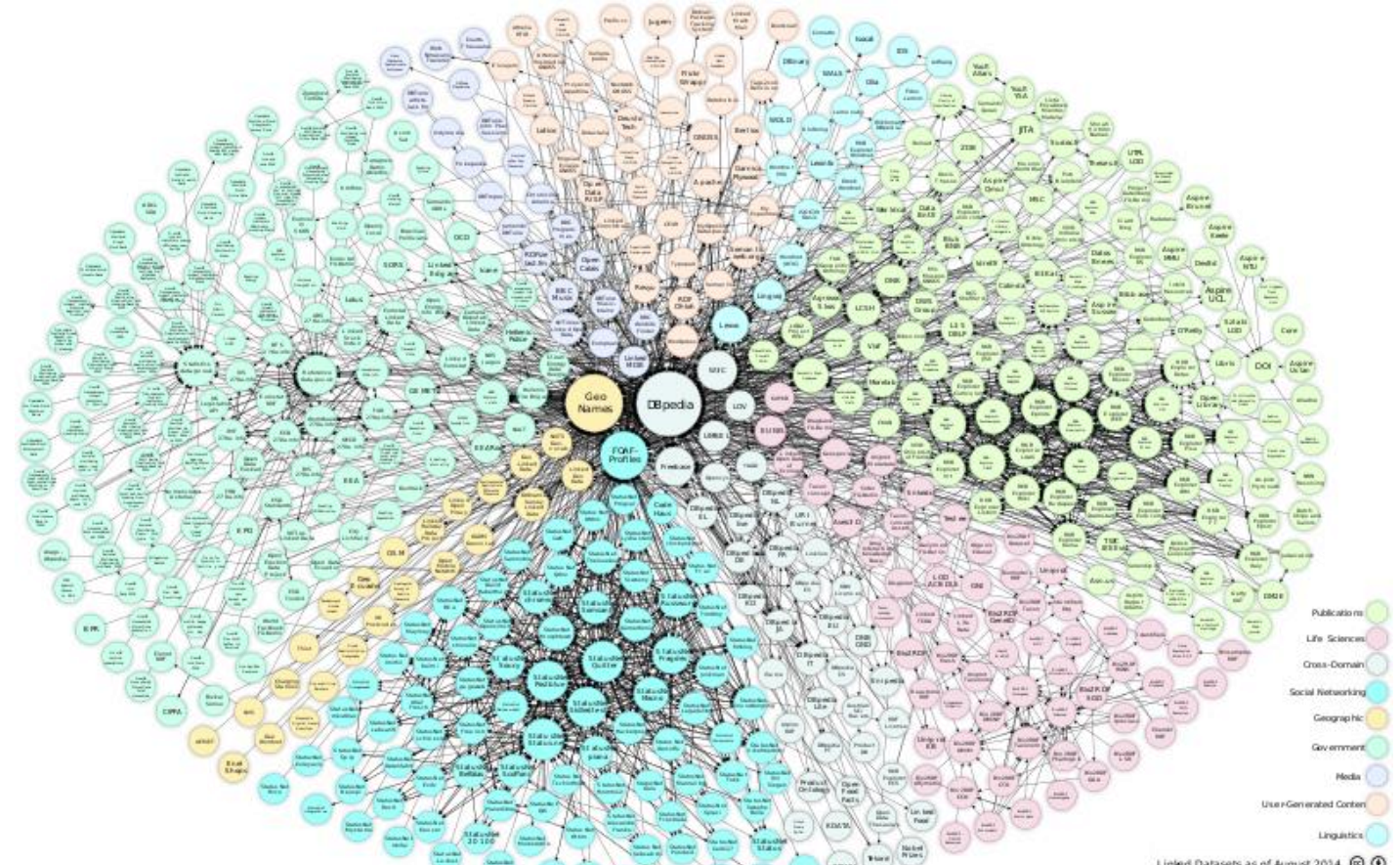
- Semantic Web
- RDF en ontologieën
- Knowledge bases
- Linked Data
- ...

Maar waarom de "hernieuwde" interesse?

Vier redenen (persoonlijke opinie)

# Hernieuwde interesse

- Eind jaren '90      Semantic Web
- Vanaf Midden 2000      Linked Data



Linking open data cloud diagram 2014, by Max Schmachtenberg, Christian Bizer, Anja Jentzsch and Richard Cyganiak. <http://lod-cloud.net/>

# Hernieuwde interesse

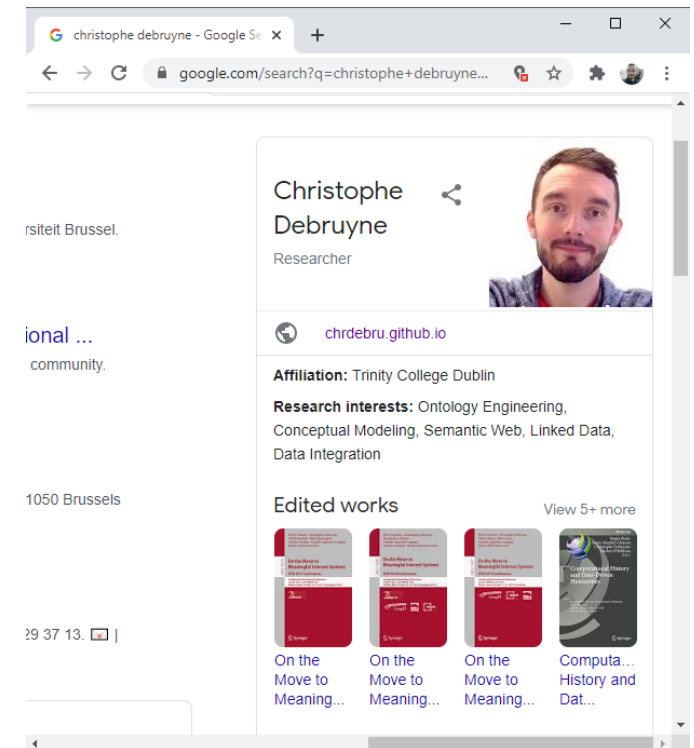
- Eind jaren '90                      Semantic Web
- Vanaf Midden 2000      Linked Data

## Reden 1: "Rebranding"

- Google maakte de term "Knowledge Graph" in 2012 populair  
Hoewel de "knowledge graphs" sinds de jaren 70 gebruikt
- Vanaf 2012                      Linked Data ~~en~~ KG's

**KG's zijn niet gelijk aan Linked Data, doch worden Linked Data technologieën en principes vaak voor KG's gebruikt**

Ruimte voor pragmatische keuzes



# Hernieuwde interesse

## Reden 2: De (onderliggende) technologieën werden toegankelijker

Twee voorbeelden

1. Schema.org (gedreven door Google, Microsoft, Yahoo!, en Yandex)  
Toegankelijker voor (Web) ontwikkelaars  
→ Incentive voor bedrijven  
→ Kennisinstellingen bieden vakken aan
2. JSON-LD ("Linked Data in JSON formaat")  
Ontwikkelaars helpen bij het produceren en gebruiken van Linked Data

Maar... de "kunst" van het modelleren gaat "verloren" (een andere discussie)

# Hernieuwde interesse

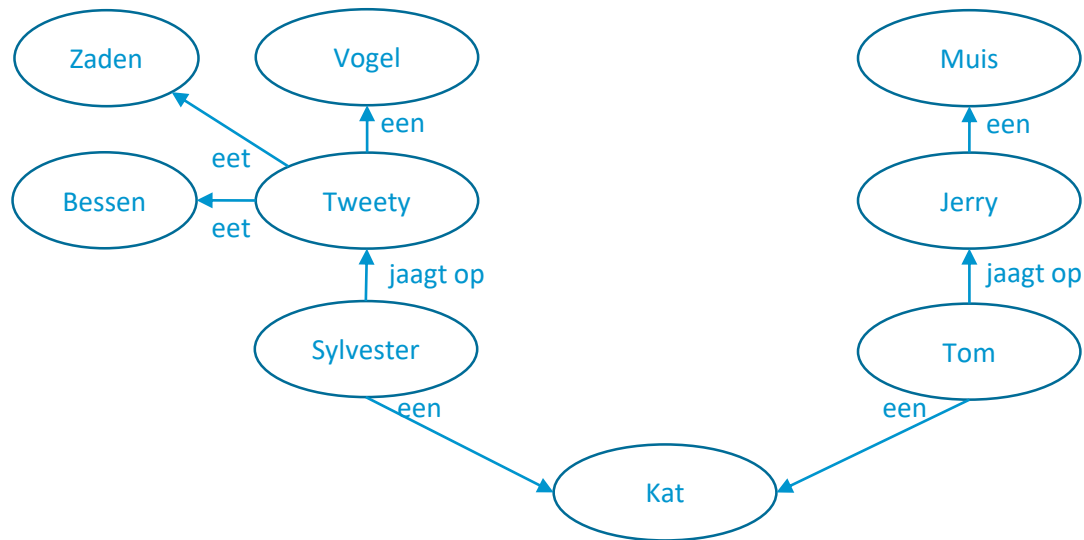
## Reden 3: Onderzoek naar graph datamodellen en formalismen ligt niet stil

- De relaties tussen verschillende soorten graph datamodellen
- Schematalen, validatietalen, ...
- Graph database technologieën (NoSQL), virtualisatie, ...

# Hernieuwde interesse

## Reden 4: Recente ontwikkelingen in IT

- Big data processing en opslag in de cloud  
Noot: niet alle KG's hebben nood aan Cloud oplossingen
- Machine Learning en Deep Learning met KG's én schema's  
M/DL op de graph, en M/DL met de graph



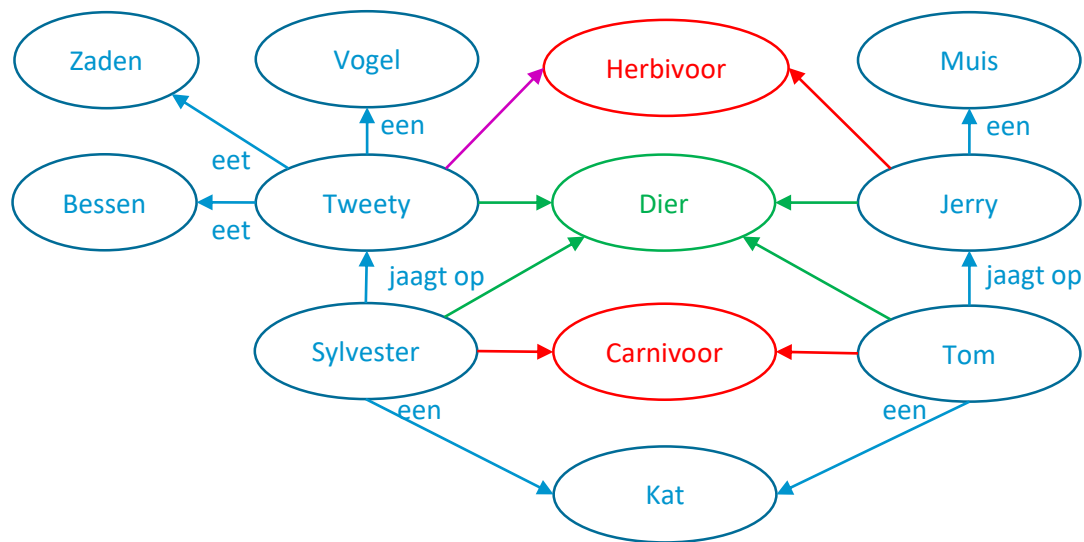
- Een graph biedt een meer flexibele manier om gegevens voor te stellen.
- Graph Neural Networks (GNN) codeert de informatie van een node's "buren" voor verschillende taken: labels voorspellen, nodes voorspellen, relaties voorspellen,...
- Hier ziet men dat katten jagen, dus bij het introduceren van een nieuwe kat (e.g., Azrael), kan men voorspellen dat Azrael op *iets* zal jagen.



# Hernieuwde interesse

## Reden 4: Recente ontwikkelingen in IT

- Big data processing en opslag in de cloud  
Noot: niet alle KG's hebben nood aan Cloud oplossingen
- Machine Learning en Deep Learning met KG's én schema's  
M/DL op de graph, en M/DL met de graph



==> "Katten jagen op **iets** herbivoren."

### Schema:

- Katten zijn dieren. Muizen zijn dieren. Vogels zijn dieren.
- Katten zijn carnivoren. Muizen zijn herbivoren.
- Zaden en bessen zijn plantaardig.
- Dieren die enkel plantaardig eten zijn herbivoren.

KG's zijn een toepassing van kennisrepresentatie, een onderdeel van AI dat gebruik maakt van formele logica's  
Knowledge graphs zijn dus complementair in een bredere AI strategie

# Enterprise Knowledge Graphs



Hoe verhouden KGs in een bedrijf/organisatie zich tegenover open KG's en Linked Data?

Features	Open KGs / Linked Data	Enterprise KGs
Data source	Distributed	Usually centralized
Openness	Open to public	Private
Size of the data	(Usually) huge	(Usually) big
Data Acquisition	Usually harder	Usually easier
Quality of the data	Low	High(er)
Schema language	Simple	Likely to be more expressive
Knowledge	Generic or Domain Specific	Domain-specific

*Gebaseerd op Pan et al., 2017*



# Toepassingen

Waar en waarvoor  
worden knowledge  
graphs gebruikt?

+

Concrete voorbeelden

# Waarom Knowledge Graphs?

- Semantic Search & Information Retrieval
- Recommender Systems
- Kennisretentie
- Chatbots en Virtual Assistants
- Business en Financial Analytics
- Meertalige diensten
- Operational Research (logistics)
- Drug Discovery
- ...

## Welke soort problemen?

Een oplossing omvat:

- Bewaren en toegankelijk maken van kennis
- Afleiden van kennis en inzichten

Uit informatie van:

- Verschillende domeinen
- Verschillende bronnen
- Niet expliciet opgeslagen
- ...

**Problemen en applicaties hoeven niet groot te zijn!**

# Waarom Knowledge Graphs?

- Semantic Search & Information Retrieval
- Recommender Systems
- Kennisretentie
- Chatbots en Virtual Assistants
- Business en Financial Analytics
- Meertalige diensten
- Operational Research (logistics)
- Drug Discovery
- ...

Intelligente bevestigingen via de KG door context te achterhalen. KG bevat ook synoniemen en exploiteert eigenschappen van relaties.

"Wie zit er op de bank?"



# Waarom Knowledge Graphs?

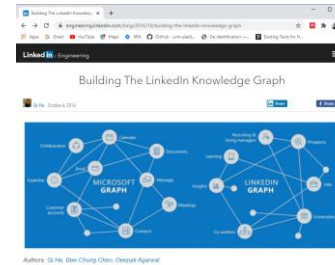
- Semantic Search & Information Retrieval
- **Recommender Systems**
- Kennisretentie
- Chatbots en Virtual Assistants
- Business en Financial Analytics
- Meertalige diensten
- Operational Research (logistics)
- Drug Discovery
- ...

Intelligente bevestigingen via de KG door context te achterhalen. KG bevat ook synoniemen en exploiteert eigenschappen van relaties.

"Wie zit er op de bank?"



Aanbevelingen van bv documenten op basis van gelijkaardige activiteiten. KG integreert doorgaans meerdere bronnen in dit scenario.



<https://www.linkedin.com/>

# Waarom Knowledge Graphs?

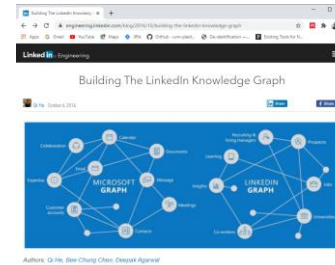
- Semantic Search & Information Retrieval
- Recommender Systems
- Kennisretentie
- Chatbots en Virtual Assistants
- Business en Financial Analytics
- Meertalige diensten
- Operational Research (logistics)
- Drug Discovery
- ...

Intelligente bevestigingen via de KG door context te achterhalen. KG bevat ook synoniemen en exploiteert eigenschappen van relaties.

"Wie zit er op de bank?"



Aanbevelingen van bv documenten op basis van gelijkaardige activiteiten. KG integreert doorgaans meerdere bronnen in dit scenario.



<https://www.linkedin.com/>

KG's als onderdeel van een bredere strategie voor het kwantificeren, bewaren, en toegankelijk maken van kennis en expertise (turnover, pensioen, etc.).

# Voorbeelden van grote projecten



Integreren van > 200 miljoen documenten, data, data van eigen experimenten, etc. om R&D te drijven. E.g., de functie van genen voorspellen.

# NETFLIX

Netflix's Content Knowledge Graph wordt gebruikt voor, onder andere, aanbevelingen (op basis van inhoud, gebruikersactiviteit, en kennis).

KG projecten hoeven niet groot te zijn.

En als men een KG project aanvangt: klein beginnen.



Integreren van documenten voor aanbevelingen, dit om het proces van drug discovery te versnellen.

# SIEMENS

*Ingenuity for life*

Een "industriële" KG voor "Siemens Domain Knowledge". Data uit verschillende silo's ontsluiten en verrijken. Doel? Data toegankelijker maken en processen optimaliseren.

<https://medium.com/dataseries/how-knowledge-graphs-will-transform-data-management-and-business-2b0aad9b5342>

<https://towardsdatascience.com/movie-recommendations-powered-by-knowledge-graphs-and-neo4j-33603a212ad0>

<https://www.ns-healthcare.com/analysis/astrazeneca-drug-discovery/>

[https://indico.cern.ch/event/669648/contributions/2838194/attachments/1581790/2499984/CERN\\_Open\\_Lab\\_Technical\\_Workshop\\_-\\_SIEMENS\\_AG\\_-\\_FISHKIN\\_-\\_11-01-2018.pdf](https://indico.cern.ch/event/669648/contributions/2838194/attachments/1581790/2499984/CERN_Open_Lab_Technical_Workshop_-_SIEMENS_AG_-_FISHKIN_-_11-01-2018.pdf)



# RTÉ – De Ierse nationale zender

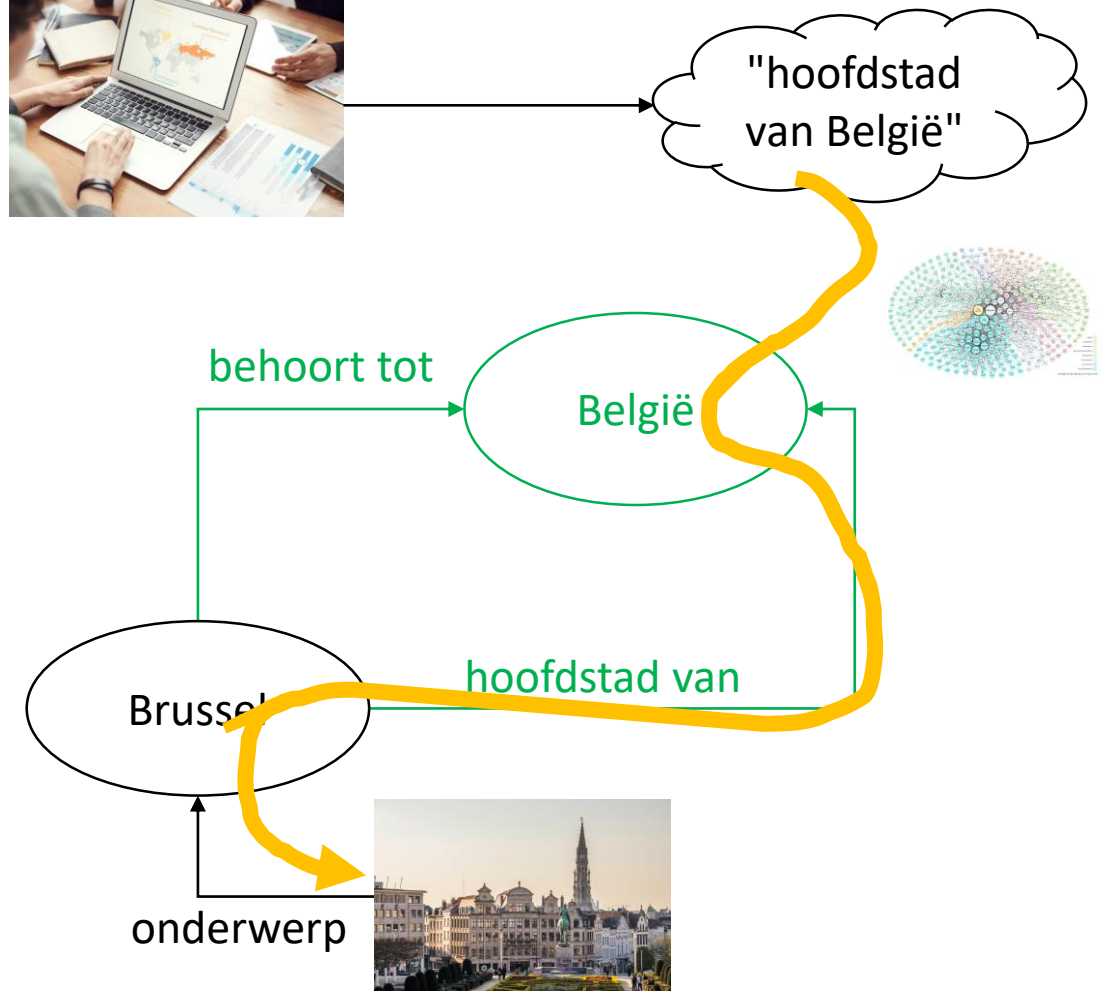
Journalisten, onderzoekers (voor programma's), etc. hadden het moeilijk archieven te doorzoeken

Uitdagingen:

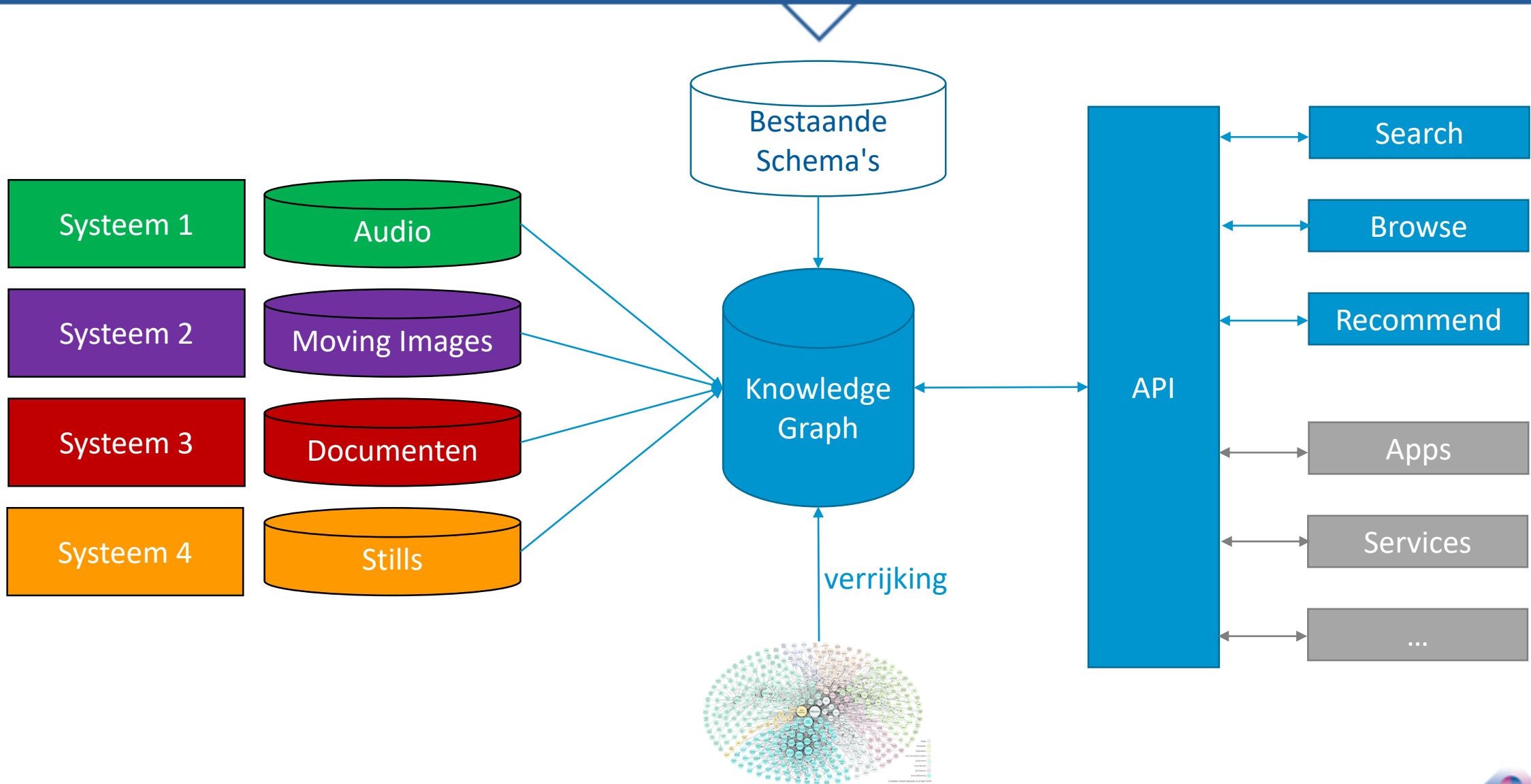
- Vier verschillende archieven, systemen, en procedures
- Data kwaliteit
- Focus op metadata, dus...
- Zeer tot weinig context

Vereisten:

- Een centraal punt voor opzoeken op basis van bestaande data
- Meer context
- Bestaande systemen niet aanraken
- Derden applicaties laten ontwikkelen



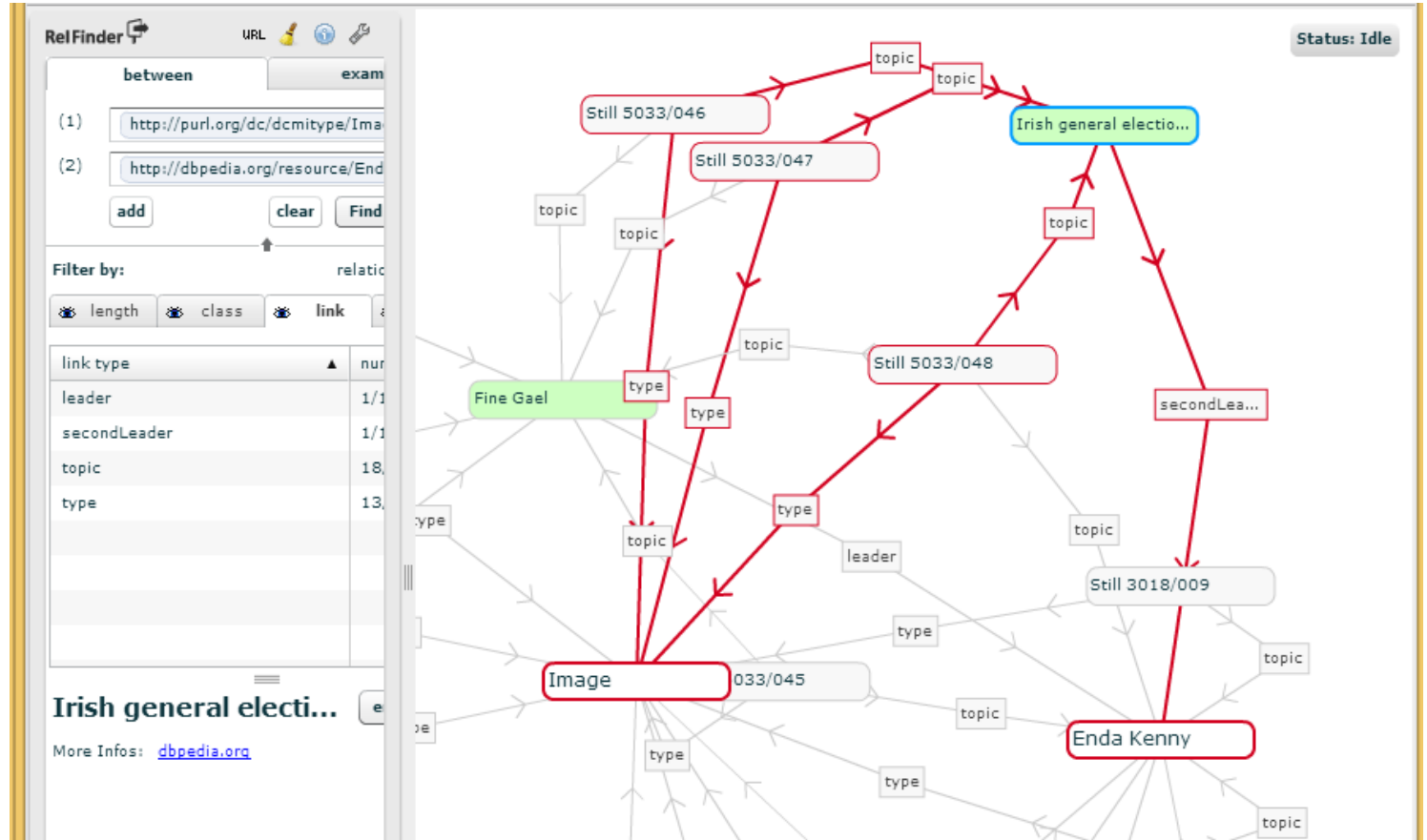
# RTÉ – De Ierse nationale zender



# RTÉ – De Ierse nationale zender

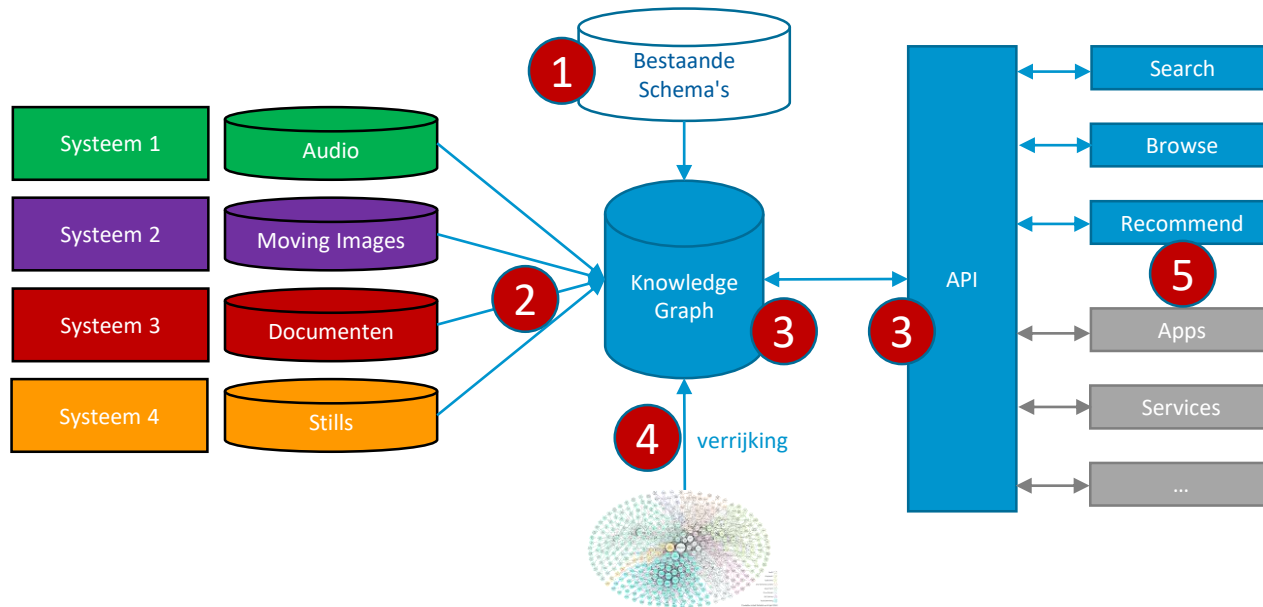
**RelFinder** zoekt naar alle paden tussen geselecteerde entiteiten waarna men deze kan filteren.

Een voorbeeld van het gebruik van een bestaande applicatie voor knowledge graphs.



RelFinder: <http://www.visualdataweb.org/refinder.php>

# RTÉ – De Ierse nationale zender



## Technische Details:

1. Gebruik bestaande schema's
2. Vertaalslag databases naar KG met **R2RML**; een gestandaardiseerd "taaltje" dat de transformatie beschrijft
3. **Apache Jena** voor zowel de opslag van de KG en de API
4. De verrijking aan de hand van **SILK**; een "interlinking framework". De interlinks werden in afzonderlijke "containers" geplaatst
5. Een combinatie van bestaande vrije en eigen tools bovenop de KG

R2RML - <https://www.w3.org/TR/r2rml/>  
R2RML - <https://github.com/chrdebru/r2rml>  
Apache Jena - <https://jena.apache.org/>  
SILK - <http://silkframework.org/>

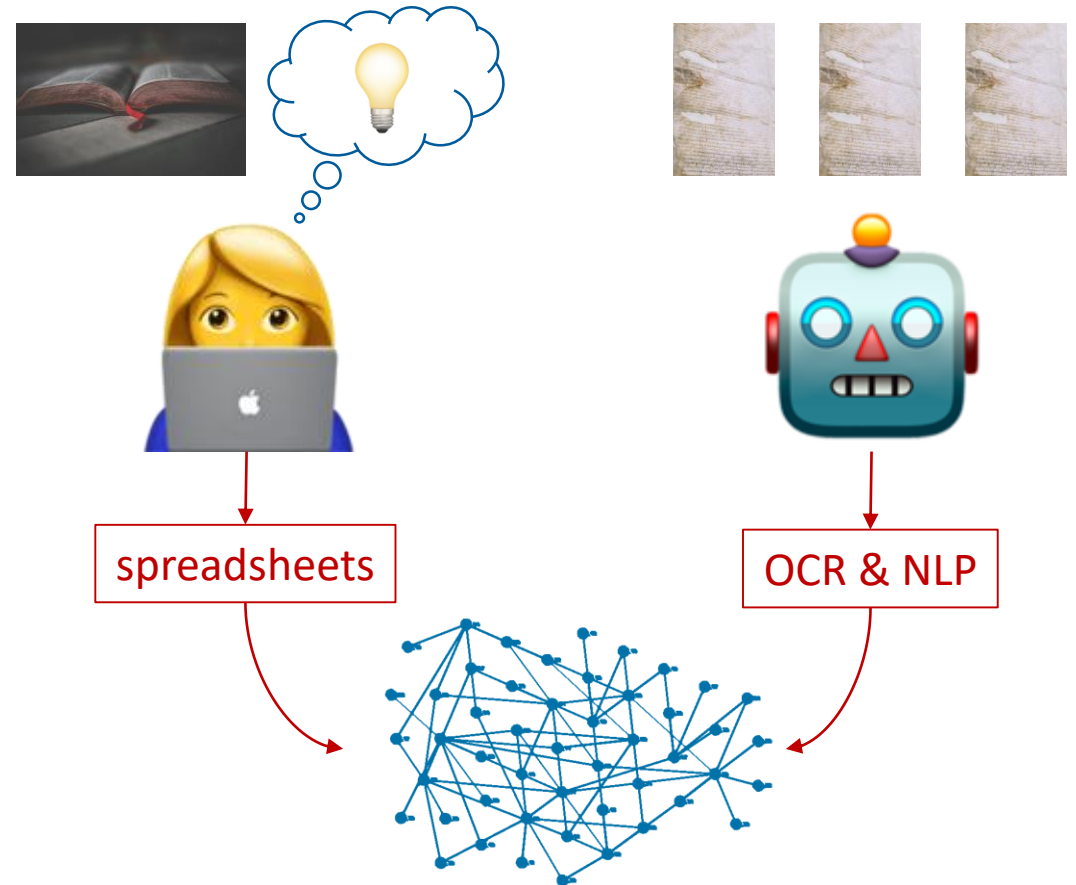
- 1 informaticus en 1 domein expert (tezamen voor 1.5 VTE)
- 1 jaar voor de proof-of-concept
- 3 maanden voor 3 systemen, 1 maand voor de laatste
- Het corrigeren van de originele data + richtlijnen was een belangrijke taak

# Beyond 2022

Historische personen, mandaten, organisaties, en plaatsen voor een virtueel archief.

Structureren, interpreteren en integreren van informatie uit boeken, brieven, ... **zowel manueel als automatisch**.

Het doel was verder te gaan dan een "gewoon" documentenarchief door het maken van relaties (met context) over documenten heen.



<http://www.beyond2022.ie/>

# Beyond 2022

Historische personen, mandaten, organisaties, en plaatsen voor een virtueel archief.

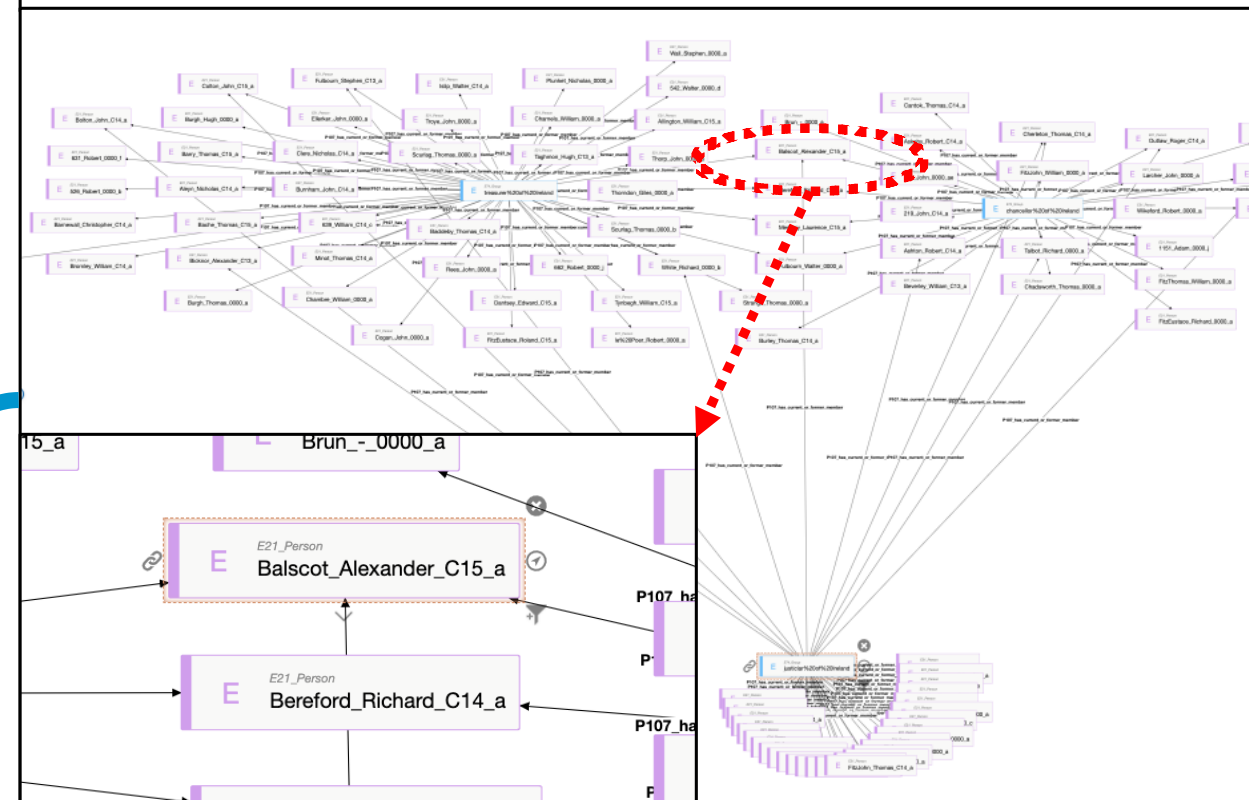
Structureren, interpreteren en integreren van informatie uit boeken, brieven, ... **zowel manueel als automatisch**.

Het doel was verder te gaan dan een "gewoon" documentenarchief door het maken van relaties (met context) over documenten heen.

Bestaande (open) tooling kan met de KG overweg!

Het vinden van de persoon die alle posities hield verliep sneller dan het doornemen van de corpus. Enkele minuten ipv enkele uren!

Doorzoeken van de KG met **Ontodia**.



<https://metaphacts.com/ontodia>

# Beyond 2022

## Technische details:

- Bestaande "basis schema" + uitbreidingen met **Protégé**
- Vertaalslag spreadsheet met **R2RML** (of Python waar redelijk)
  - Spreadsheets herbruikbaar voor verschillende scenario's
- Kwaliteitscontrole aan de hand van **SHACL** – een taaltje voor logische- en vormcontroles op KG's
- Data opslag en API met **blazegraph**
- Een combinatie van bestaande vrije en eigen tools bovenop de KG

<https://protege.stanford.edu/>  
<https://www.w3.org/TR/shacl/>  
<https://blazegraph.com/>

## Effort voor de KG (zonder NLP pipeline):

- Hoofdzakelijk 1 ingenieur (20-40%) en 1 domeinexpert (80%)
- Regelmatig sessies met andere experts ("focus" en "trial" groepjes)
- 1 jaar voor de **methodologie en proces** en het verwerken van 2 bronnen
- Sustainability primeerde sinds het begin, alsook een agile en incrementele manier van werken



# Het bouwen en het onderhouden van een KG

Wat komt er allemaal bij  
te kijken?



# Het opslaan van een KG



ORACLE  
Graph Server and Client

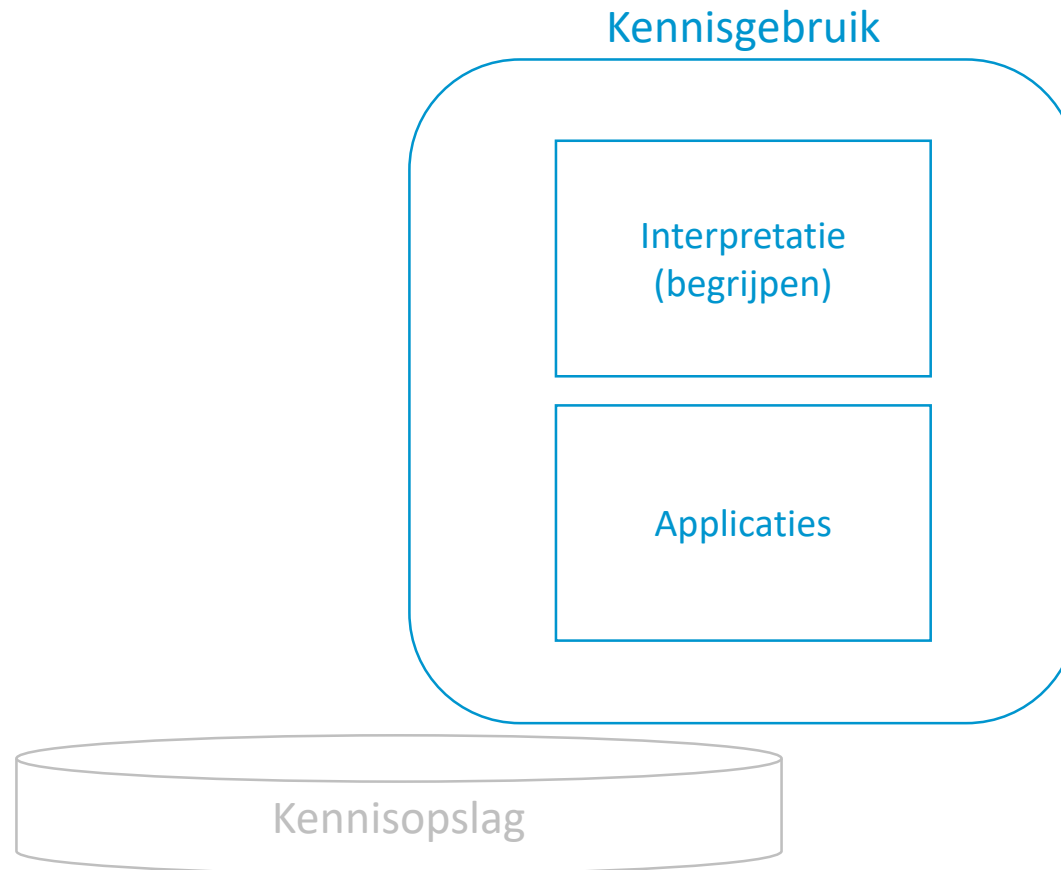


neo4j

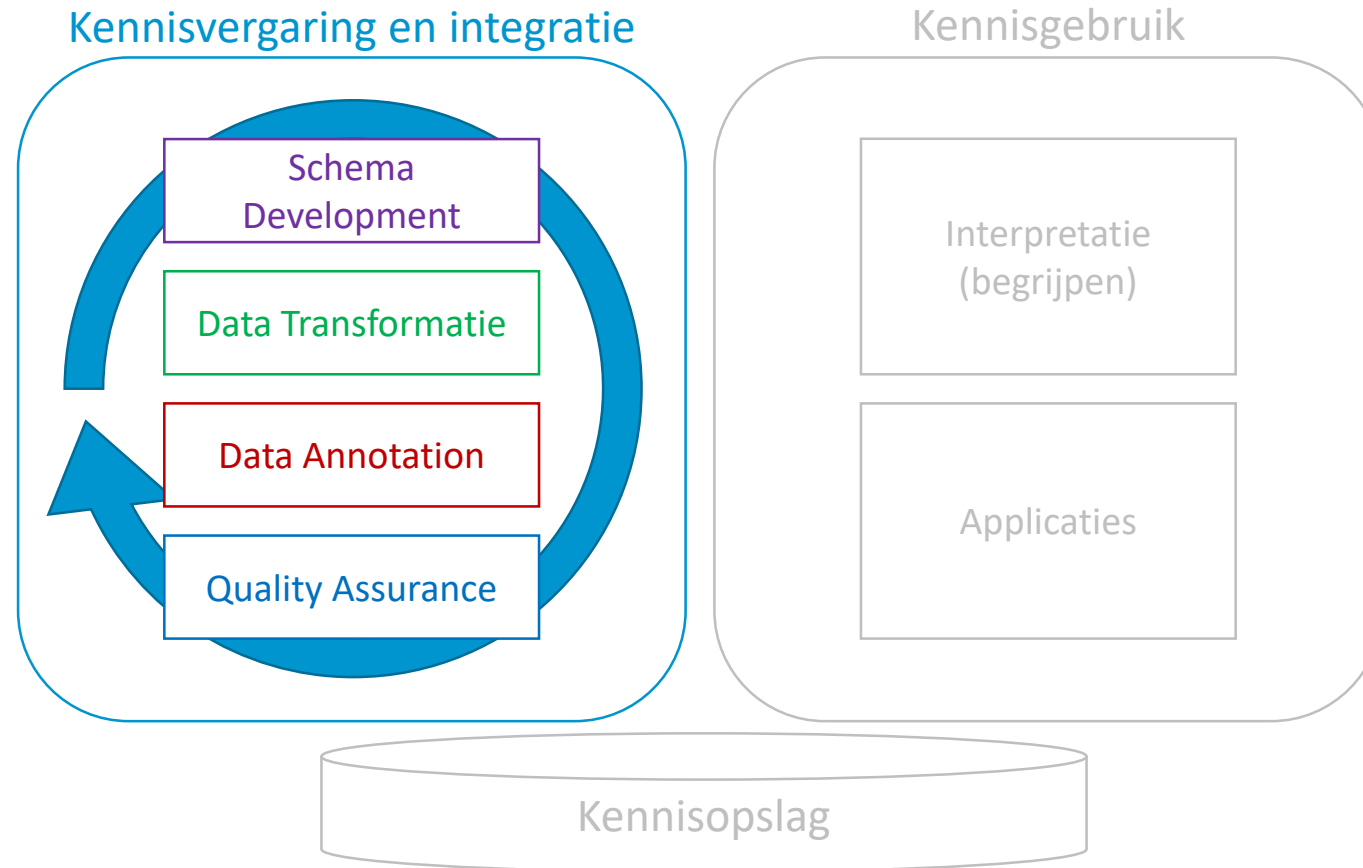


OPEN LINK\*  
VIRTUOSO  
UNIVERSAL SERVER

# Het gebruiken van een KG

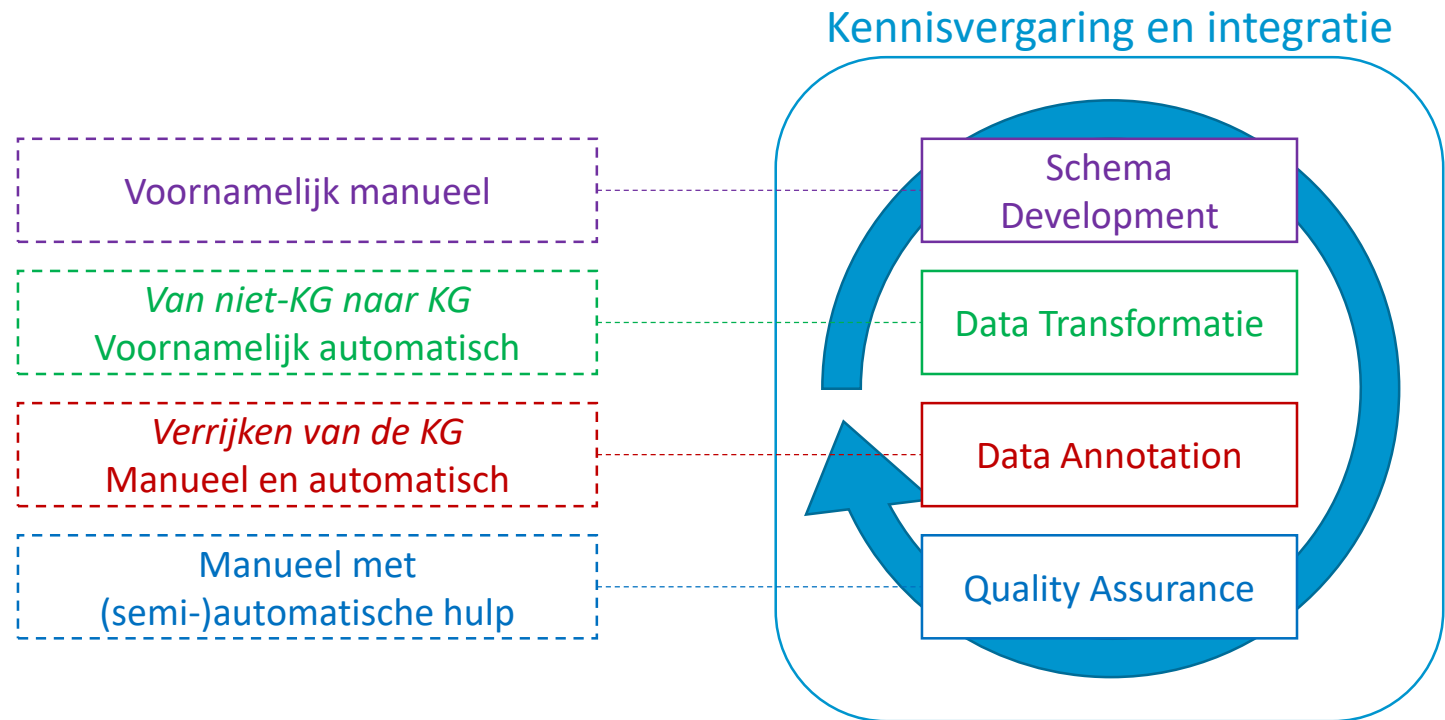


# Maken, verrijken, verfijnen, en beheren van KG's



# Maken, verrijken, verfijnen, en beheren van KG's

- Het bouwen en onderhouden van een KG is niet triviaal
- Er bestaan voor elke activiteit tools en technieken
- Welke tools en technieken adequaat zijn, hangt af van de use case



Klein beginnen en, gedreven door de noden en vereisten, de KG laten evolueren en groeien

# Uitdagingen

## Automatisch

- Volledigheid
- Consistentie

## Manueel

- Beschikbare expertise
- Werkbelasting
- Samenwerking en samenwerkingsproces

## Gemeenschappelijk

- Vereisten formuleren
- Evaluatie van de KG
- Expressiviteit vs. efficiëntie
- Mate van hergebruik
- Privacy
- ...

Onnauwkeurigheden zijn doorgaans tolereerbaar voor opzoeken, maar niet voor het nemen van beslissingen.

# Uitdagingen

Het project, de use case, en vereisten bepalen in grote mate

## De omvang en kost voor het maken van de KG

- Welke zijn de kwaliteitscriteria?
- De "gezaghebbendheid" van de KG?
- Is het eenmalige grote constructie?
- Mate van automatisatie?
- ...

## De omvang en kost voor het onderhouden van de KG

- **Wie neemt de taak op?**
- **Wie gaat de mensen trainen, opleiden, ...?**
- Hoe vaak moeten we annoteren?
- Moeten modellen regelmatig hertraint worden?
- Eenvoudige correcties vs. governance modellen?
- ...

"Bezint eer ge begint" – Men moet *minstens* over die vragen denken alvorens een project te starten.

# Tools en technieken

## Vrije componenten: (niet exhaustief)

- Schema Development  
[Stanford \(Web\) Protégé](#)
- Data Transformation  
R2RML [engines](#)
- Data Annotation  
Link discovery: [SILK](#)
- Quality Assurance  
SHACL: [TopBraid](#), [Apache Jena](#)
- Data opslag  
[Apache Jena](#), [Blazegraph](#)

## Commerciële oplossingen: (niet exhaustief)

- [PoolParty](#)
- [TopBraid EDG](#)
- [Stardog](#)
- [Neo4j](#)
- ...

Bouwen, onderhouden, gebruiken en opslaan van een KG?  
Gebruiken en koppelen van componenten vs. commerciële oplossingen die verschillende aspecten ondersteunen

# Dus...

## Mijn tip is om klein te beginnen

- Een duidelijke scope of probleem
- Is of zal een KG nuttig zijn?  
De voorwaarden van een KG kunnen helpen
- Problemen, noden, etc. prioriteren en op een incrementele en "agile" manier werken
- Vermijden van premature optimalisatie

## Voorbeelden

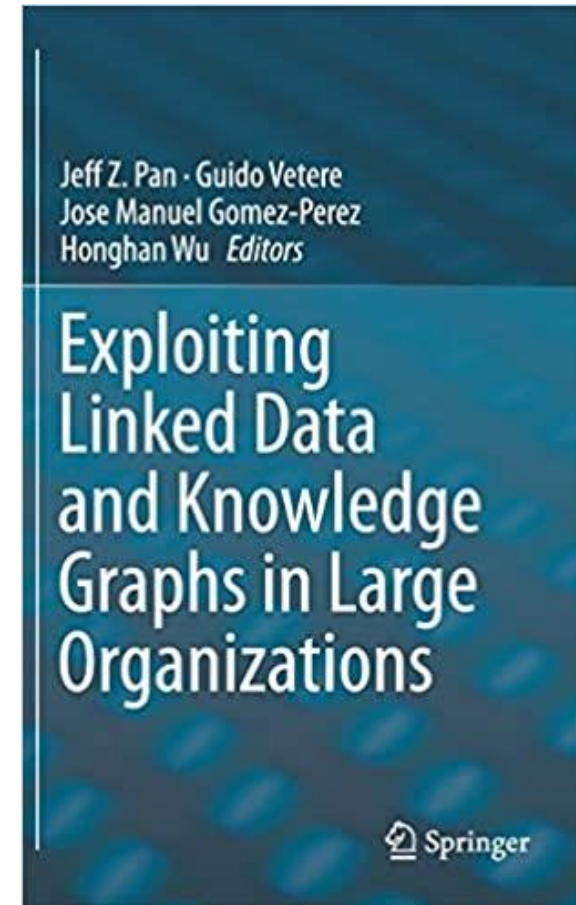
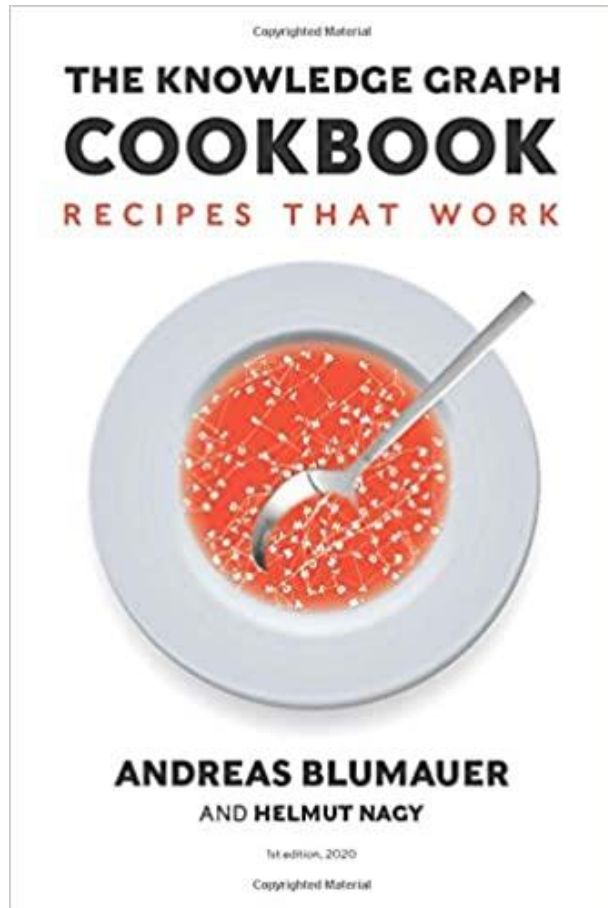
- RTÉ → Eerst "Search" en "Browse", en dan "Recommend"
- B2022 → Visie was duidelijk, maar stappen niet. Iteratief concept-per-concept de KG uitwerken



# Samenvatting

- Een toelichting van het concept knowledge graph: **graaf + voorwaarden**
- KG's voorzien een flexibele manier om informatie op een **betekenisvolle** manier te representeren, te integreren, te delen, en te gebruiken
- Het concept is simpel, maar de constructie en het onderhouden van een KG is **niet triviaal**  
Wat er bij het onderhouden van een KG komt kijken wordt vaak onderschat
- **Kans op slagen groeit met realistische verwachtingen en een duidelijke scope**

# Bibliografie



# Opnieuw een ballonnetje

- Semantic Search & Information Retrieval
- Recommender Systems
- Kennisretentie
- Chatbots en Virtual Assistants
- Business en Financial Analytics
- Meertalige diensten
- Operational Research (logistics)
- Drug Discovery
- ...

Smals Research kan u helpen te kijken of een KG een goede oplossing kan zijn voor uw case.

## Welke soort problemen?

Een oplossing omvat:

- Bewaren en toegankelijk maken van kennis
- Afleiden van kennis en inzichten

Uit informatie van

- Verschillende domeinen
- Verschillende bronnen
- Niet expliciet opgeslagen
- ...

Problemen en applicaties hoeven niet groot te zijn!

# Bronnen

## Smals Research

- Katy Fokou: [Les graphes de connaissance, incontournable pour l'intelligence artificielle](#)
- Katy Fokou: [Les graphes de connaissance : quelques applications](#)
- Christophe Debruyne: [SHACL: Logische- en vormcontroles met kennisgraaftechnologieën](#)

## Literatuur

- R. Denaux, Y. Ren, B. Villazón-Terrazas, P. Alexopoulos, A. Faraotti, H. Wu: Knowledge Architecture for Organisations. Exploiting Linked Data and Knowledge Graphs in Large Organisations 2017: 57-84
- A. Hogan, E. Blomqvist, M. Cochez, C. d'Amato, G. de Melo, C. Gutierrez, J. E. Labra Gayo, S. Kirrane, S. Neumaier, A. Polleres, R. Navigli, A.-C. Ngonga Ngomo, S. M. Rashid, A. Rula, L. Schmelzeisen, J. F. Sequeda, S. Staab, A. Zimmermann: Knowledge Graphs. CoRR abs/2003.02320 (2020)
- J. Z. Pan. Constructing and Understanding Knowledge Graphs. Tutorial at the 4th Joint International Semantic Technology Conference (JIST 2014). November 9, 2014. Chiang Mai, Thailand.
- J. Z. Pan, G. Vetere, J. M. Gómez-Pérez, H. Wu: Exploiting Linked Data and Knowledge Graphs in Large Organisations. Springer 2017, ISBN 978-3-319-45652-2

# Bedankt!



Christophe Debruyne

[christophe.debruyne@smals.be](mailto:christophe.debruyne@smals.be)

Website en nieuwsbrief:

<https://www.smalsresearch.be/>

Ideeën voor een klein project of  
een beperkte proof-of-concept?

[research@smals.be](mailto:research@smals.be)