

# Wissensgraphen als Schlüsseltechnologie in modernen KI-Anwendungen



Heiko Paulheim  
Universität Mannheim

Wie ist der Status  
des Schweißroboters?

Der Schweißroboter XK08b  
sollte bald gewartet werden.



Foto: Adobe Stock

Initialisiere Wartung  
des Schweißroboters!

Andreas Meister ist verfügbar und  
kann die Wartung durchführen.  
Alle Materialien sind vorhanden.



Foto: Adobe Stock



## Zutaten für KI

- Was braucht man für so ein System?
  - Sprachverarbeitung
  - Wissen ←
  - Logisches Schlussfolgern
  - ...

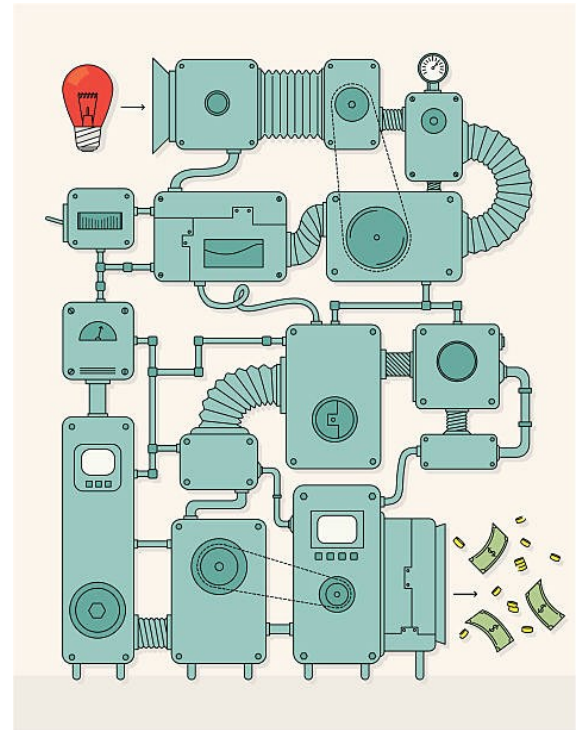
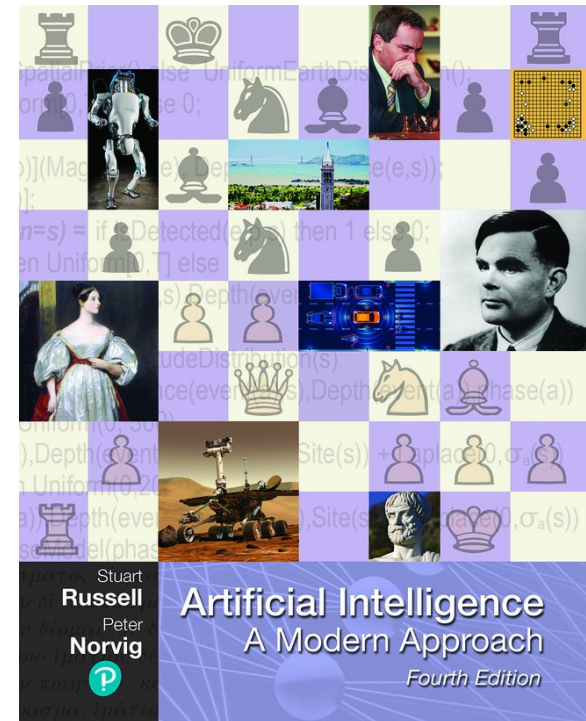


Foto: Getty Images

- Vier Komponenten für KIs, die den Turing Test bestehen könnten [1]:
  - Sprachverarbeitung
  - Wissensverarbeitung ←
  - Automatisches Schlussfolgern
  - Selbstlernen

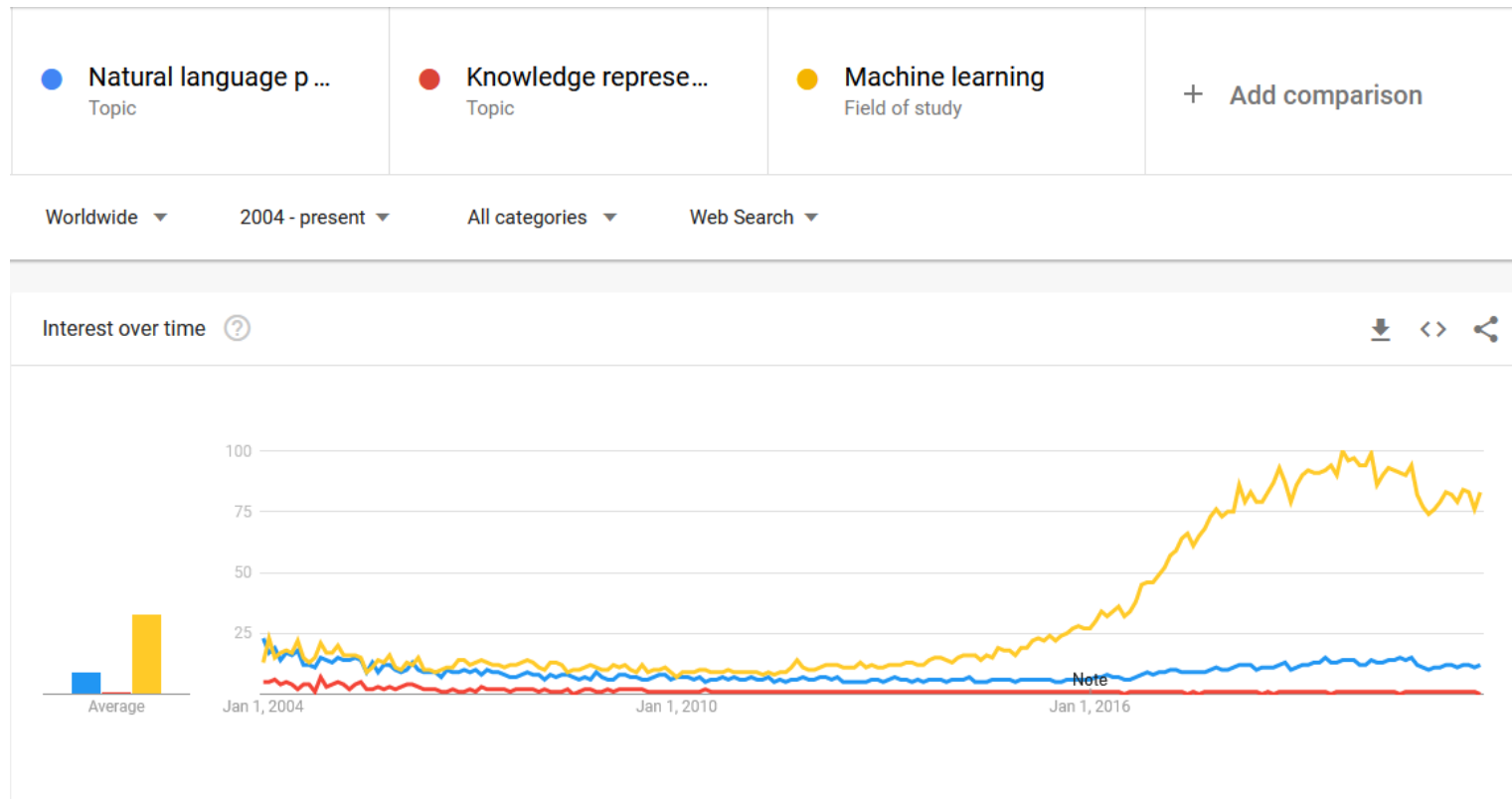


[1] Russel, Norvig: Artificial Intelligence, A Modern Approach

Heiko Paulheim

17.05.22

# Ein uneinheitliches Feld



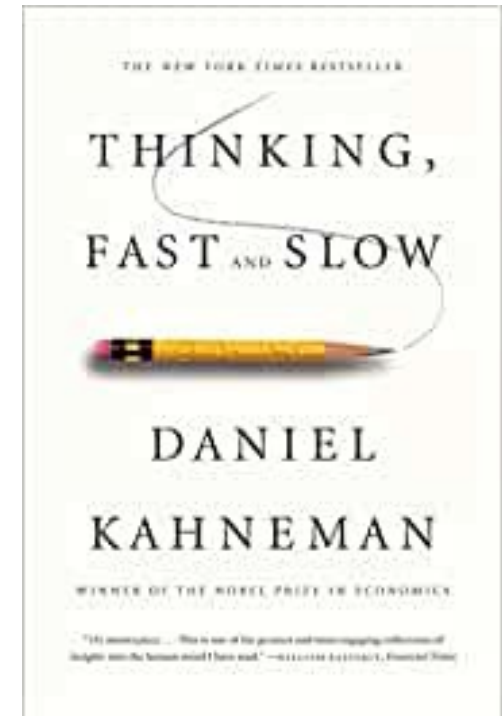
[1] Google Trends, 2021

Heiko Paulheim

17.05.22

## Exkurs: Menschliche Intelligenz

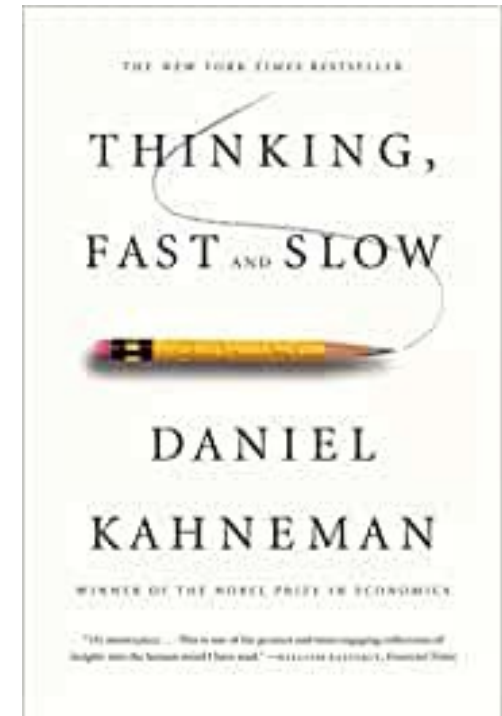
- System 1 (rechnet:  $2+2$ )
  - schnell
  - intuitiv
  - unbewusst
  - empfindlich für Biases
- System 2 (rechnet:  $342+735$ )
  - langsam
  - explizit
  - genau
  - bewusst und anstrengend (daher: faul)



[1] Kahneman: Thinking, Fast and Slow  
Heiko Paulheim

17.05.22

- Kahneman für KI [1]
  - System 1: Heuristiken, Statistik, maschinelles Lernen
  - System 2: Explizites Schließen, Wissensrepräsentation, Erklärungen
- *Neuro-symbolische / hybride KI* verwendet beide Systeme



[1] Booch et al. (AAAI 2021): Thinking Fast and Slow in AI



# Wissensrepräsentation für KI: Wissensgraphen

Google

The Keyword Latest Stories Product Updates Company News

SEARCH

## Introducing the Knowledge Graph: things, not strings

Amit Singhal  
SVP, Engineering  
Published May 16, 2012

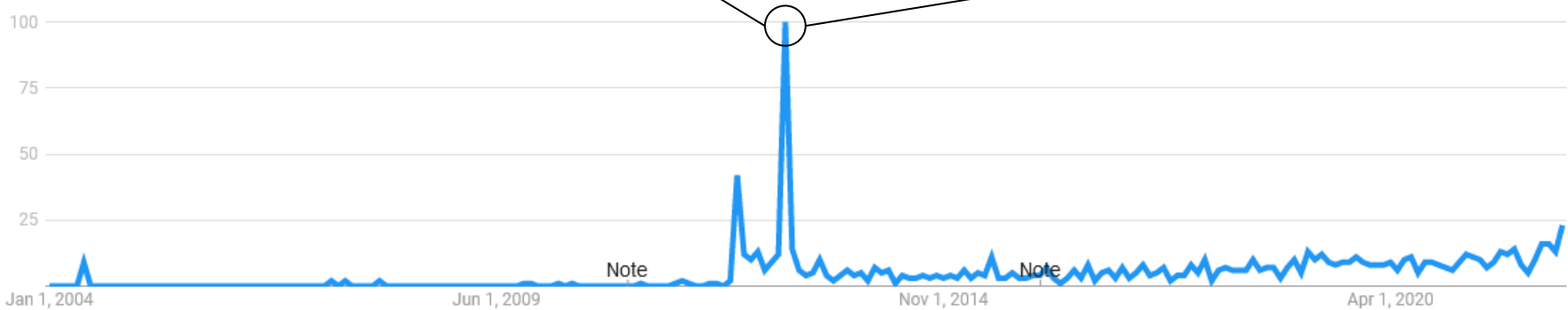
Search is a lot about discovery—the basic human need to learn and broaden your horizons. But searching still requires a lot of hard work by you, the user. So today I'm really excited to launch the Knowledge Graph, which will help you discover new information quickly and easily.

Take a query like [taj mahal]. For more than four decades, search has essentially been about matching keywords to queries. To a search engine the words [taj mahal] have been just that—two words.

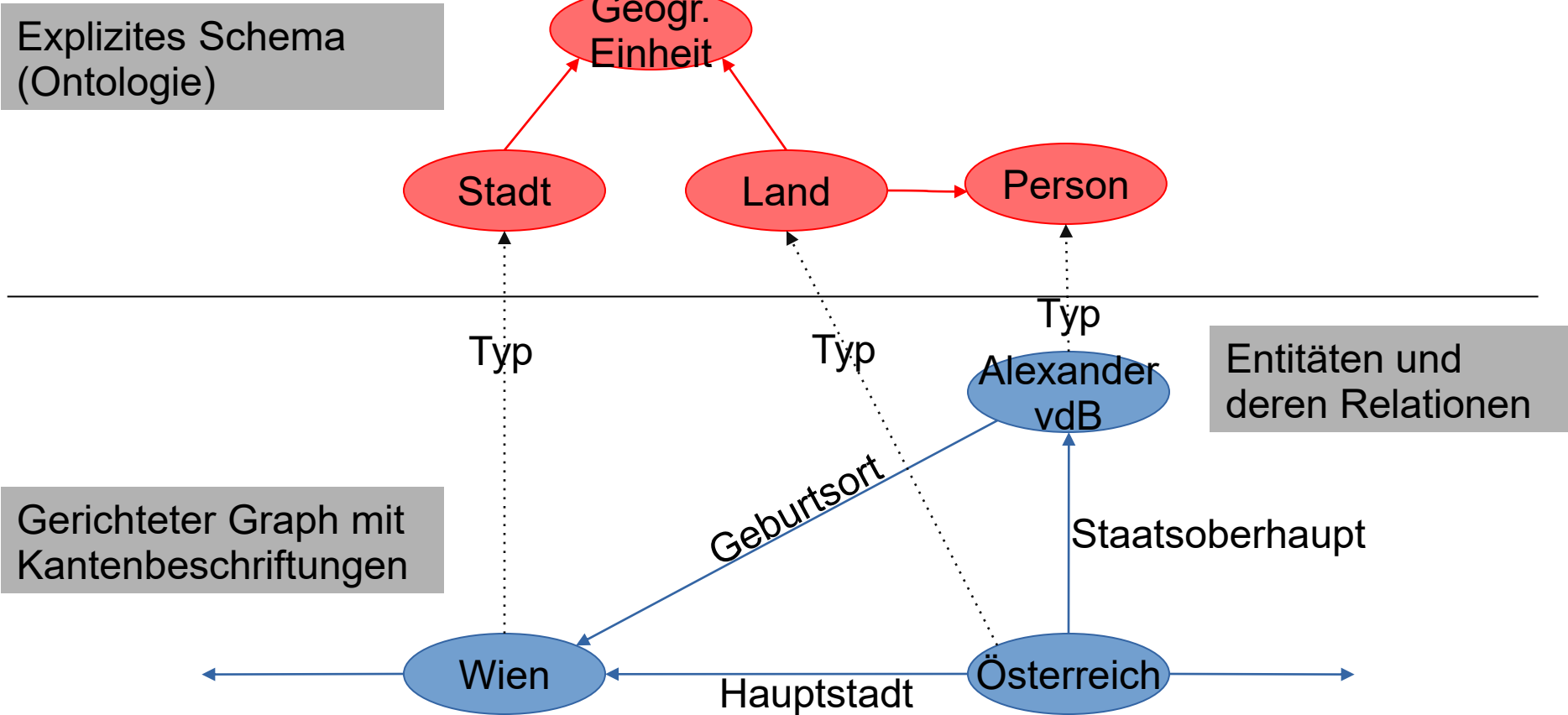
But we all know that [taj mahal] has a much richer meaning. You might think of one of the world's most beautiful monuments, or a Grammy Award-winning musician, or possibly even a casino in Atlantic City, NJ.

Twitter Facebook LinkedIn Email Link

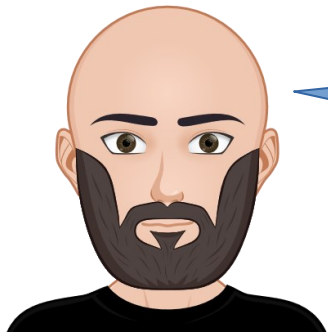
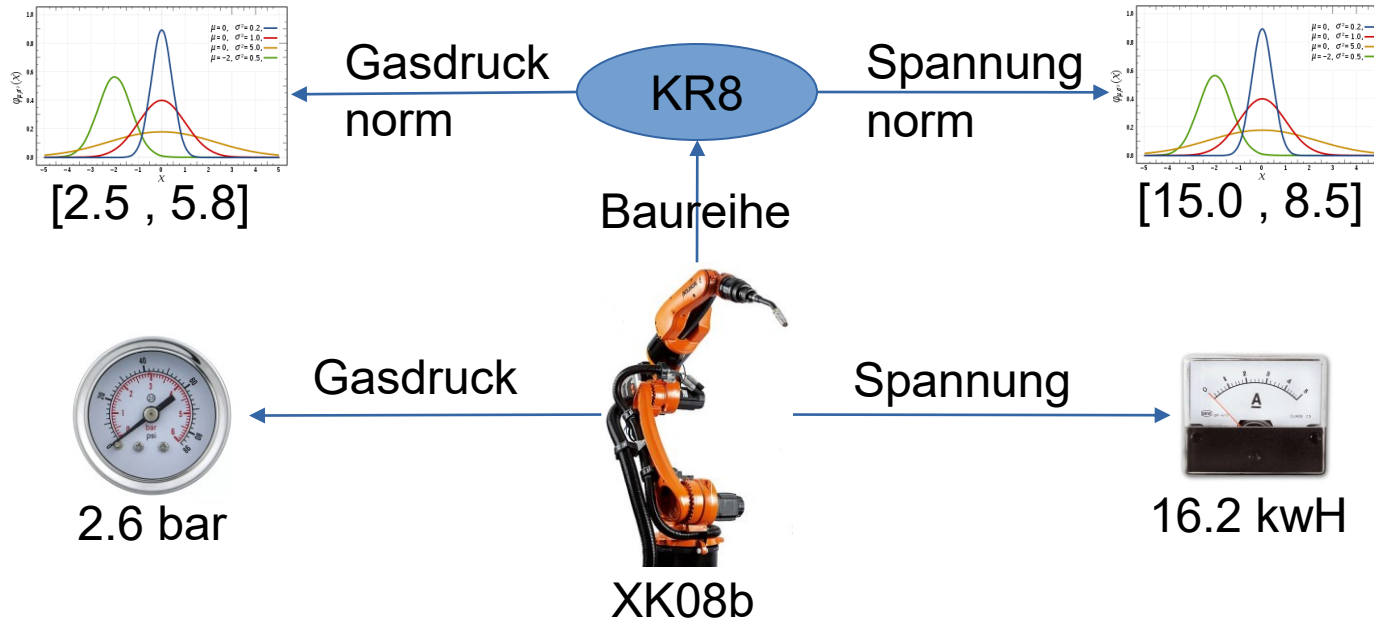
## Interest over time ?



# Wissensrepräsentation für KI: Wissensgraphen



# Wissensgraphen in KI

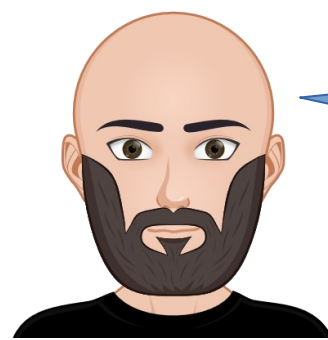
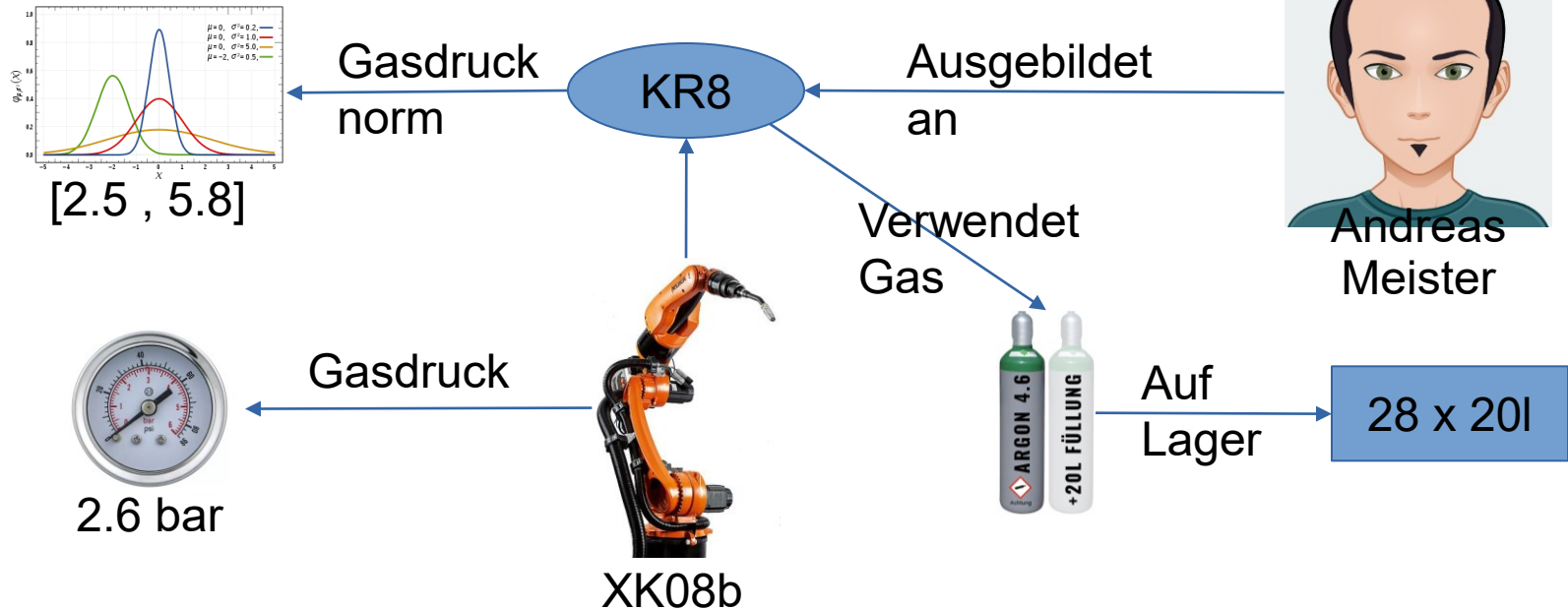


Heiko Paulheim

17.05.22

Wie ist der Status  
des Schweißroboters?

# Wissensgraphen in KI



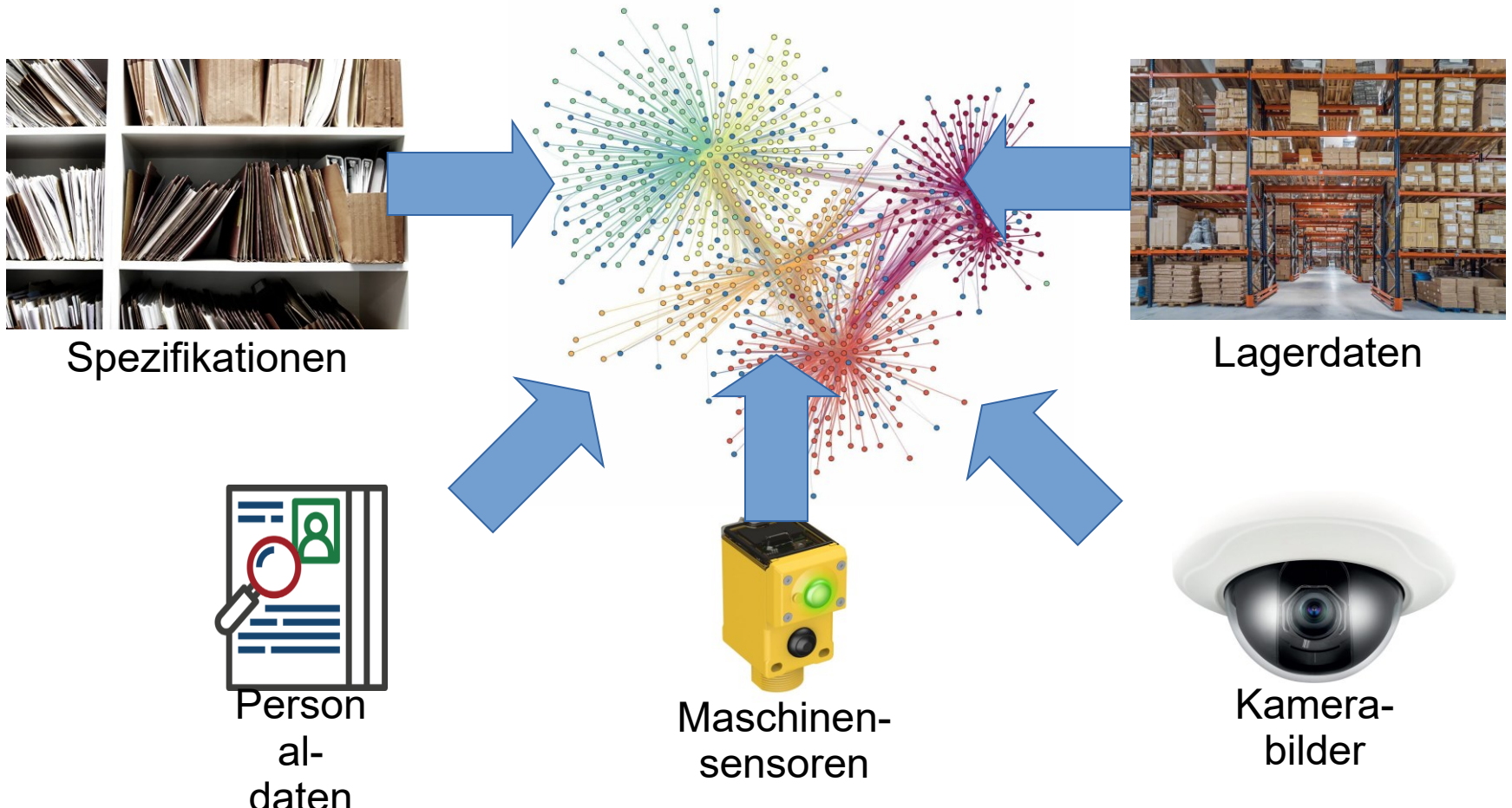
Heiko Paulheim

17.05.22

Initialisiere Wartung  
des Schweißroboters!

## Wissensgraphen in KI

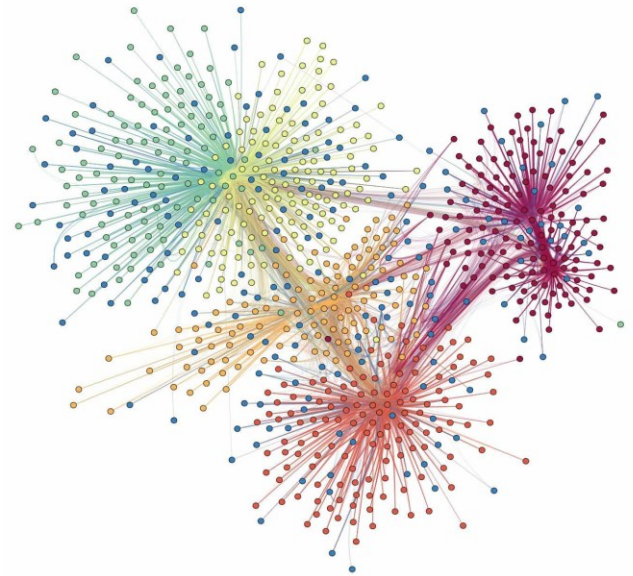
- Viele Datenquellen, eine Wissensbasis



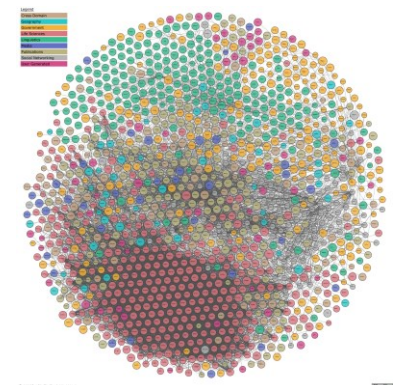


## Wissensgraphen vs. Machine Learning

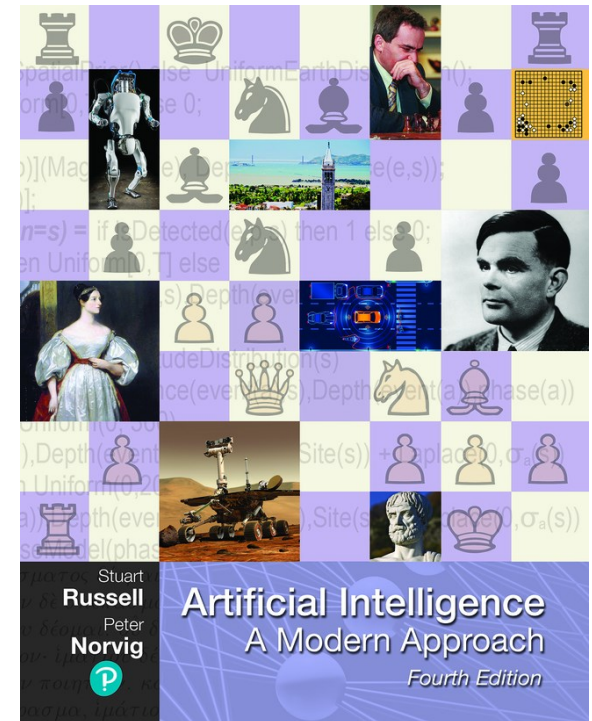
- **Machine Learning:**
  - statische Frage (Status OK Ja/Nein)
  - kann generalisieren
  - meist Black Box, keine Erklärung
- **Wissensgraph:**
  - beliebige Fragen
  - Erklärungen
  - Visualisierung, Human Interface
  - Verknüpfung mit externen Graphen möglich
    - Produktspezifikationen, Unternehmen (wer liefert X?), allgemeines zu Chemie, etc.



- Existierende Wissensgraphen
  - Open data
  - Millionen Entitäten
  - Milliarden Fakten
- Allgemeines Faktenwissen
- Spezialisierte Graphen



- KI-Komponenten
  - Sprachverarbeitung
  - Wissensverarbeitung
  - Automatisches Schlussfolgern
  - Selbstlernen
- Wie setzen wir die Teile zusammen?



- **Schlussfolgern**
  - aka Deduktion
  - Gegeben: Fakten + Regeln
  - Gesucht: neue Fakten
- **Selbstlernen**
  - aka Induktion
  - Gegeben: Fakten
  - Gesucht: Regeln, Muster, ...



- **Automatisiertes Schlussfolgern**

- Wissensgraphen und automatisiertes Schließen kommen aus verwandten Schulen der KI-Forschung

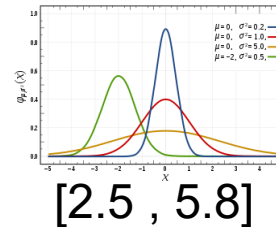
- Regeln auf Graphen, z.B.

( $x \rightarrow \text{Gasdruck}$ )

< ( $x \rightarrow \text{Baureihe}$   
 $\rightarrow \text{Gasdruck\_norm}[\text{min}]$ )

$\rightarrow x \rightarrow \text{Status} = \text{„kritisch“}$

- Die Schlussfolgerung ist für Menschen nachvollziehbar



Gasdruck  
norm

KR8

Baureihe



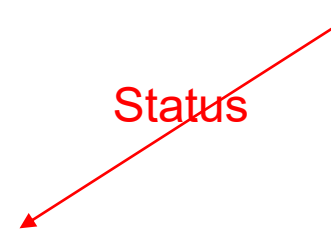
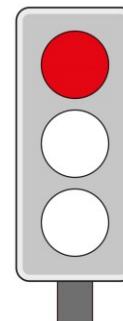
2.4 bar

Gasdruck



XK08b

Status





- Wissensgraphen sind Graphen
- Die meisten Lernverfahren brauchen aber tabellarische Daten (Vektoren)



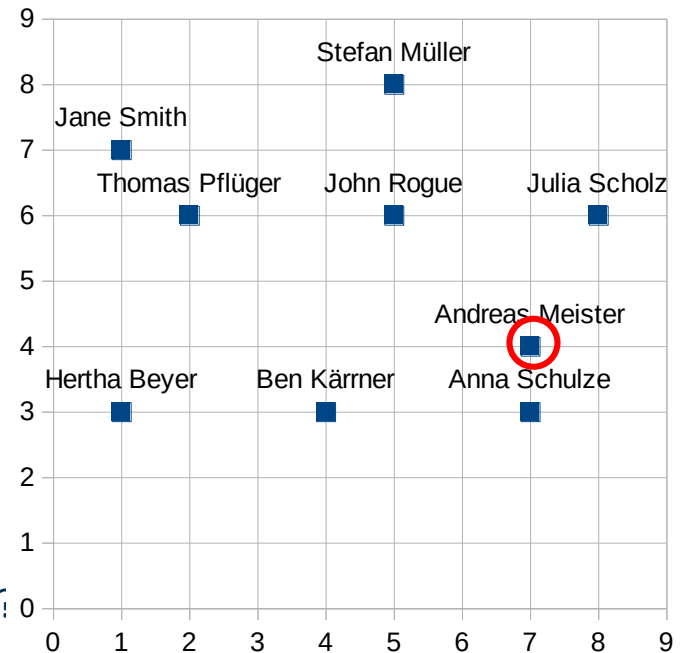
**WEKA**  
The University  
of Waikato



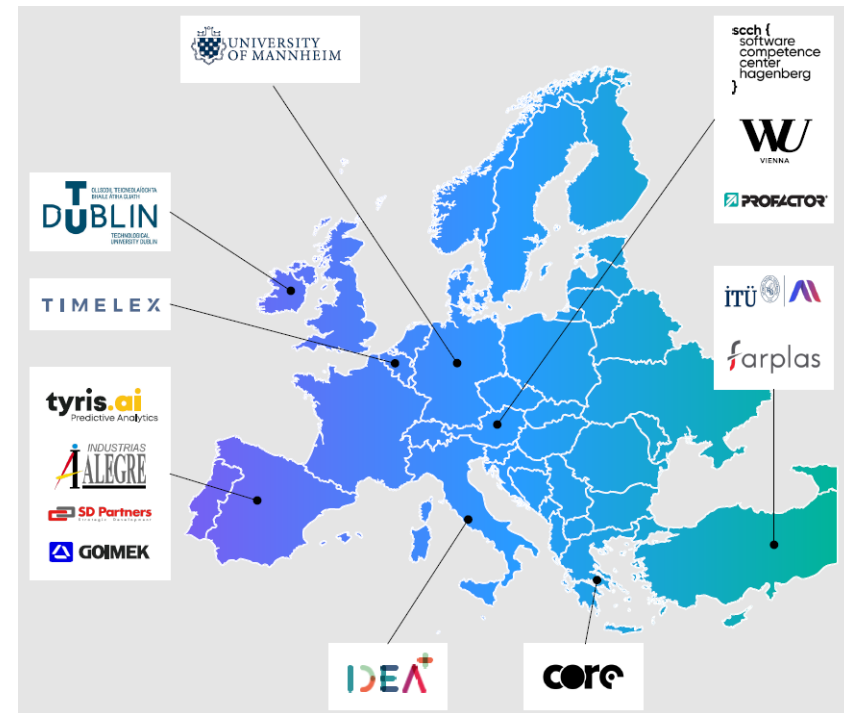
- Graphen zu Vektoren!
  - Auch bekannt als *Embedding-Verfahren*
- Idee
  - Jeder Knoten im Graph wird ein Vektor
  - Knoten mit ähnlichen Eigenschaften haben ähnliche Vektoren



- Ähnlichkeiten im Embedding-Raum
  - Automatisches Schließen im Graph:  
*Andreas Meister* ist für Wartung der Maschine ausgebildet
  - Selbstlernen:
    - Wer kann den Mitarbeiter ersetzen?
    - Welche ähnliche Probleme gab es in der Vergangenheit?
    - Welche Produkte sind alternativ nutzbar?
- Erklärung ist in der Regel *nicht* nachvollziehbar



# Herausforderungen für Wissensgraphen in Industrie 4.0



Heiko Paulheim

17.05.22

Bilder: teaming.ai consortium

- **Aktueller Stand der Forschung:**
  - Statische oder quasi-statische Graphen
  - Methoden erwarten keine Änderungen
  - Oftmals lange Rechenzeiten

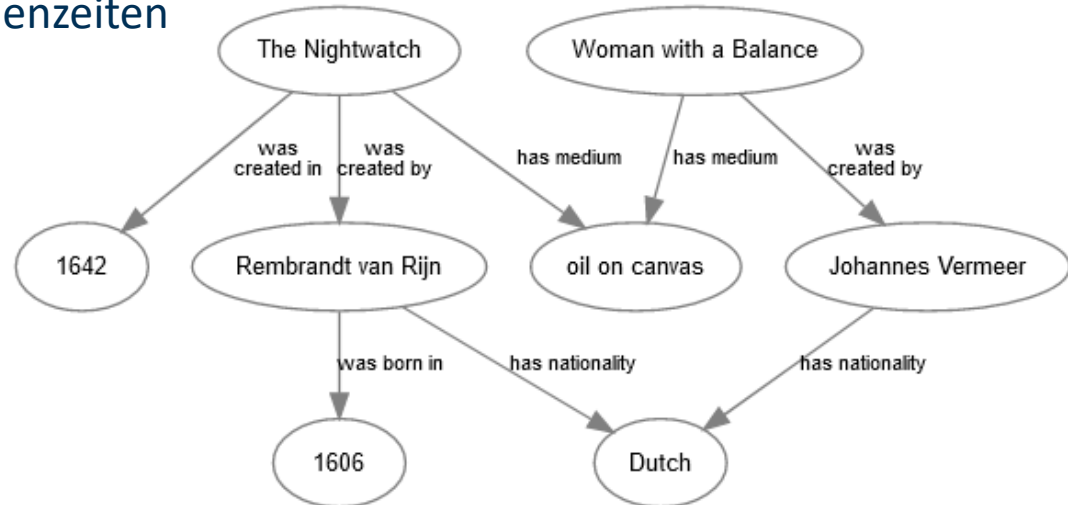
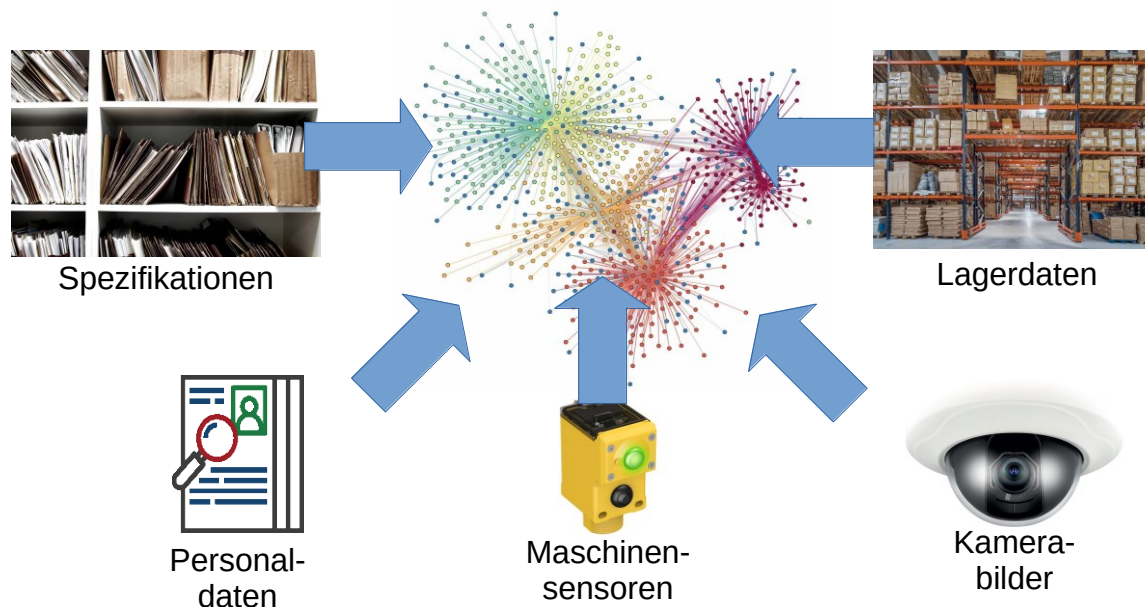


Bild: M. Lincoln: Using SPARQL to access Linked Open Data, 2015



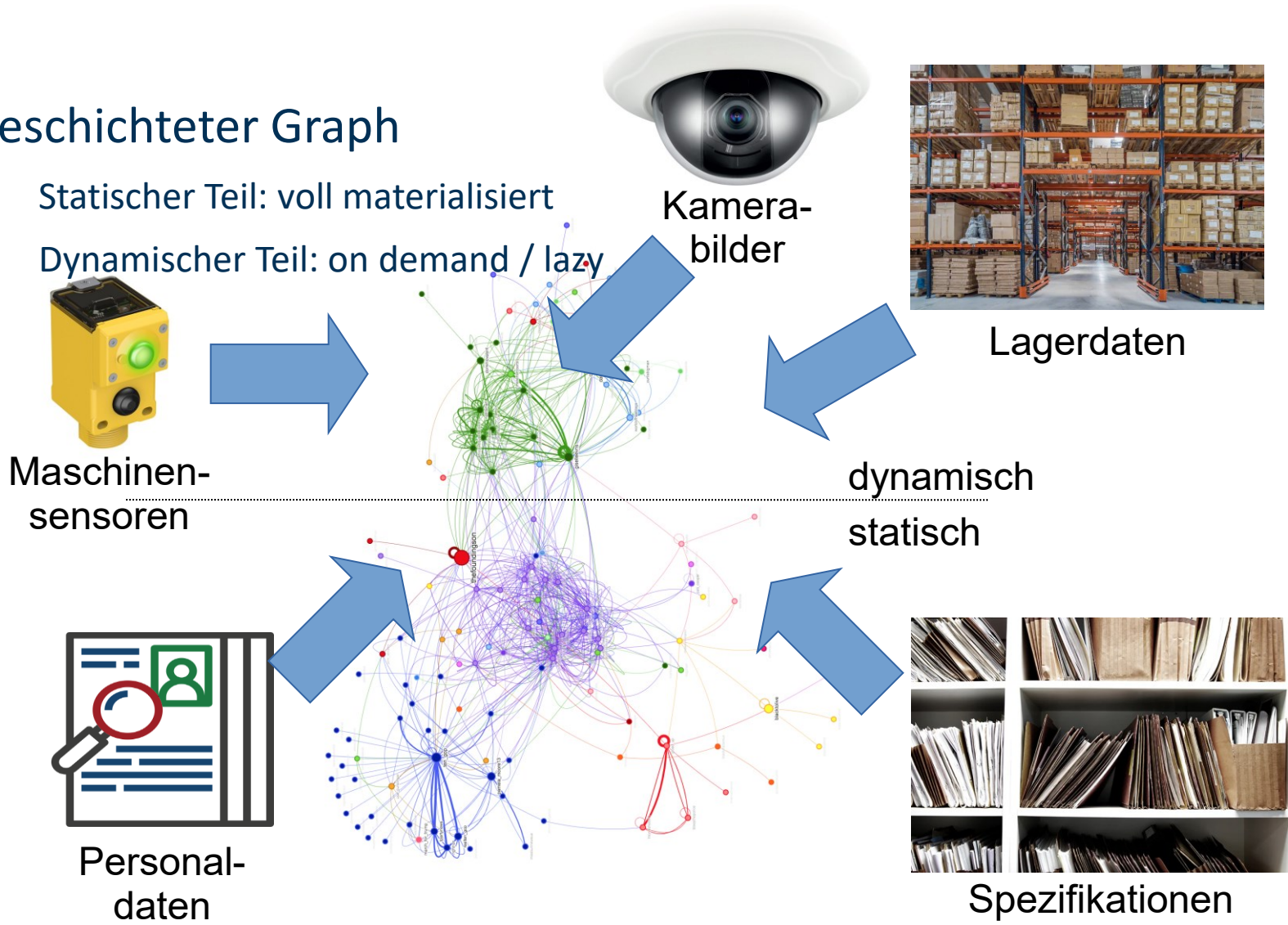


- Industrie 4.0 Szenario:
  - Teilweise hochgradig dynamische Datenquellen
  - Herausforderung an Datenhaltung
    - Komplettmaterialisierung vs. Lazy Graphs
    - Embedding-Modelle on demand



- **Geschichteter Graph**

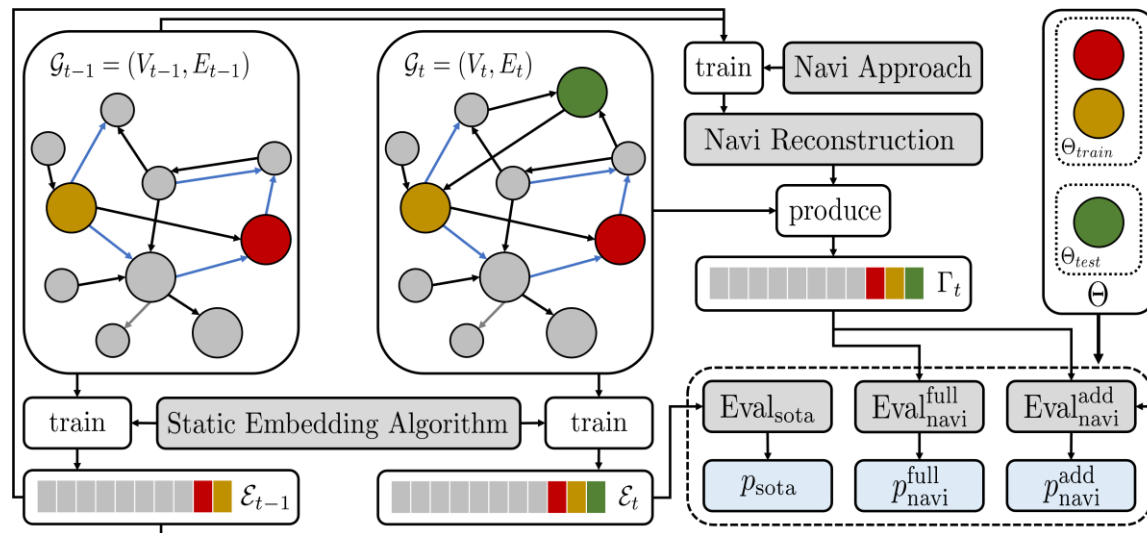
- Statischer Teil: voll materialisiert
- Dynamischer Teil: on demand / lazy





- Embedding-Modelle on demand

- Komplettraining erlaubt keine Echtzeitabfragen
- Ansatz: schnelle lokale Anpassungen

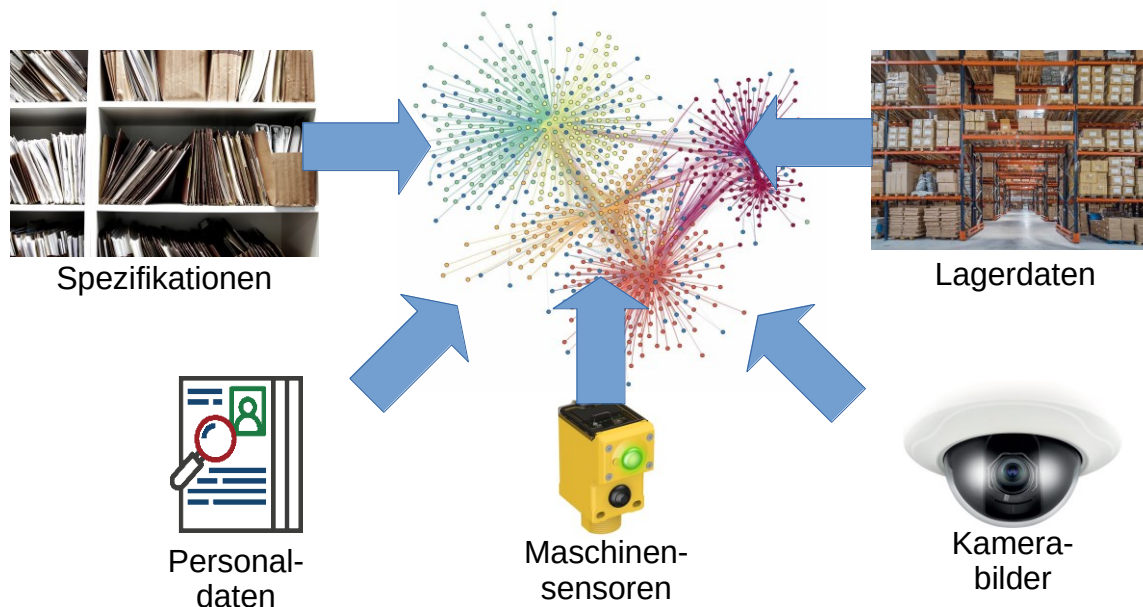


F. Krause: On Human-Machine Interaction via Dynamic Knowledge Graph Embeddings, 2022



- **Nachvollziehbarkeit**

- Warum wurden Entscheidungen getroffen?
- Idee: versionierte Wissensgraphen
  - Alle Daten, die in eine Entscheidung eingetroffen sind
  - Inkl. Informationen aus externen Quellen (z.B. Sensoren)



## Zusammenfassung

- **Wissensgraphen als Schlüsseltechnologie**
  - Integrierte Wissensrepräsentation
  - Für Menschen und KIs interpretierbar
  - Lingua franca zwischen Mensch und KI
  - Ermöglicht Interpretation und Nachvollziehbarkeit
- **Aktuelle Herausforderungen für die Forschung**
  - Dynamik
    - Echtzeitanforderungen
  - Versionierung
    - Effiziente Lösungen
  - Erklärbarkeit





# Wissensgraphen als Schlüsseltechnologie in modernen KI-Anwendungen

**Heiko Paulheim**  
**Universität Mannheim**

