

## **PLuTO - Portable Lern- und Wissensplattform zum Transfer episodischen Wissens in Organisationen**

Sabrina Blümling<sup>1</sup> und Norbert Reithinger<sup>2</sup>

**Abstract:** Das Projekt PLuTO unterstützt mittels multimedialer Wissensaufnahme und multimodalem Zugriff den Austausch von episodischem Wissen zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern. Dabei wird das Wissen direkt in den Werkhallen der Unternehmen aufgenommen. Der Wissensabruf erfolgt über Tablets direkt in der Werkstatt. Neben Sensordaten werden auch Multimediadaten, wie Fotos oder Videos, direkt im Arbeitsprozess aufgenommen. Audiovisuelle Inhalte werden mithilfe einer domänenspezifischen Spracherkennung transkribiert und textuelle Inhalte mittels (semi-) automatischer Informationsextraktionsmethoden weiterverarbeitet. Zur Erstellung der Wissensbasis wird eine Ontologie modelliert. Das benötigte Hintergrundwissen wurde zu Projektbeginn von unserem Industriepartner zur Verfügung gestellt. Im späteren Einsatz kann die Wissensbasis dann durch die Arbeitnehmer vor Ort einfach erweitert werden und sie können über PLuTO auf das Erfahrungswissen bereits in Rente befindlicher Mitarbeiter zugreifen.

**Keywords:** Wissensrepräsentation, Wissensmodellierung

### **1 Einleitung**

In Zeiten des demographischen Wandels wird es für Unternehmen immer wichtiger werden, das Erfahrungswissen der älteren Mitarbeiter zu sichern und aufzubereiten, um es nachfolgenden Generationen zur Verfügung zu stellen. Das Projekt PLuTO (Portable Lern- und Wissensplattform zum Transfer episodischen Wissens in Organisationen)<sup>3</sup> unterstützt dieses Vorhaben mittels multimedialer Wissensaufnahme und multimodalem Zugriff über Sprache oder Gesten und stellt das jeweils erforderliche Wissen allen Mitarbeitern direkt am Arbeitsplatz zur Verfügung.

Dabei wird das Wissen in verschiedensten Situationen direkt in den Werkhallen unseres Industriepartners, der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), aufgenommen. Als Infrastrukturanbieter mit Anlagen, die teilweise mehr als 40 Jahre in Betrieb sind, ist die Sicherung des episodischen Wissens älterer Arbeitnehmer unumgänglich. Die BVG stellt im Rahmen des Projekts das Hintergrundwissen über den Wartungsprozess von U-Bahnmotoren bereit, welches in PLuTO benötigt wird. Der Wissensabruf erfolgt über Tablets, sodass dieser auch problemlos direkt am Arbeitsplatz in der Werkstatt erfolgen kann.

---

<sup>1</sup> Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI GmbH), Alt-Moabit 91c, 10559 Berlin, sabrina.bluemling@dfki.de

<sup>2</sup> DFKI GmbH, Alt-Moabit 91c, 10559 Berlin, norbert.reithinger@dfki.de

<sup>3</sup> <http://www.plutoprojekt.de/>

Dieser Beitrag fokussiert sich dabei auf die Modellierung und Realisierung einer strukturoffenen Wissensbasis, in die das aufbereitete Wissen eingepflegt und somit verfügbar gemacht wird. Die zentralen Fragen hierbei sind, wie Wissen effizient repräsentiert und abgespeichert werden kann, wie Metadaten automatisch extrahiert werden können, und wie in den semistrukturierten Daten zielgerichtet Wissen gefunden und dargestellt werden kann?

## 2 Projektbeschreibung

Mit dem PLuTO-Projekt wird episodisches Wissen bzw. Erfahrungswissen zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern in einer Werkstatt ausgetauscht. Zum einen kann das Wissen der erfahrenen Mitarbeiter multimedial im Arbeitsprozess erschlossen werden, zum anderen können die jüngeren Mitarbeiter mithilfe mobiler Geräte multimodal auf dieses Wissen zugreifen. So entsteht ein lebendiges System, welches kontinuierlich erweitert und angepasst werden kann.

Unser Anwendungspartner ist die U-Bahnwerkstatt der BVG, speziell die Abteilung für die Wartung von U-Bahnmotoren. Das PLuTO-Projekt betrachtet dabei insbesondere die Szenarien Demontage eines Motors, Aufbereitung eines Ankers und Montage eines Motors. Abbildung 1 zeigt eine typische Situation bei der Montage eines Motors. Um nun das Erfahrungswissen der älteren Mitarbeiter aufzunehmen, werden kurze kommentierte Videos durch die Mitarbeiter selbst von den entsprechenden Arbeitsschritten gemacht. Diese Videos werden dann automatisch analysiert und abgespeichert. Der Wissensabruf erfolgt über robuste Tablets mit der PLuTO-App, entwickelt vom Projektpartner Condat AG, die mit der Wissensbasis verbunden ist. Der Benutzer kann unterschiedliche Suchanfragen an das System stellen und die aufbereiteten Ergebnisse auf dem Tablet ansehen.

Für das PLuTO-Projekt ergaben sich zu Beginn des Projektes mehrere Herausforderungen. Zum einen war die Dokumentation der BVG zu den einzelnen Motortypen zum Teil unvollständig bzw. über mehrere Systeme verteilt, was dadurch zu erklären ist, dass manche Komponenten teilweise über mehrere Jahrzehnte in Einsatz sind. Mit den Verantwortlichen der Datenbanken und Wissensmanagementsysteme der BVG wurde die aktuelle Datenlage geklärt, um die Integration der PLuTO-Wissensbasis in die bereits vorhandenen Systeme der BVG zu gewährleisten.

Mit Hilfe des Vorhandwerkers, der alle zur Verfügung stehenden Materialien zusammengetragen, zusätzliche Bilder (inklusive Annotationen) des Motors in unterschiedlichen Zuständen gemacht und alle unsere Anfragen ausführlich beantwortet hat, konnte dies schnell geklärt werden.

Zum anderen gab es seitens des BVG Managements und des Personalrates am Anfang auch offene Fragen wegen des Datenschutzes und dem Schutz der Privatsphäre der Mit-

arbeiter. Dies konnte jedoch gelöst werden, indem die Mitarbeiter und die Teamleitung in der Werkstatt von Anfang an ins das Projekt miteinbezogen werden und das Management und der Personalrat weiterhin regelmäßig über den Projektstand informiert wird.

Bei der Prozessbeobachtung wurde außerdem festgestellt, dass die Mitarbeiter im Arbeitsprozess keine Hände frei haben, bzw. Handschuhe tragen. Deshalb kommt eine Kamera zum Einsatz, die auf einen Helm montiert und von einem Tablet robust auch per Handschuh aus bedient wird. Das größte Problem stellt allerdings der Lärm in der Werkhalle dar. Es gibt dort viele verschiedene Arbeitsplätze an denen gleichzeitig unterschiedliche Arbeiten durchgeführt werden. Da die aufgenommenen Videos mithilfe einer Spracherkennung analysiert werden sollen, muss die Art des Mikrofons für die Aufnahmen sorgfältig ausgewählt sein. Nach mehreren Versuchen wurde ein geeignetes Mikrophon gefunden, welches eine unidirektionale Richtcharakteristik besitzt und somit nur wenige Nebengeräusche aufnimmt.



Abb. 1: Mitarbeiter bei der Montage des Motors

### **3 Modellierung und Speicherung von Wissen**

#### **3.1 Erstellung einer Ontologie**

Im Allgemeinen ist die Aufnahme, Aufbereitung und Speicherung von Erfahrungswissen eine komplexe, nicht triviale Aufgabe aus dem Bereich des Wissensmanagements. Die größte Herausforderung bei der Teilung von Wissen, insbesondere von Erfahrungswissen, ist, dass implizites Wissen sich häufig nicht in Regeln gießen oder niederschreiben lässt; zumal Menschen oft nicht bereit sind, ihr Wissen aufwändig aufzuschreiben

[GHR06], [CK13]. Neben Sensordaten werden deshalb auch Multimediadaten, wie Fotos oder Videos, situationsabhängig, direkt im Arbeitsprozess aufgenommen. Aus diesen Medien werden anschließend Metadaten (semi-)automatisch extrahiert, bevor die so entstandenen Wissensbausteine semantisch miteinander verknüpft werden.

Damit dies effizient passieren kann, muss vorher geklärt werden, wie das Wissen bzw. die einzelnen Wissens Elemente in Bezug zueinander stehen. Zunächst wurden die von der BVG zur Verfügung gestellten Daten sorgfältig analysiert und der Wartungsprozess des Motors in einer Ontologie modelliert [Gu98]. Dabei wurden acht Objektklassen (wie Bauteile oder Arbeitsschritte) identifiziert, sowie 13 Objekteigenschaften bzw. Relationen (wie imageOf oder toolFor) und 14 Dateneigenschaften (wie Synonyme oder Beschreibung). Die semantischen Relationen zwischen den einzelnen Objekten sollen die spätere Suche innerhalb der Wissensbasis vereinfachen. Abbildung 2 stellt die verwendete Ontologie dar, die in mehreren Iterationsschritten entstanden ist.

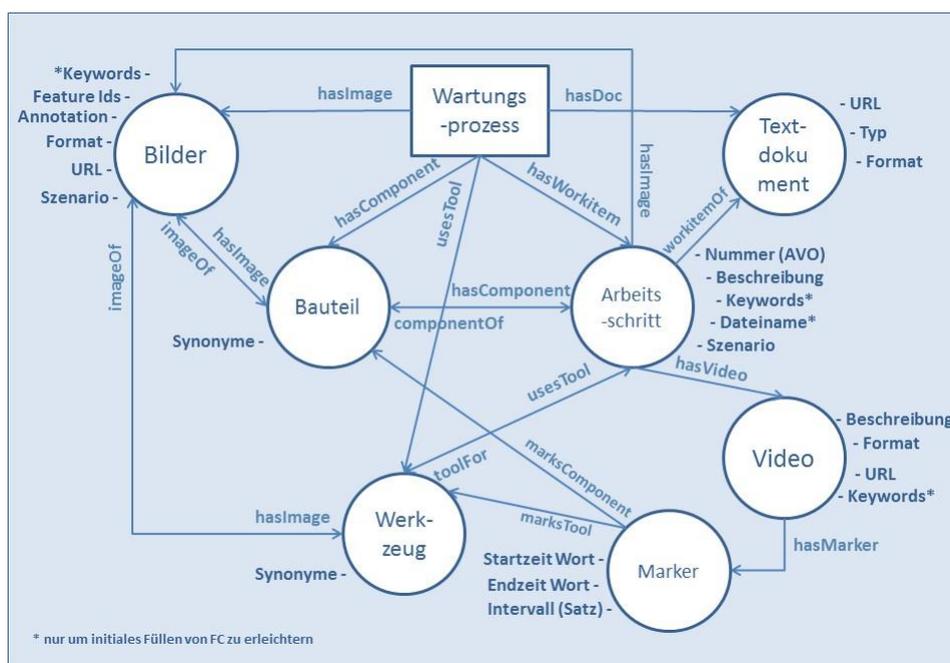


Abb. 2: Ontologie zum Wartungsprozess von Motoren

### 3.2 Wissensbasis

Die Speicherung von Wissen stellt besondere Anforderungen an die zu erstellende Wissensbasis. Notwendig ist die Möglichkeit vernetzte, divers strukturierte, multimediale

Inhalte zu speichern und auf diese effizient zuzugreifen. Dieser Zugriff setzt unterschiedliche Arten der Abbildung bzw. Speicherung voraus, sowie unterschiedliche Zugriffsmethoden und die Vernetzung der Inhalte.

Das PLuTO-Projekt benutzt deshalb das Fedora Commons Repository (Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture)<sup>4</sup>, da es für alle Content-Typen inklusive Metadaten geeignet ist, es über die Webschnittstellen SOAP und REST zugreifbar ist und es sowohl eine RDF- wie auch Volltextsuche anbietet [La06]. Fedora Commons (FC) wird vor allem in Bereich Digital Libraries benutzt ([LA14], [MRA14]) und viele bekannte Universitäten haben ihre Systeme darauf aufgebaut<sup>5</sup>. Obwohl es bei PLuTO nicht um den Aufbau einer digitalen Bibliothek geht, will man im PLuTO-Projekt jedoch genauso multimediale Inhalte vernetzen und abspeichern, um damit den Wartungsprozess eines Elektromotors abzubilden.

Damit die PLuTO-Plattform direkt einsatzbereit ist, bedarf es an Hintergrundwissen, welches in der Wissensbasis hinterlegt werden muss. Im späteren Einsatz von PLuTO können die Arbeitnehmer dann vor Ort einfach kommentierte Videos oder Bilder aufnehmen und somit die Wissensbasis kontinuierlich erweitern. Momentan befinden sich insgesamt 399 Objektinstanzen in der Wissensbasis, davon sind 222 Bilder, 44 Bauteile, 37 Werkzeuge, 72 Arbeitsschritte und 15 Textdokumente. Außerdem befinden sich neun weitere Objekte in der Wissensbasis, welche das Wissensmodell repräsentieren<sup>6</sup>.

## 4 Wissensaufbereitung

Das Projekt konzentriert sich bei der Wissenserschließung (Aufnahme und Aufbereitung) darauf, situationsabhängiges Wissen kontextbezogen mithilfe von Videos aufzunehmen. Diese audiovisuellen Inhalte werden anschließend mithilfe einer domänenspezifischen Spracherkennung transkribiert. Diese und andere textuelle Informationen werden mittels (semi-)automatischer Informationsextraktionsmethoden weiterverarbeitet. Die Projektpartner der Technischen Hochschule Wildau extrahieren dann aus den aufgenommenen Bildern sogenannte Feature Deskriptoren, die dann zusammen mit dem entsprechenden Bild in der Wissensbasis abgespeichert werden, wodurch später eine Suche mit Bildern ermöglicht wird.

Da aus unterschiedlichen Medien Metadaten extrahiert werden, müssen auch unterschiedliche Vorverarbeitungsprozesse implementiert werden. Im PLuTO-Projekt werden Metadaten aus Textdateien, Bildern und Videos gewonnen. Alle Vorverarbeitungsprozesse sind Offline-Prozesse.

---

<sup>4</sup> <http://www.fedora.info/>

<sup>5</sup> <http://www.fedora-commons.org/use-case-profiles>

<sup>6</sup> <http://wiki.duraspace.org/display/DEV/Fedora+Ontologies>

#### 4.1 Metadatenextraktion

Im Projekt treten mehrere Arten von Textdateien auf, aus denen Fachbegriffe extrahiert werden. Zum einen sind es Dokumente der BVG (pdf, doc), wie Arbeitsanweisungen oder Instandhaltungsvorschriften, zum anderen müssen aber auch Annotationen von Bildern, Beschreibungen von Arbeitsschritten (txt) oder die Ergebnisse aus der Spracherkennung (xml) analysiert werden. Eine gute Übersicht über die Informationsextraktion aus Text und multimedialen Inhalten allgemein liefern [Ji12] und [Ma12]. Im PLuTO-Projekt wurde eine einfache Form der Informationsextraktion implementiert, die mithilfe eines Vollformenlexikons, welches alle morphologischen Varianten eines Fachbegriffs bzw. Keywords enthält, arbeitet. Alle Varianten werden mit dem Infinitiv, bzw. Nominativ verknüpft. Damit wird verhindert, dass später unterschiedliche morphologische Formen eines Keywords im FC Repository auftauchen. Mithilfe der extrahierten Fachbegriffe können dann einzelne FC Objekte (wie Bilder oder Arbeitsschritte) erzeugt und in das zugrundeliegende Wissensmodell integriert werden, da sie es ermöglichen semantische Relationen zwischen Objekten herzustellen.

Die Bilder, die in die Wissensbasis aufgenommen werden, müssen mit Annotationen versehen werden, die die BVG in einem Freigabeprozess hinzufügt. Ohne diese Annotationen können die Bilder nicht korrekt ins Wissensmodell eingefügt werden, da eine automatische Objekterkennung aller Bauteile nicht Gegenstand des Projektes ist. Aus den Annotationen werden dann wiederum die Fachbegriffe extrahiert. Abschließend werden zu den Bildern sogenannte Feature Deskriptoren berechnet und die gesamten Informationen werden im FC Repository abgespeichert. Die Feature Deskriptoren sind wichtig, um in der PLuTO-App die sogenannte Live-Suche starten zu können. Diese findet ein Referenzbild zu einem live aufgenommenen Bild und stellt damit eine Suchanfrage an die Wissensbasis. Der Mitarbeiter wird dann mit weiteren Informationen, wie abgebildete Bauteile inklusive Synonyme, identifizierte Arbeitsschritte, vorhandene Videos, usw. versorgt.

Aufgenommene Videos müssen ebenfalls durch den Freigabeprozess, um in die Wissensbasis gespeichert zu werden. Zunächst wird die Tonspur extrahiert und mithilfe der Spracherkennung transkribiert. Das Ergebnis wird dann auf Fachbegriffe hin untersucht. Anschließend wird das Video im FC Repository abgespeichert und anhand der extrahierten Fachbegriffe ins Wissensmodell integriert.

#### 4.2 Spracherkennung

Um im Vorverarbeitungsprozess der Videos Sprache in Text umzuwandeln, wird im PLuTO-Projekt die Spracherkennung des European Media Laboratory (EML)<sup>7</sup> genutzt. Dieses System bietet den Vorteil, dass man ein eigenes Sprachmodell trainieren kann, wodurch es möglich ist, ein domänenspezifisches Vokabular zur Verfügung zu stellen,

---

<sup>7</sup> <http://www.eml.org/>

ohne dass man Experte auf dem Gebiet der Spracherkennung sein muss. Das Sprachmodell für PLuTO wurde mit ca. 200 Textdokumenten aus dem Bereich Elektromotoren trainiert, wobei die BVG ungefähr ein Viertel der Dokumente bereitgestellt hat. Außerdem wurden die korrigierten Transkriptionen der Sprachaufnahmen aus der Werkstatt verwendet. Mittlerweile steht ein umfassendes Vokabular mit ca. 900.000 Wortformen aus dem allgemeinen Wortschatz zur Verfügung. Dieses wurde dann um Fachvokabular wie z.B. Öleinlaufnase, Schrägstirnrad oder Labyrinthring ergänzt.

Momentan werden rund 300 Fachbegriffe aus dem Bereich Wartung von Elektromotoren benutzt, welche durch die Spracherkennung auch sehr zuverlässig erkannt werden. Dabei wird das zugrundeliegende Sprachmodell kontinuierlich angepasst.

In einer frühen Projektphase fand eine erste Evaluation der Spracherkennung statt. Dazu wurde die Fehlerrate der Fachbegriffe ermittelt, welche sich aus dem Quotienten der Anzahl nicht erkannter Fachbegriffe und der Anzahl der Fachbegriffe insgesamt berechnet. Demnach wurden mit dem ersten sehr einfachen Sprachmodell bereits zwei Drittel der Fachbegriffe richtig erkannt. Mittlerweile ist das Sprachmodell mehrmals adaptiert worden und es wird nun auch ein Mikrofon mit unidirektionaler Richtcharakteristik benutzt. Die Evaluation dieses neuen Sprachmodells ist für die letzten sechs Monate des Projektes angesetzt.

## 5 Ausblick

Das PLuTO-Projekt unterstützt den Austausch episodischen Wissens zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern mithilfe multimedialer Wissensaufnahme und multimodalem Wissensabruf direkt im Arbeitseinsatz in der U-Bahnwerkstatt der BVG. Die zugrundeliegende Wissensbasis ist mithilfe einer Ontologie modelliert, die den Wartungsprozess von Motoren repräsentiert.

Dieses Modell kann auch auf andere Fabrikprozesse übertragen werden oder auch für andere Domänen erstellt werden. Grundsätzlich ist es möglich für jede Domäne ein entsprechendes Wissensmodell zu erstellen, Hintergrundwissen zu sammeln und ein Sprachmodell zu trainieren, um somit den Wissensaustausch zwischen Mitarbeitern zu ermöglichen. Andere Domänen werden andere Herausforderungen bzw. Schwierigkeiten mit sich bringen oder der Fokus wird sich verschieben. Z.B. in der Pflege wird man weniger ein Problem mit Lärm haben, aber dort wird der Schutz der Privatsphäre in den Vordergrund rücken, da es dabei sowohl um den Schutz der Pfleger, als auch um den Schutz der zu Pflegenden geht.

Um ein System wie PLuTO dauerhaft in einen Produktionsprozess zu integrieren muss sowohl der finanzielle Aspekt betrachtet werden, als auch die Akzeptanz des Managements und der Mitarbeiter vorhanden sein. Zunächst muss Geld investiert werden, um ein solches System zu installieren. Danach können damit aber auch Kosten eingespart

werden, z.B. kann damit aufwendiges Suchen nach Informationen auf ein Minimum reduziert werden, da das ganze Wissen über den Wartungsprozess zentral und aufgearbeitet zur Verfügung steht und nicht mehr aufwendig bei Kollegen erfragt werden muss. In einer erweiterten Form könnte ein System wie PLuTO auch dabei helfen Ausbildungskosten zu senken. Die Akzeptanz eines neuen Systems seitens des Managements, das es bezahlen muss, und der Mitarbeiter, die es im Arbeitsalltag benutzen sollen, ist unumgänglich. Aus unserer Erfahrung mit PLuTO war dieser Aspekt sehr interessant, da am Anfang sowohl das Management als auch der Personalrat eher Bedenken hatten und sich nur drei Werkstattmitarbeiter freiwillig für PLuTO gemeldet hatten. Während der regelmäßigen Aufenthalte in den Werkhallen der BVG, in denen sich PLuTO Schritt für Schritt entwickelt hat, hat die Akzeptanz in der Belegschaft stark zugenommen. Immer mehr Mitarbeiter interessieren sich nun für das Projekt und können sich vorstellen es auch in Zukunft zu benutzen. Auch das Management und der Personalrat haben die anfänglichen Bedenken nach den ersten Demonstrationsterminen abgelegt und können sich jetzt ebenfalls vorstellen, dass PLuTO zum Einsatz kommt.

## Literaturverzeichnis

- [CK13] Cress, U.; Kimmerle, J.: Computervermittelter Wissensaustausch als soziales Dilemma: Ein Überblick. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27, S. 9-26, 2013
- [GHR06] Gruber, H.; Harteis, C.; Rehrl, M.: Professional Learning: Erfahrung als Grundlage von Handlungskompetenz. *Bildung und Erziehung* 59.2, S. 193-203, 2006
- [Gu98] Guarino, N.: Formal ontology in information systems. *Proceedings of FOIS'98*, IOS Press, S. 3-15, 1998
- [Ji12] Jiang, J.: *Information Extraction from Text: Mining Text Data*. Springer US, S. 11-41, 2012
- [La06] Lagoze, C.; Payette, S.; Shin, E.; Wilper, C.: Fedora: an architecture for complex objects and their relationships: *International Journal on Digital Libraries* 2/06, S. 124-138, 2006
- [LA14] Lampi, M.; Alm, O.: Flexible data model for linked objects in digital archives: *Archiving Conference, Archiving 2014 Final Program and Proceedings*, S. 174-178, 2014
- [Ma12] Maybury, M. T.: *Multimedia Information Extraction: Advances in Video, Audio, and Imagery Analysis for Search, Data Mining, Surveillance, and Authoring*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2012

- [MRA14] Mayer, R.; Rauber, A.; Antunes, G.: A context model for digital preservation of processes and its application to a digital library system: Digital Libraries (JCDL), 2014 IEEE/ACM Joint Conference on, S. 459-460, 2014