

# Hybride KI-Methoden für die automatisierte Validierung von E/E-Systemen

**Knowledge 4 Automation**

## Whitepaper

Stichworte: KI-Methoden – kognitive Technologien  
Automatisierung – Anomaliedetektion – E/E-Systeme  
Ontologie – Wissensbasis – Maschinelles Lernen – Human in the Loop

Kontakt: K4A Systems GmbH  
[www.k4a.de](http://www.k4a.de)  
[Info@k4a.de](mailto:Info@k4a.de)

## 1 K4A Systems

Die K4A Systems ist Anbieter von wissensbasierten Systemen für die Automatisierung interner Unternehmensprozesse. Zentrales Element ist ein Ontologie-basiertes System, das eine formale Beschreibung von Daten und deren Beziehungen zueinander gestattet.

Ontologien sind ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz. Ihre Stärke ist der Aufbau von Netzwerken von Informationen mit ihren logischen Beziehungen. Damit kann ein beliebiger Begriff (z.B. ein Antrag) durch seine Merkmale (z.B. Antragstyp, Antragsdatum, Antragssteller, etc.) und Regeln (z.B. Gesetze, Vorschriften, Vereinbarungen) beschrieben werden. So wird ein Netz von Informationen gespannt, das die Bedeutung des Begriffs (Semantik) umfasst. Es wird genutzt, um Wissen in digitaler und formaler Form zu speichern, zu suchen und auszutauschen.

Jedem Begriff können Aufgaben (z.B. Antrag prüfen, Antragsdaten ergänzen, Antrag genehmigen) und Zuständigkeiten (z.B. Personen mit der Rolle X dürfen genehmigen) zugeordnet werden. Damit ist das System in der Lage, die Bearbeitung zu steuern: Es kann die Aufgaben selbständig erledigen oder sie zuständigen Personen zur Bearbeitung vorzulegen.

Das Ontologie-System wurde durch K4A Systems selbst entwickelt. Es wird durch weitere kognitive Technologien unterstützt, um selbständig zu lernen. Dazu gehören beispielsweise Technologien des Natural Language Processing (NLP) für die Wissensextraktion aus Texten, des Maschinellen Lernens (ML) für die Wissensextraktion aus Transaktionsdaten (induktives Schließen) oder Inferenz-Maschinen für Problemlösungen (deduktives Schließen). Sie werden ergänzt um Schnittstellen zu Fremdsystemen (z.B. ERP oder PDM), um vorhandene Daten zu nutzen (Import) oder generierte Daten bereitzustellen (Export). In Planung sind Machine Vision (Bildanalyse) und Program Control (Programm-Steuerung).

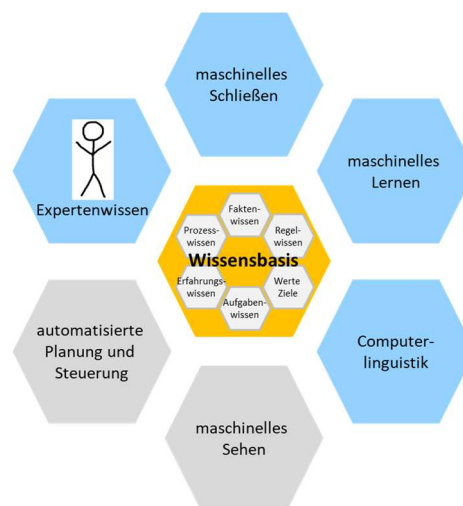


Abbildung 1: die kognitiven Bausteine des K4A-Systems

„Lernen“ wird nicht programmiert, sondern antrainiert. Es ermöglicht eine einfache Automatisierung auch von sehr komplexen Denk- und Routineaufgaben

Partnerschaften existieren mit dem Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, der Fraunhofer Gesellschaft und dem Spitzencluster it's OWL u.a. in den Handlungsfeldern „Intelligente Technische Systeme“ und „Industrial Data Science“.

## 2 Use case: Anomaliedetektion in E/E-Systemen

Das Testen und Validieren elektrischer und elektronischer (E/E) Komponenten in Bordnetzen ist eine Herausforderung für die Automobilindustrie. Durch regelbasierte Tests wird die Funktionalität von Komponenten entsprechend der Spezifikation getestet. Um die Funktionalität im Betrieb zu testen, werden Testfahrten durchgeführt, in denen die Kommunikation der E/E-Komponenten aufgezeichnet wird (Datenlogging). Die aufgezeichneten Daten lassen Rückschlüsse auf den Zustand und das Verhalten des E/E-Systems zu.

Die Auswertung der Testfahrten erfolgt heute durch Testingenieure unter Zuhilfenahme von Engineering-Spezifikationen sowie aufgezeichneten Kommunikationsdaten. Dies ist ein aufwändiger Vorgang, bei dem eine Vielzahl von Fehlern dennoch nicht entdeckt werden. Eine automatisierte Auswertung von Testdaten ist bislang nicht möglich. Dies erfordert die geeignete Abbildung von Expertenwissen, von Erfahrungswissen und ihre Kombination mit automatisierten Verfahren zur Fehlerdetektion.

Verfahren zur Anomaliedetektion (AD) sind bereits erfolgreich im industriellen Einsatz. Hierbei müssen geeignete Verfahren gewählt und parametrisiert werden. Auswahl und Parametrisierung hängen dabei von den Eigenschaften der Signale und den zu erwartenden Anomalieklassen ab. Ontologien bieten die Möglichkeit, Wissen über beliebige Sachverhalte strukturiert abzubilden und verfügbar zu machen. Zusammenhänge und Schlussfolgerungen darin können automatisch abgebildet bzw. generiert werden.

Der Einsatz von Ontologien im Zusammenspiel mit ML eröffnet Möglichkeiten, die Auswahl und Parametrisierung von AD-Verfahren zu automatisieren und fehlendes Wissen zu ergänzen. Hierzu muss Wissen über die Verfahren und deren Parametrisierung im Kontext von Signalen, ihren Eigenschaften und Beziehungen in einer Ontologie abgelegt werden.



Abbildung 2: Lernen im Zusammenspiel von Experten, Wissensbasis und ML (Quelle: k4a)

Weiteres Wissen kann durch Experten eingebracht werden (Human in the Loop). Dies ist sinnvoll, um Anomalien zu bewerten, die Ergebnisse des Maschinellen Lernens zu validieren oder der Ontologie weiters Domänenwissen zur Verfügung zu stellen. Hier sind automatisierte Verfahren zielführend, die kontext-basiert Expertenwissen an den benötigten Stellen bereitstellen und Erfahrungswissen einer Validierung unterziehen.

Ein solches System existiert bislang nicht. Bisherige Verfahren des Ontologie-Lernens beschränken sich auf die Ableitung von Wissen mittels Maschinellen Lernens; die Nutzung von Wissen aus Ontologien für Maschinelles Lernen ist noch kaum erforscht.

### 3 Wissen und Lernen

Im automobilen Kontext ist fast jedes Fahrzeug ein Unikat. Durch die „Elektrifizierung“ vieler Optionen existieren so viele Kombinationsmöglichkeiten, weshalb die klassischen ML-Verfahren für große Datenmengen nicht greifen. Hier sind Verfahren anzuwenden, die ein „Lernen mit wenig Daten“, ein „Lernen mit zusätzlichem Wissen“ und „kollaboratives Lernen“ unterstützen.

Der von K4A Systems verfolgte Ansatz sieht vor, dass Experten ihr E/E-Wissen explizieren und der Wissensbasis in Form von Konfigurationen (dbc-Daten) oder Regeln (Optionen) bereitstellen. Aufgezeichnete Logdaten können dann mehrstufig von ML aufbereitet werden. Zunächst wird Wissen von der Wissensbasis angefordert, um die Logdaten mit zusätzlichem Wissen anzureichern. Im zweiten Schritt werden die Daten unbeaufsichtigt klassifiziert und der Anomaliedetektion zugeführt. Danach erfolgt die Diagnose von identifizierten Anomalien. Schließlich wird das gewonnene Erfahrungswissen extrahiert und der Wissensbasis zur Verfügung gestellt.

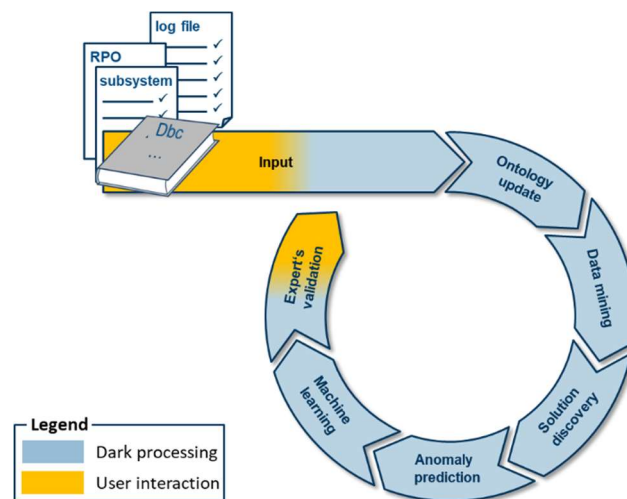


Abbildung 3: Verarbeitungskette der Anomaliedetektion (Quelle: k4a)

Die Wissensbasis übernimmt Erfahrungswissen erst dann, wenn es sich bewährt hat. Dazu werden auch Experten befragt, die das Erfahrungswissen validieren. Natürlich können Experten auch unaufgefordert Wissen bereitstellen.

### 4 Projekt

In jedem Projekt sind die Grundlagen an die spezifischen Kundendaten anzupassen. Dies betrifft den Input mit Konfigurations- und Logdaten, die Modellierung der Ontologie (Signale, Eigenschaften, Beziehungen), die geeigneten ML-Verfahren zur Klassifikation und Detektion sowie die Schnittstellen für Wissenstransfer und Kollaboration.

Im Rahmen der Integration werden die Wissens- und Lernkomponenten so zusammengefügt, dass eine vollständige und reibungslose Dunkelverarbeitung stattfindet. Die Ergebnisse sind schließlich zu validieren, d.h. Erkennungsrate, Leistungsfähigkeit und Performanz durch Anpassungen an Daten und System zu verbessern.

## 5 Erfahrungen

Die Vermutung, durch den hybriden Einsatz von KI-Methoden signifikant bessere Vorhersagen zu treffen, wurde bestätigt: Die Erfahrungen zeigen deutliche Vorteile des Hybriden Lernens (HL) gegenüber ausschließlich Maschinellern (ML):

- Bei wenig Trainingsdaten sind die Vorhersagen von HL um den Faktor 3 besser (38:12).
- Sie sind auch dann besser, wenn die Trainingsdaten um den Faktor 100 erhöht werden (20:12).
- Bei zunehmenden Trainingsdaten steigt die Vorhersagequalität von HL nochmals deutlich (20:4).

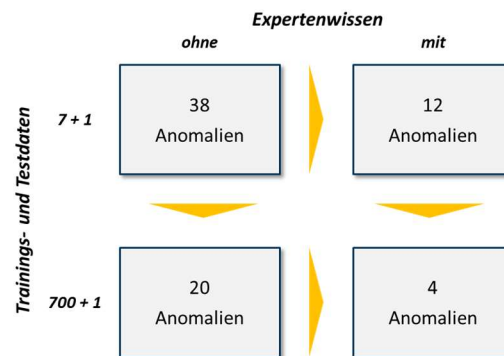


Abbildung 4: Effekte hybriden Lernens (Quelle: k4a)

„Lernen mit wenig Daten“, „Lernen mit fremdem Wissen“ und „Kollaboration“ erweisen sich als sehr leistungsfähige Methoden für eine Anomaliedetektion in E/E-Logdaten. K4A Systems hat die dafür erforderlichen Grundlagen geschaffen und im eigenen System verankert. Teile der Entwicklung wurden u.a. durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

Kontakt: K4A Systems GmbH  
Ansprechpartner: Andreas Fellhauer  
Telefon: +49 2953 9797070  
Email: info@k4a.de  
Webseite: www.k4a.de