Flexibler und kontinuierlicher Einsatz von Künstlicher Intelligenz

Ein Framework für den Daten- und KI-Lebenszyklus

Hoai My Van, Fraunhofer Institut für Kognitive Systeme IKS

In der Industrie 4.0 werden durch intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen immer mehr Daten generiert. Aus diesen Daten kann – mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) – Wissen generiert werden, um Produktion und Services zu verbessern. Um die Qualität der Datenanalyse zu garantieren, muss ein kontinuierlicher Daten- und KI-Lebenszyklus sichergestellt werden, in dem einzelne Phasen flexibel ausgeführt werden (von der Komponenten- bis hin zur Cloudebene). Das Fraunhofer IKS entwickelt ein Framework, das den flexiblen und kontinuierlichen Einsatz von KI in der Industrie 4.0 ermöglichen und vereinfachen soll; alle Teilphasen des Daten- und KI-Lebenszyklus werden unterstützt und automatisiert, während der Aufwand für den Anwender reduziert wird.

Der Produktionssektor steht aktuell unterschiedlichen Anforderungen gegenüber, wie optimierte Durchlaufzeiten, verbesserte Ressourcennutzung und individuelle Kundenwünsche; die Produktion muss flexibel und automatisiert werden. Die Industrie 4.0 [1] kann die Grundlage hierfür schaffen: durch die voranschreitende Digitalisierung der Produktion werden immer mehr Daten generiert. Künstliche Intelligenz (KI) hat das Potential, aus diesen Daten Wissen zu generieren, um zum Beispiel vorausschauende Wartung, Prozessoptimierung, oder Qualitätssicherung umzusetzen.

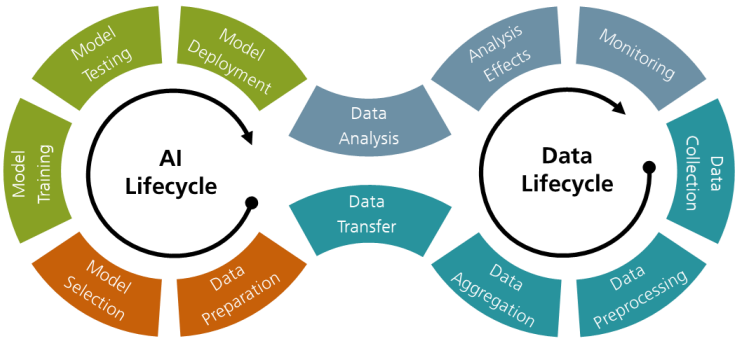

Abbildung 1: Beispielhafter Daten- & KI-Lebenszyklus.

Um das Potential von KI in der Industrie 4.0 auszuschöpfen, müssen zunächst einige Herausforderungen bewältigt werden. *Vor der Integration von KI* erschweren heterogene Systeme die Datenerhebung, sowie eine hohe Menge domänenspezifischer Daten mit fehlenden Metadaten die KI-Entwicklung. *Bei der Integration von KI* soll – für optimierte Ressourcennutzung – eine verteilte Architektur unterstützt werden, in der einzelne KI-Prozesse flexibel von der Komponenten- bis zur Cloudebene ausgeführt werden können.

Nach der Integration von KI soll sich die Datenanalyse stetig an ändernde Bedingungen anpassen. Der reine Einsatz von KI ist also nicht ausreichend: Es muss ein flexibler und kontinuierlicher Daten- und KI-Lebenszyklus (siehe Abb.1) sichergestellt werden, in dem die einzelnen Phasen flexibel ausgeführt und koordiniert werden.

Framework für einen kontinuierlichen und flexiblen Daten- und KI-Lebenszyklus

Für den Daten- und KI-Lebenszyklus existieren bereits Teillösungen – für einen einheitlichen Datenzugriff [2,3], Beschreibung des Produktionssystems [4], Integration flexibler Softwarekomponenten [5] und Management von KI-Prozessen [6,7]. Diese decken jedoch nur bestimmte Teile ab und müssen zu einer ganzheitlichen Lösung kombiniert werden, was einen hohen Lern- und Integrationsaufwand zur Folge hat. Im Gegensatz dazu sind umfassendere Lösungen oft an bestimmte (Cloud-)Technologien gebunden. Es ergibt sich also ein Bedürfnis nach einem ganzheitlichen Framework für den Daten- und KI Lebenszyklus, das hersteller- und technologieunabhängig ist, um Flexibilität für die Realisierung von KI-Anwendungen zu bieten.
Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IKS entwickeln, im Rahmen des laufenden Projektes „*REMORA – Multi-Stage Automated Continuous Delivery for AI-based Software & Services Development in Industry 4.0*“, ein Framework, das die oben genannten Herausforderungen bewältigen, sowie kontinuierliche, flexible KI-Anwendungen gewährleisten soll.

Abbildung 2: Beispiel eines Daten- & KI-Lebenszyklus bestehend aus sechs KI-Services: Datenakquise, Datenvorverarbeitung, Datenaggregation, KI-Training, Datenanalyse, KI-Monitoring.

Die Grundlage für die Realisierung des Daten- und KI-Lebenszyklus bildet eine serviceorientierte Architektur bestehend aus modularen, flexiblen KI-Services (siehe Abb.2), die einzelne Lebenszyklusphasen repräsentieren. Diese können koordiniert werden, um eine ganzheitliche KI-Anwendung zu realisieren.
Hierfür umfasst das Framework für den Daten- und KI-Lebenszyklus vier Komponenten (siehe Abb.3): Das *AI-Interface* ermöglicht einen einheitlichen Datenzugriff für Services und Nutzer, wodurch heterogene Systeme vereint werden können; das *AI-Management* ermöglicht automatisches Trainieren und Verteilen von KI-Modellen; das *Service Management* handhabt die KI-Services an sich, einschließlich deren Koordinierung; das *Metadata Management* stellt relevante und benötigte Informationen zur Verfügung.

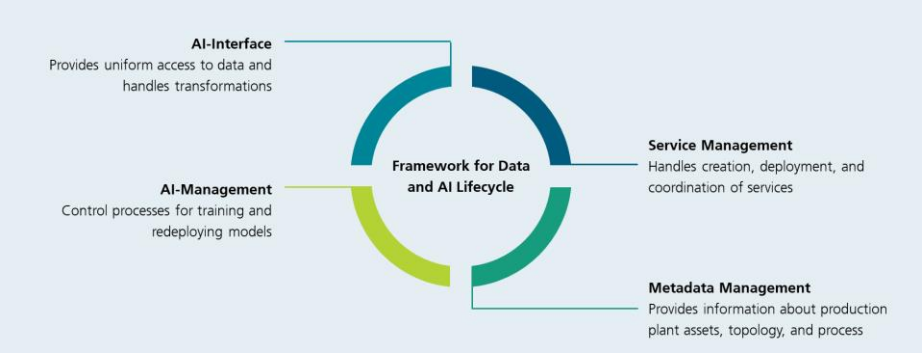

Abbildung 3: Framework für den Daten- und KI-Lebenszyklus.

Nutzen des Frameworks unabhängig von der KI-Reife

Das Framework unterstützt nicht nur den ganzheitlichen Daten- und KI-Lebenszyklus, sondern auch gewünschte Teilphasen unabhängig von der KI-Reife der Produktion. Diese können also unabhängig voneinander, flexibilisiert, und automatisiert. Gleichzeitig soll der Aufwand für den Anwender reduziert werden.

Wenn KI neu eingeführt werden soll, kann das Framework dabei unterstützen, in heterogenen Systemen Daten – einheitlich und technologieunabhängig – zu sammeln, vorzuverarbeiten, und bereitzustellen. Zusätzlich können mithilfe des Frameworks die Produktionslinie, die Produkte und die Prozesse beschrieben werden. Diese Daten können dann dem Data Scientist für die Inspektion zur Verfügung gestellt werden, wodurch der Koordinationsaufwand zum Domänenexperte reduziert wird.

Nachdem KI-Modelle und KI-Services entwickelt wurden, kann das Framework dafür genutzt werden, diese flexibel für den optimalen Betrieb zu verteilen. Hierfür werden Ressourcen und Optimierungsziele berücksichtigt. Anschließend werden Datenfluss und KI-Modelle zwischen KI-Services und weiteren Quellen koordiniert, um den automatisierten und flexiblen Betrieb der KI-Anwendung zu ermöglichen.

Um die Qualität der KI-Analysen nach der KI-Integration zu gewährleisten, müssen sich die KI-Modelle und KI-Services anpassen können. Gründe dafür können Qualität der Datenanalyse, Änderungen der Produktionslinie, sowie Ausfälle von Maschinen oder Services sein. Das Framework kann diese Faktoren überwachen und entsprechende Anpassungen ausführen. Auf Serviceseite bedeutet das das Verschieben, Austauschen, und Aktualisieren von Services. Auf KI-Seite bedeutet das das automatisierte Neutrainieren, Verteilen, Testen, Vergleichen, und Ausführen von KI-Modellen. Zusätzlich wird die Integrierung von Expertenwissen (Stichwort: human-in-the-loop) ermöglicht, um die Qualität und die Akzeptanz der KI-Analyse zu steigern.

Anwendungsbeispiel: Modulares Produktionssystem

Um die Funktionsweise des Frameworks zu demonstrieren, wurde es in einem modularem Produktionssystem integriert. Das System besteht aus vier Stationen mit Modbus-basierter speicherprogrammierbaren Steuerung. Ein mobiler Roboter navigiert zwischen den Stationen, um ein Produkt aus verschiedenen Einzelteilen zu erstellen. Die Stationen

und der Roboter werden durch einen Steuerungsservice gesteuert. Mithilfe des Frameworks wurde eine Kamera-basierte Qualitätskontrolle mittels KI realisiert (siehe Abb. 4). Verschiedene Services wurden integriert, die durch das AI-Interface einheitlich Daten über eine Event Streaming Plattform und Modbus lesen und schreiben, sowie KI-Modelle exportieren und importieren können. An der letzten Station wird ein Bild vom Endprodukt aufgenommen, das mithilfe von KI auf Fehler analysiert wird. Werden Probleme detektiert, wird der Auftrag für das Produkt neu ausgeführt. Somit unterstützt das Framework die initiale Integration und Ausführung einer KI-Anwendung. In den nächsten Schritten wird die Anwendung um Anpassungen der Services und KI-Modelle erweitert, um einen ganzheitlichen Daten- und KI-Lebenszyklus zu realisieren.

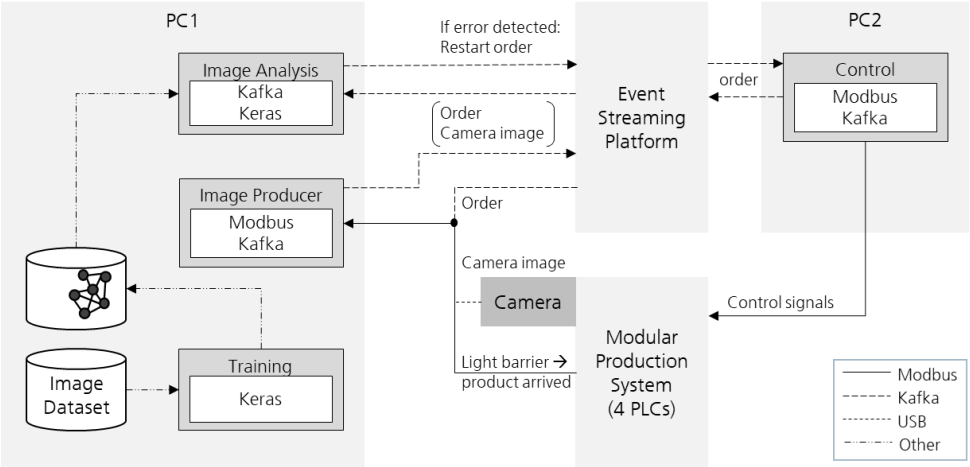

Abbildung 4: Anwendungsbeispiel des Frameworks: Kamera-basierte Qualitätskontrolle mittels Künstlicher Intelligenz in einem modularem Produktionssystem.

Potential des Frameworks

Für die Realisierung von KI-Anwendungen bringt das vom Fraunhofer IKS entwickelte Framework also die idealen Voraussetzungen mit: Es unterstützt und automatisiert den Daten- und KI-Lebenszyklus; Es ist technologieneutral und ermöglicht Flexibilität bei der Systemgestaltung; Es unterstützt sowohl KI-Entwickler als auch KI-Integratoren und KI-Betreiber. Darüber hinaus soll das Framework auch für KI-Neulinge und außerhalb der Industrie 4.0 Anwendung finden, denn: Es kann überall verwendet werden, wo eine hohe Menge an Daten anfällt, die mithilfe von KI analysiert werden sollen.
Für die Weiterentwicklung des Frameworks wird Fokus daraufgelegt, unterschiedliche, relevante Technologien und Standards zu unterstützen, um es möglichst vielen Nutzern und Domänen zugänglich zu machen.

Förderhinweis

Dieses Vorhaben wird im Rahmen des Projektes „REMORA – Multi-Stage Automated Continuous Delivery for AI-based Software & Services Development in Industry 4.0“ durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert und durch die Bayern Innovativ – Bayerische Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH unterstützt.

Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] A. Rojko, “Industry 4.0 Concept: Background and Overview”, Int. J. Interact. Mob. Technol., vol. 11, no. 5, pp. 77–90, Jul. 2017.

[2] E. Trunzer et al., “System architectures for Industrie 4.0 applications”. Production Engineering, vol 13, no.3, pp. 247–257, Jun. 2019.

[3] M. Majumder et al., “Evaluation of PLC4X based Middleware as Integrator of Brownfield systems into Industrial Cyber-Physical Systems”, IFAC-PapersOnLine, vol. 55, no 2, pp. 427-432, 2022.

[4] C. Wagner et al., “The role of the Industry 4.0 asset administration shell and the digital twin during the life cycle of a plant”, 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017.

[5] B. Burns et al., “Borg, Omega, and Kubernetes,” ACM Queue, vol. 14, pp. 70–93, 2016.

[6] M. A. Zaharia et al., “Accelerating the Machine Learning Lifecycle with MLflow,” IEEE Data Eng. Bull., vol. 41, pp. 39–45, 2018.

[7] D. A. Tamburri, "Sustainable MLOps: Trends and Challenges," 2020 22nd International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), 2020, pp. 17-23.

Autorin

Hoai My Van studierte Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU München mit Schwerpunkt auf Automation und Machine Learning. Seit Oktober 2022 ist sie Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IKS. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt auf Selbstadaptiven Software-Systemen für und mit Künstlicher Intelligenz.

Kontakt

Internet: https://www.iks.fraunhofer.de/
E-Mail: hoai.my.van@iks.fraunhofer.de