

Revolutioniert künstliche Intelligenz die Kernenergie?

Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen (ML) entwickeln sich rasant weiter. Sie eröffnen auch für die Kernenergie neue Möglichkeiten, vom Betrieb über die Wartung bis hin zum Kernbrennstoffkreislauf. Durch Effizienzsteigerungen und die Senkung von Betriebskosten hat KI das Potenzial, zu einem wirtschaftlicheren und zugleich sichereren Kernkraftwerksbetrieb beizutragen. Einige Anlagen setzen bereits KI-Tools praktisch ein – eine systematische Einordnung der Potenziale und Herausforderungen ist daher notwendig.

Die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) hat den Bericht «Considerations for Deploying Artificial Intelligence Applications in the Nuclear Power Industry» im Rahmen der «IAEA Nuclear Energy Series» veröffentlicht. Die Publikation gibt einen systematischen Überblick über den Stand und die Herausforderungen des KI-Einsatzes in der Kernenergie. Davon können Mitgliedstaaten der IAEO, Betreiber von Kernkraftwerken, technisches Fachpersonal, Versorgungsunternehmen, Entwickler und Anbieter von KI-Anwendungen, Vertreter nationaler Laboratorien, Aufsichtsbehörden sowie weitere Interessengruppen profitieren, die an der sicheren und effizienten Einführung von KI-Technologien im nuklearen Bereich beteiligt sind.

Die IAEO-Publikation soll den Einsatz von KI in der Kernkraftwerksindustrie fundiert unterstützen. Sie bietet einen umfassenden Überblick über datengestützte und physikalisch fundierte KI-Anwendungen, die das Potenzial haben, den Autonomiegrad technischer Systeme in Kernkraftwerken deutlich zu erhöhen. Zugleich benennt sie zentrale technische, organisatorische, regulatorische und menschliche Einflussfaktoren, die für eine erfolgreiche Einführung solcher Technologien ausschlaggebend sind. Dazu zählen unter anderem Anforderungen an die verfügbare Infrastruktur, die Datenqualität, die Sicherheit der Systeme sowie die Bereitschaft von Unternehmen und Behörden, sich mit den neuen Technologien auseinanderzusetzen.

Ein besonderer Fokus liegt auf dem Stellenwert und der Bedeutung der Daten: Ihre Kategorisierung, Relevanz und Integrität gelten als Schlüssel für die Entwicklung sicherer, robuster und vertrauenswürdiger KI-Lösungen. Darüber hinaus wird in der Publikation die Notwendigkeit aufgezeigt, relevante Interessengruppen frühzeitig

einzubinden und Risiken entlang des gesamten Entwicklungs- und Einführungsprozesses systematisch zu bewerten.

Die in dieser Veröffentlichung dargestellten Erfahrungen und Beispiele unterstreichen zudem, wie wesentlich ein aktiver Austausch zwischen den Beteiligten ist – etwa um die erwarteten Chancen und Grenzen einer KI-Anwendung realistisch einschätzen zu können. Die IAEO empfiehlt ausserdem eine schrittweise Einführung der Technologien, um das Vertrauen in diese zu stärken. Nur wenn all diese Aspekte berücksichtigt werden, könne der Einsatz von KI sinnvoll gelingen und zu tragfähigen Lösungen führen.

Die Herausforderungen bei einem KI-Einsatz

Damit KI-Technologien in der Praxis zuverlässig und sicher eingesetzt werden können, ist ein ganzheitlicher Lebenszyklusansatz erforderlich. Dieser berücksichtigt alle Phasen des KI-Einsatzes von der Konzeption und Entwicklung über die Implementierung und den Betrieb bis hin zur Überwachung und kontinuierlichen Verbesserung und verknüpft sie systematisch miteinander. Die IAEO betont, dass KI-Initiativen methodisch geplant und bewertet werden müssen – auf Grundlage einer sorgfältigen technischen, wirtschaftlichen und risikobezogenen Analyse.

In welchem Umfang ein KI-Lebenszyklus systematisch aufgebaut und methodisch dokumentiert werden sollte, hängt wesentlich vom Risiko ab, das mit dem Einsatz von KI in einer bestimmten Anwendung verbunden ist. Anwendungen, die sicherheitsrelevant sind oder in kritische Betriebsabläufe eingreifen, erfordern strengere Validierung, Nachvollziehbarkeit und Kontrolle als solche mit begrenztem Einfluss auf Sicherheit oder Wirtschaftlichkeit. ➔

Bei Anwendungen mit potenzieller sicherheitstechnischer Bedeutung sind auch regulatorische Aspekte zu berücksichtigen – etwa im Hinblick auf den Autonomiegrad der Systeme, die Einbindung in bestehende Betriebsprozesse oder Anforderungen an Prüf- und Zulassungsverfahren.

Die Datenqualität ist zentral für den Erfolg

Eine zentrale Rolle spielt die Qualität der verwendeten Daten. Nur wenn die Eigenschaften der Trainingsdaten mit den realen Anwendungsbedingungen übereinstimmen, lassen sich zuverlässige Modelle entwickeln. Über die gesamte Betriebsdauer hinweg sind deshalb geeignete Datenmanagementpraktiken erforderlich – einschliesslich Validierung, kontinuierlicher Überwachung und gegebenenfalls Nachschulung von Modellen.

Darüber hinaus sind bei sicherheitsrelevanten Anwendungen zentrale Eigenschaften der KI zu prüfen – darunter ihre Erklärbarkeit, also die Fähigkeit eines Systems, seine Entscheidungsprozesse für Fachpersonal trans-

parent und nachvollziehbar darzulegen. Ebenso müssen ihre Einbindung in die technische Infrastruktur der Anlage sowie die Rolle des menschlichen Bedienpersonals klar definiert sein. Auch die unterstützende Hard- und Software muss so spezifiziert werden, dass das System seine vorgesehene Funktion zuverlässig erfüllen kann. Der angestrebte Autonomiegrad kann zudem Einfluss auf die regulatorische Bewertung und den Umfang der Zulassungsverfahren haben.

Trotz erster Erfolge bei der Einführung von KI-Anwendungen bleibt die Herausforderung bestehen, Potenziale systematisch zu erschliessen und Risiken frühzeitig anzugehen. Aus der Kombination von praktischen Erprobungen, gezielten Analysen und methodischen Bewertungen lassen sich fundierte Lehren für eine breitere Implementierung ziehen.

Der Nutzen der KI-Technologie in der Kerntechnik

Für KI-Technologien gibt es in einem Kernkraftwerk eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten. Zu diesen ge-



Ingenieurinnen und Ingenieure von Tecnatom – einer in San Sebastián de los Reyes (Madrid) ansässigen Tochtergesellschaft von Westinghouse Electric Company – setzen gemeinsam mit Uniper ein prädiktives Instandhaltungssystem (Predictive Maintenance System) in Kraftwerken ein. Die in Spanien von Tecnatom entwickelten Anwendungen ermöglichen die frühzeitige Erkennung von Anomalien im Anlagenbetrieb. (Foto: Tecnatom und Sociedad Nuclear Española, SNE)

«Sicher, effizient und zukunftsorientiert – KI in der Nuklearbranche»

Der Weiterbildungskurs des Nuklearforums Schweiz vom 20. November 2025 beleuchtete die Schnittstelle von KI und Nukleartechnologie. Fachpersonen aus Wissenschaft, Industrie, Regulierung und Beratung zeigten anhand konkreter Beispiele, wie KI im nuklearen Umfeld eingesetzt wird, und diskutierten Potenziale, Grenzen und Herausforderungen. Der Kurs vermittelte ein realitätsnahes Bild davon, wie KI die Prozesse in der Kernenergie unterstützen kann und welche Anforderungen für Sicherheit und Regulierung dabei gelten.

hören unter anderem Robotik und Wartung, Alarm- und Signalvalidierung, Notfallmassnahmen, Prozessdiagnostik, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Anlagensteuersysteme, Gerätediagnostik, Betriebsanalyse, Betriebsunterstützung, probabilistische Risikobewertung, Schulungsanwendungen (Lehren und Lernen) sowie Brennstoffherstellung und Qualitätskontrolle. Solche Anwendungen könnten bei Kernkraftwerken nicht nur zu Kostensenkungen führen, sondern bringen viele weitere Vorteile mit sich wie geringere Strahlenbelastung des Betriebspersonals und eine verbesserte Sicherheit.

Obwohl KI-Technologien bereits seit Jahrzehnten in der Kernenergiebranche erforscht werden, war das Interesse daran im Laufe der Zeit unterschiedlich stark ausgeprägt. Die bisherigen Entwicklungen reichten von einfachen regelbasierten Verfahren bis hin zu komplexeren Ansätzen des maschinellen Lernens (ML). Typische Anwendungsfelder im Betrieb und der Wartung von Reaktoren sind heute etwa die kontinuierliche Überwachung des Anlagenzustands mit künstlichen neuronalen Netzen, die automatisierte Fehler- und Anomalieerkennung mit verschiedenen Lernverfahren (überwacht, unüberwacht, halbüberwacht) sowie die zustandsbasierte Wartungsoptimierung. Diese Anwendungen zeigen grosses Potenzial, befinden sich derzeit jedoch meist noch in der Pilot- oder Erprobungsphase.

Erst jüngste technologische Fortschritte in der Sensorik, im Datenmanagement, in der internen Systemkommunikation sowie bei Rechenressourcen wie Hochleistungsrechnern und Edge-Computing haben dazu beigetragen, dass KI-Systeme zunehmend praxistauglich werden. Neue Anwendungen kombinieren datenbasierte Verfahren mit physikalischen Modellen und ermöglichen dadurch nachvollziehbare und sichere Entscheidungen. Dennoch gilt ihr industrieller Einsatz in der Kerntechnik vielerorts noch als relativ neu.

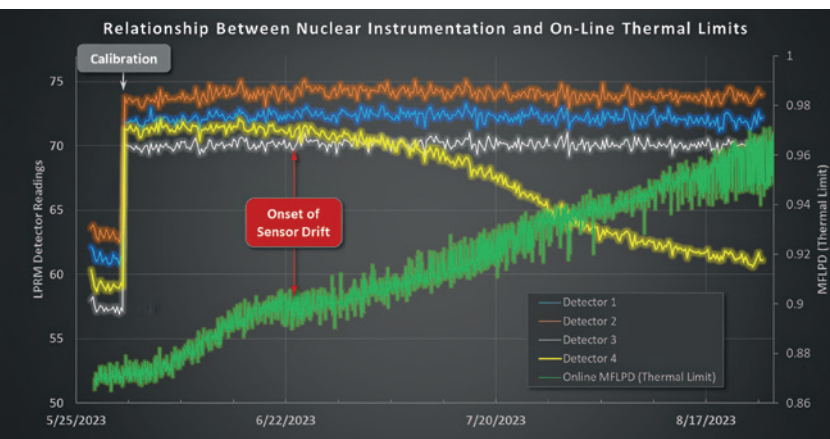
Einsatz von KI-Technologie hilft Betriebsunterbrüche zu verhindern und Geld zu sparen

In der amerikanischen Kernkraftwerkseinheit Limerick-2 wird die KI-Technologie des Unternehmens Blue Wave AI Labs zur Signalvalidierung bei der Leistungsregelung des Siedewasserreaktors eingesetzt. Die KI überwacht die Messdaten zur Neutronenflussdichte, die von verschiedenen Neutronensensoren (Local Power Range Monitors, LPRMs) im Reaktorkern geliefert werden. Fehlerhafte Sensoren werden automatisch erkannt und aus der Berechnung ausgeschlossen, welche dazu dient, den Reaktor mit der bestmöglichen Leistung zu fahren. Dank des KI-Eingriffs kann die Anlage sicher weiterbetrieben werden, ohne dass eine Leistungsreduktion oder gar ein Abschalten des Reaktors aufgrund falscher Sensorwerte notwendig sind. Dies kommt sowohl der Sicherheit als auch der Wirtschaftlichkeit der Anlage zugute.

Zunehmender Einsatz auch von fortgeschrittenen KI-Technologien

Neben den klassischen Anwendungen kommen heute zunehmend auch fortgeschrittene KI-Technologien zum Einsatz – etwa Deep Learning, natürliche Sprachverarbeitung (NLP) oder grosse Sprachmodelle (LLMs). Sie ermöglichen neue Lösungsansätze, zum Beispiel beim automatisierten Auswerten technischer Dokumente (Text Mining), bei der dynamischen Risikobewertung oder bei der strukturellen Zustandsüberwachung, also der automatisierten Erkennung von Materialveränderungen oder Bauteilschwächen anhand von Sensordaten. Auch bisher manuell durchgeführte Aufgaben im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung oder der Wartung lassen sich durch KI zunehmend optimieren oder automatisieren.





Messwerte von Neutronensensoren im Reaktorkern von Limerick-2 im Jahr 2023. Einer dieser Sensoren (gelbe Linie) begann aufgrund einer Kalibrierdrift, falsche Werte zu liefern. Dadurch stieg der berechnete thermische Grenzwertanteil (Maximum Fraction of Limiting Power Density, MFLPD; grüne Linie) scheinbar an – ein Hinweis auf eine rechnerische Fehlinterpretation der Reaktorleistung. Die KI identifizierte die Drift und schloss den betroffenen Sensor aus.

(Foto: Blue Wave AI Labs)

Fazit

Die IAEA-Publikation liefert eine fundierte Grundlage für den gezielten Einsatz künstlicher Intelligenz in der Kernkraftwerksindustrie. Sie zeigt, welches Potenzial in datenbasierten Anwendungen steckt – etwa zur Verbesserung der Betriebssicherheit, zur Effizienzsteigerung oder zur Entlastung des Personals. Zugleich macht sie deutlich, dass technische und organisatorische Rahmenbedingungen, Datenqualität, regulatorische Anforderungen und menschliche Faktoren frühzeitig berücksichtigt werden müssen. Der strukturierte Lebenszyklusansatz bietet hierfür eine hilfreiche Orientierung. (B.G. nach IAEA-Publikation «Considerations for Deploying Artificial Intelligence Applications in the Nuclear Power Industry», September 2025, und weiteren Quellen)

Im Bulletin 1/2026 werden wir Einblicke in bereits erprobte oder umgesetzte Anwendungen und Pilotprojekte präsentieren.

Anwendungsmöglichkeiten der künstlichen Intelligenz im Schweizer Energiesektor

Auch in der Schweiz gewinnt das Thema künstliche Intelligenz im Energiesektor an Bedeutung. Der Bundesrat nahm am 19. September 2025 den Bericht zum Postulat 23.3957 «Künstliche Intelligenz und Versorgungssicherheit. Analyse der rechtlichen Grundlagen im Energiebereich» der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrates (Urek-N) an. Darin werden die Chancen und Risiken des KI-Einsatzes für die Stromversorgungssicherheit sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen analysiert. Laut einer Umfrage unter 110 Schweizer Energieversorgungsunternehmen nutzt bereits rund ein Viertel von ihnen KI-Anwendungen, vor allem grössere Betriebe. KI kann gemäss Bericht entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Erzeugung über Netzbetrieb und Verteilung bis hin zu Energiedienstleistungen – zur Resilienz und Effizienz des Energiesystems beitragen. Gleichzeitig weist der Bericht auf Risiken wie Cyberangriffe, Fehlentscheidungen und die Abhängigkeit von Technologieanbietern hin.

Ein KI-spezifischer Branchendialog soll künftig den Wissenstransfer und die Erarbeitung gemeinsamer Leitlinien fördern. Das Bundesamt für Energie (BFE) wird den Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) zudem auffordern, innert zwei Jahren eine Branchenrichtlinie zur KI-Governance zu erarbeiten. Geplant ist ausserdem die Ausarbeitung eines nationalen Gesetzentwurfs zur Regulierung von KI bis Ende 2026, der sich voraussichtlich an internationalen und insbesondere europäischen Entwicklungen wie dem EU-Gesetz zur künstlichen Intelligenz orientieren dürfte.