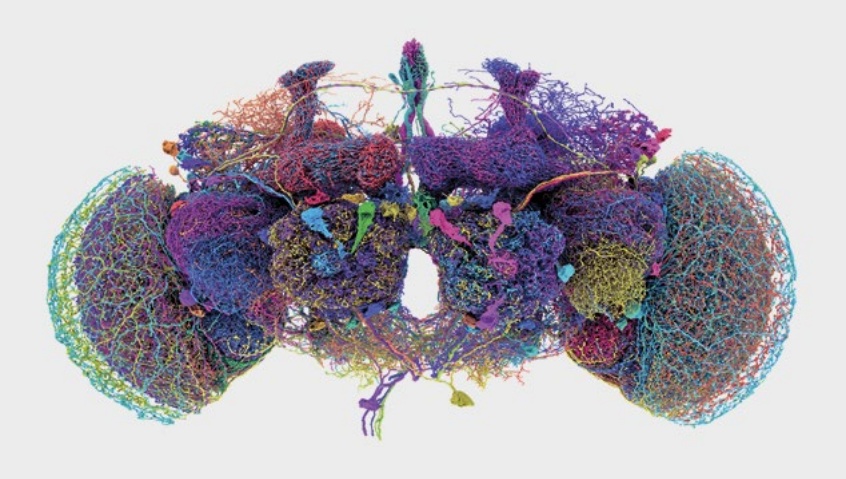
Künstliche Intelligenz (KI)

KI in Netzplanung und Netzbetrieb

Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt zu einem zunehmend dezentralen Energiesystem mit erhöhtem Koordinationsbedarf. Die damit einhergehende steigende Komplexität auf allen Spannungsebenen erfordert, dass Netzbetreiber bei ihren vielfältigen Aufgaben unterstützt werden. Der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) kann helfen, die zunehmende Komplexität des Energiesystems zu beherrschen und dieses auch in Zukunft effizient und sicher zu betreiben. Welche konkreten KI-Anwendungen es in der Netzplanung und im Netzbetrieb bereits gibt, stellten Netzbetreiber, Hersteller und Forschungseinrichtungen bei der FGH-Fachtagung vom 25. bis 26. Juni 2025 vor.

Das Gehirn einer Fruchtfliege ist winzig und zugleich hochkomplex: 139 000 Nervenzellen, verbunden über 50 Mio. Synapsen, steuern unter anderem Fliegen, Sehen und alle lebenswichtigen Funktionen (Bild 1, [1, 2]). Moderne KI-Modelle, zum Beispiel große Sprachmodelle, verfügen über Milliarden Parameter, doch ihre Verschaltung ist bei Weitem nicht so raffiniert. Paradox: Trotz menschlicher Entwicklung bleiben ihre Entscheidungswege oft undurchschaubar (Black Box). In sicherheitskritischen Bereichen ist das riskant, weshalb man an erklärbarer KI und anderen Ansätzen forscht, um Vertrauen zu schaffen. Angetrieben von Daten, Rechenpower, Algorithmen und zündenden Ideen werden KI-Anwendungen kreativer und leistungsfähiger, wie die Beispiele aus Forschung und Anwendung zeigen.



Quelle: Tyler Sloan und Amy Sterling für FlyWire, Princeton University, 2024

Bild 1. Die 50 größten Neuronen des Konnektoms des Fliegengehirns

Künstliche Intelligenz in der Netzleittechnik

Die Netzleittechnik steht vor einem grundlegenden Wandel durch den Einsatz von KI. Für eine erfolgreiche Einführung sind drei Aspekte erforderlich:

1. **Technische und regulatorische Bedingungen:** Datenverfügbarkeit und -qualität müssen sichergestellt und praxisnahe Richtlinien entwickelt werden, da der regulatorische Rahmen derzeit noch vage ist.
2. **Risiko-Nutzen-Abschätzung:** Effizienzgewinne und verbesserte Netzstabilität sind gegen operative Risiken und Sicherheitsaspekte abzuwägen.
3. **Vertrauenswürdige Implementierung:** Klare Anforderungen, standardisierte Abläufe und strukturelle Anpassungen schaffen Vertrauen. Qualifiziertes Personal bleibt die letzte Entscheidungsinstanz.

KI bietet Potenzial für viele Anwendungsfälle. Ein schrittweises Vorgehen, in enger Abstimmung mit dem Regulator, bildet den Rahmen für die KI-Integration in kritische Infrastrukturen.

KI-Anwendungsbeispiele von Netzbetreibern

Folgende KI-Anwendungen werden von Netzbetreibern eingesetzt und wurden auf der FGH-Fachtagung vorgestellt:

Prognose der vertikalen Netzlast bei Amprion

Zur Gewährleistung eines sicheren Netzbetriebs prognostizieren die Übertragungsnetzbetreiber die Netzbelastung für kurzfristige Zeithorizonte. Hierfür benötigen sie die vertikale Netzlast (VNL), die die Last an den Verknüpfungspunkten zwischen Übertragungs- und Verteilnetz darstellt, als Eingangsgröße. Zur Prognose der VNL wurden verschiedene KI-Modelle trainiert, getestet und verglichen. Als Einflussgrößen dienen historische und prognostizierte Daten wie Einspeisungen, Wetterbedingungen und Zeitinformationen. Das beste Ergebnis erzielt ein iteratives lineares Modell, das zudem durch seine gute Performance, Transparenz und Recheneffizienz überzeugt.

KI-basierte Standardisierung und Optimierung der Terminplanung im Leitungsbau bei TransnetBW

Terminpläne sind das zentrale steuernde Element in Leitungsbauvorhaben. Sie basieren auf Bauablaufplänen, die stark in Aufbau, Detailtiefe, Begriffen und Formaten variieren. Die manuelle Überführung ist aufwendig, fehleranfällig und mindert Vergleichbarkeit.

Ein Proof of Concept zeigt: Eine KI-Pipeline wandelt heterogene Pläne in standardisierte Terminpläne um. Texterkennung (OCR) und Layoutanalyse extrahieren Inhalte, ein großes Sprachmodell (Large Language Model; LLM) harmonisiert sie nach der Logik Aktivität – Objekt – Objekt-ID mit Attributen wie Spannungsebene, Mastnummer oder Maßnahmentyp. Der vollständige Ter-

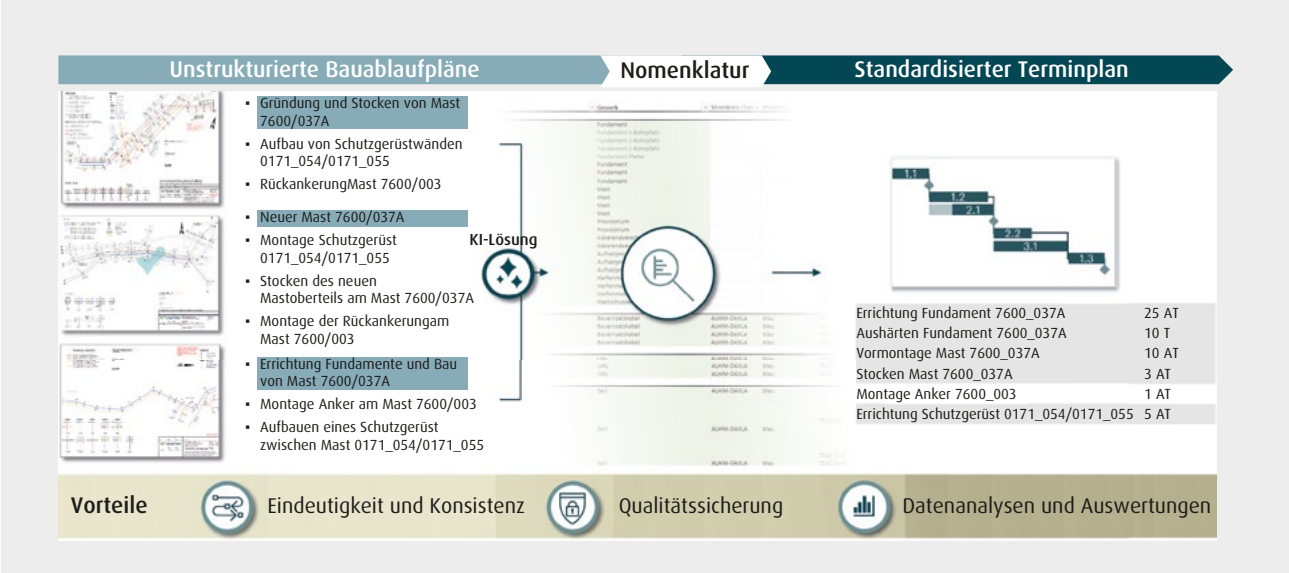


Bild 2. Schematische Darstellung der KI-gestützten Pipeline

minplan wird automatisch erstellt und durch den Human-in-the-Loop geprüft.

Der Standardplan reduziert Aufwand, erhöht Qualität und fungiert als »Single Source of Truth« für Multiprojektmanagement, Standardprüfungen und Prozesse wie Beschaffung, Genehmigungen oder Ressourcenplanung und kann langfristig eine GIS-gestützte Bauablaufplanung ermöglichen (Bild 2).

KI in der Netzplanung – Erfahrungen der Mitnetz Strom

Die Mitnetz Strom entwickelt mit dem eMoPHS-Finder ein KI-gestütztes Werkzeug zur datenbasierten Netzplanung, das reale Netzbelastungen besser erfassen, ungemeldete Einspeiser und Verbraucher wie PV-Anlagen, Wärmepumpen oder E-Mobilität identifizieren und die Qualität der Netzstammdaten verbessern soll. Auf Basis umfangreicher Mess- und Metadaten werden Muster erkannt, zum Beispiel durch Korrelationen mit Wetterdaten oder Lastsprüngen. Erste Analysen zeigen deutliche Abweichungen zwischen Modellannahmen und realen Netzzuständen – vor allem bei PV-Leistung und Wärmelasten, was die Relevanz des KI-Einsatzes für eine präzisere Zielnetzplanung bestätigt. Im nächsten Schritt werden der Ansatz skaliert und weitere Parameter integriert.

Netzbetrieb mit KI-Systemen bei der energis Netzgesellschaft mbH

Angesichts steigender Anforderungen an Flexibilität, Sicherheit und Effizienz der Stromnetze setzen Netzbetreiber zunehmend auf KI. Besonders wichtig ist die hybride KI, die die etablierte mathematisch-algorithmische Netzberechnung mit datenbasierten KI-Methoden kombiniert: die KI-ba-

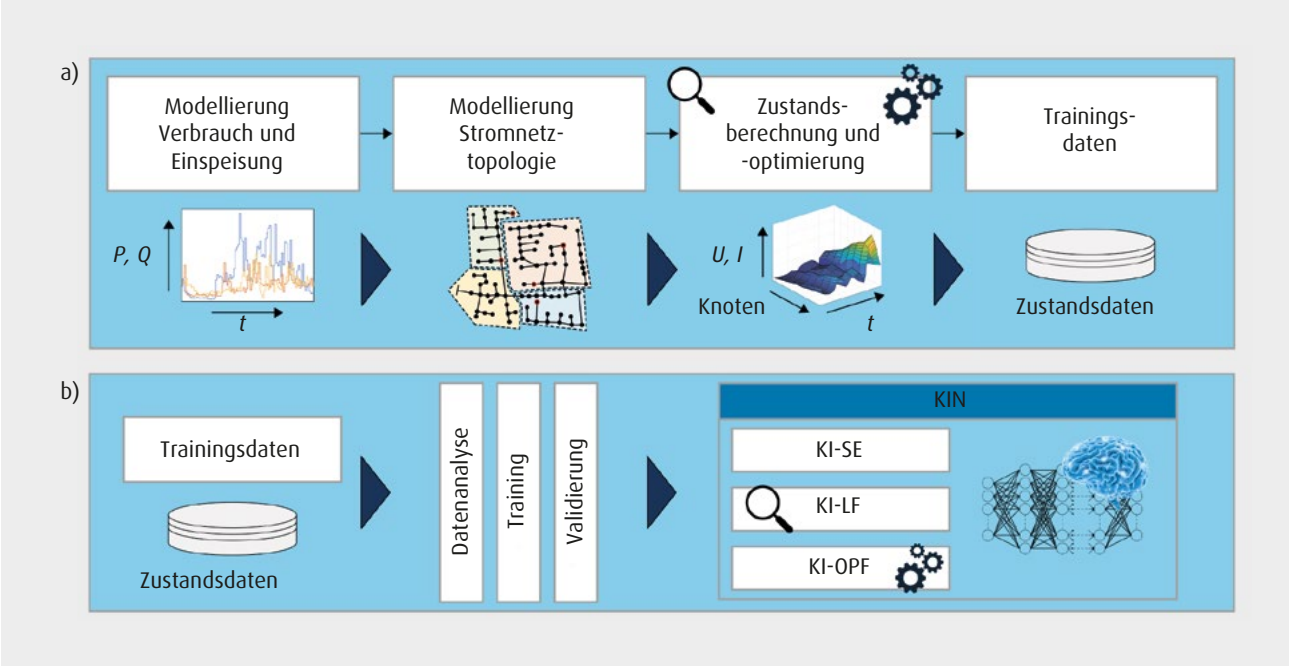
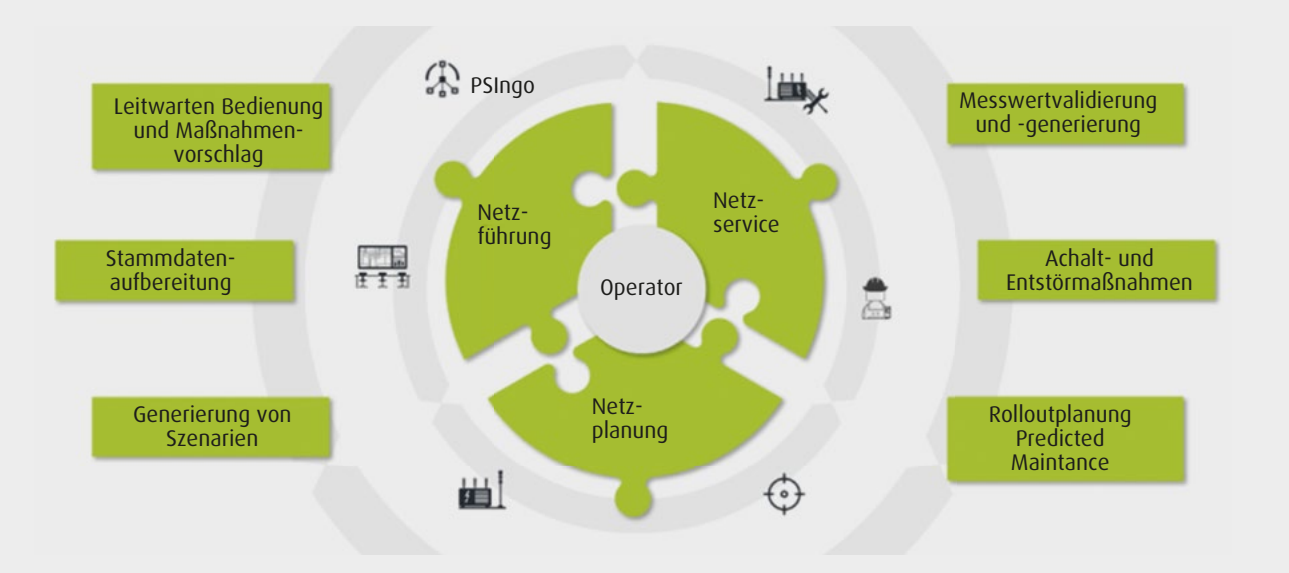


Bild 3. Struktur der KI-basierten Netzsimulation [6]



Quelle: PSI Software SE, 2025

Bild 4. KI Use Cases für die 360° Netzbewirtschaftung

sierte Netzsimulation (KIN). Bild 3 zeigt deren Systematik – von der Erzeugung der Trainingsdaten bis zur Entwicklung und Validierung leistungsfähiger KI-Modelle. Zentral ist die KI-basierte Netzzustandsschätzung (KI-SE) [3], die mit historischen Daten und Messwerten den aktuellen Zustand des Stromnetzes auch mit minimaler Messinstrumentierung identifiziert. Die KI-basierte Lastflussberechnung (KI-LF) [3] schätzt Lastflüsse und Betriebsmittelauslastungen deutlich schneller als etablierte Verfahren. Die KI-basierte Netzzustandsoptimierung (KI-OPF) [4] ermöglicht eine vorausschauende und ressourcenschonende Steuerung des Stromnetzes. Im Fehlerfall sorgt die KI-unterstützte Kurzschluss- und Erdschlussortung [5] für eine zuverlässige und selektive Fehlerortung.

KI-Anwendungsbeispiele von Herstellern

Folgende KI-Anwendungen werden von Herstellern angeboten und wurden auf der FGH-Fachtagung vorgestellt.

Transparenz und Automatisierung für Niederspannungsnetze (PSI Software SE)
KI ist in vielen Lebens- und Wirtschaftsbereichen angekommen und bietet auch im Netzbetrieb der Energiewirtschaft großes Potenzial. Trotz aktueller Herausforderungen – zum Beispiel in der Niederspannungsebene – können durch Digitalisierung, hochwertige Daten und KI-Anwendungen Synergien geschaffen sowie Effizienz und Versorgungssicherheit gesteigert werden. Erste Use Cases (Bild 4) zeigen Einsatzmöglichkeiten wie Messwertvalidierung, Predictive Maintenance, Szenariengenerierung und Datenaufbereitung. Dabei ist ein kritischer und sicherheitsbewusster Umgang mit KI entscheidend, um ihre Vorteile nachhaltig und verantwortungsvoll zu nutzen. Die PSI Software SE geht dabei einen strukturierten und sicheren Weg, um KI schrittweise und gezielt in ihre Prozesse zu integrieren.

Verlässliche Netzdokumentation mit Computer-Vision-KI bei der SPIE SAG
Planungs- und Betriebsprozesse im Energieversorgungssektor sind oft aufwendig, zeitintensiv und mit Risiken verbunden, vor allem wenn kritische Bauteile unentdeckt bleiben. Konventionelle Methoden stoßen bei Inspektionen an schwer zugänglichen Orten oder bei alltäglichen Dokumentationspflichten häufig an ihre Grenzen oder genügen den heutigen Anforderungen an Durchgängigkeit und Ef-

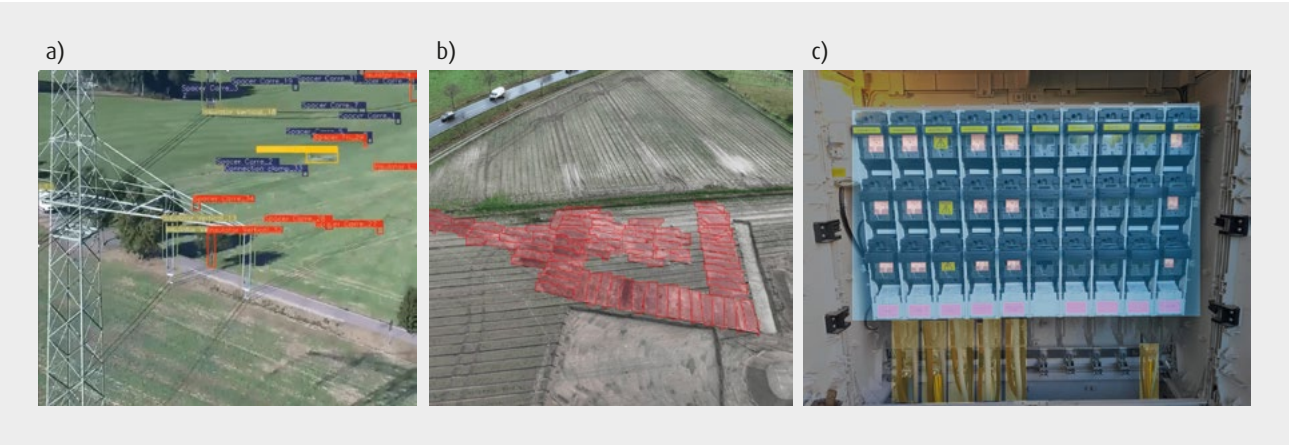


Bild 5. a) Inspektion und Fehlerdetektion von Hochspannungs-Freileitungskomponenten; b) Detektion von Stahlplatten zur Wegebaudokumentation auf Freileitungsbaustellen; c): KI-gestützte Dokumentation der Niederspannungsverschaltung in KVS

fizienz nicht mehr. Die Digitalisierung schafft mit ihren vielfältigen Technologien neue Chancen, um Arbeitsabläufe mehrwertgetriebener zu gestalten und das Fachpersonal spürbar zu entlasten.

SPIE priorisiert Computer-Vision-KI, um Bilddaten für strategische Entscheidungen auszuwerten. Während Bauinspekteure häufig über die Anzahl von Bündelabstandshalter im Spannfeld diskutieren, detektiert die KI solche und weitere Komponenten nahezu fehlerfrei (Bild 5a). Stahlplatten zählen war gestern, heute liefern Multikopter regelmäßig Baustellenaufnahmen, die die eigens entwickelte Baggermatten-KI analysiert – für eine bessere Bestandsverwaltung und zufriedene Mitarbeiter (Bild 5b). Auch auf der unteren Spannungsebene schafft KI Mehrwerte, indem künftig ein feldfähiger Workflow die große Unbekannte im Verteilnetz löst, die Verschaltung in Kabelverteilerschränken (KVS), und so die Qualität rechenfähiger Netzmodelle steigert (Bild 5c).

Prognose der Hitachi Energy zur regionalen Verteilung von EE-Anlagen

Hitachi Energy hat ein Machine-Learning-Modell entwickelt, um die regionale Verteilung von Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) zu prognostizieren. Angesichts des starken Wachstums von EE-Anlagen – mit einer Verdreifachung der Photovoltaikkapazität und einer 2,5-fachen Steigerung bei Windenergie an Land bis 2037 in Deutschland – besteht ein hoher Bedarf an räumlich genauen Prognosen.

Das Modell teilt das Untersuchungsgebiet in ein Raster von 100 m × 100 m ein. Für jedes Rasterfeld werden öffentlich zugängliche Daten wie Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit, Abstände zu Infrastrukturen und Schutzgebieten sowie die Landnutzung als Merkmale (Features) herangezogen.

Die Testergebnisse belegen, dass das Modell grundsätzlich geeignet ist, Potenzialflächen zu identifizieren. Bei einer Rastergröße von 100 m × 100 m betrug die Überlappung mit den tatsächlichen Flächen aus dem Solarkataster 71,6 %. Eine höhere Auflösung von 50 m × 50 m steigerte die Genauigkeit auf 82,3 %. Zudem ist das Modell in der Lage, neue potenzielle Flächen vorzuschlagen (Bild 6).

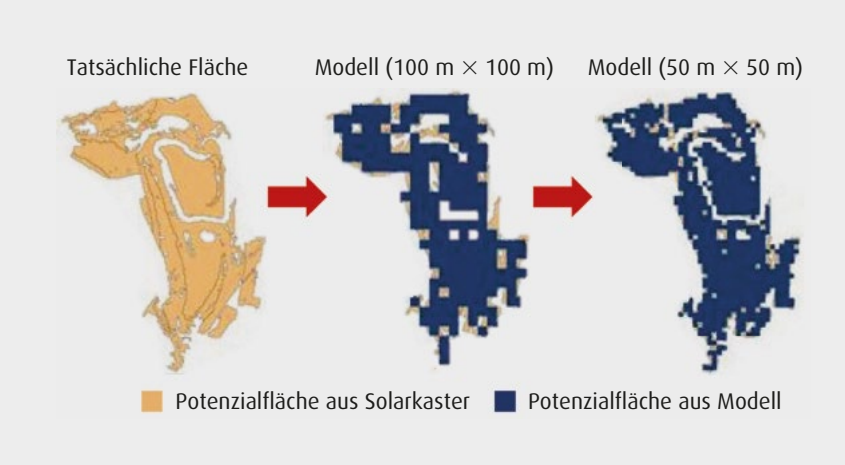


Bild 6. Exemplarische Potenzialfläche

Maschinenfabrik Reinhausen: KI als technischer Enabler

Die Maschinenfabrik Reinhausen veranschaulicht in drei Anwendungsfeldern, wie KI deutliche Mehrwerte in der Energiebranche schafft. In der Zustandsbewertung von Stufenschaltern ersetzt ein Machine-Learning-gestützter Algorithmus die klassische Interpretation der Dissolved Gas Analysis (DGA) durch eine datengetriebene Klassifikation. Fehlende Messwerte werden durch Imputation ergänzt, Metadaten berücksichtigt und Handlungsempfehlungen mit Unsicherheitsbewertung abgeleitet. In der Softwareentwicklung fungiert KI als Sparringspartner: Sie erkennt und behebt Fehler, generiert Code aus natürlicher Sprache und steigert die Entwicklungsgeschwindigkeit um bis zu 55 %. Bei der Spezifikationsanalyse reduziert ein durch LLM und Retrieval-Augmented Generation (RAG) unterstütztes Tool den manuellen Aufwand drastisch, prüft Anforderungen und verbessert die Angebotsqualität. Die Kombination aus Expertenwissen und KI eröffnet neue Perspektiven für Qualität, Effizienz und Skalierbarkeit.

Cybersecurity

Der Vortrag der c.con Management Consulting GmbH thematisierte, dass KI bereits in Netzplanung und -betrieb angekommen ist, jedoch häufig im Stadium der Pilotierung verbleibt – und zwar nicht aufgrund der Technik selbst, sondern wegen fehlender Einbettung in den Betrieb sowie zu geringer Beachtung von Sicherheit und Regulatorik. KI in kritischen Infrastrukturen erfordert daher robuste Architekturen, klare Verantwortungs- und Betriebsmodelle sowie Change Management, um erfolgreich in den Regelbetrieb überzugehen.

Die Maschinenfabrik Reinhausen GmbH (MR) integriert Cybersecurity und KI nachhaltig in die Produktentwicklung. Eine durchdachte Architektur berücksichtigt IT-Systeme, Sensorik, KI-Diagnose und Cloud-Services. MR setzt auf ein dreistufiges Modell: Governance mit klaren Verantwortlichkeiten, ein »Security by Design«-Framework und strukturierte Risikobewertung via CS-RISK. Sicherheitsaspekte wie Schwachstellenmanagement und KI-spezifische Risiken werden frühzeitig adressiert. MR zeigt, wie sich Innovation und Sicherheit in der Stromnetztechnik praxisnah und zukunftssicher verbinden lassen.

Erkenntnisse aus Podiumsdiskussion zur KI-Regulierung und Ausblick

Der Impulsvortrag der BET Consulting GmbH zur Podiumsdiskussion skizzierte die kommenden Weichenstellungen in der KI-Regulierung – ein Schritt, der ausdrücklich begrüßt wurde. Zugleich wurde jedoch vor einer Überforderung vor allem kleiner und mittlerer Energieversorgungsunternehmen (EVU) gewarnt. Die Diskutanten teilten die grundsätzliche Einschätzung: Eine klare Regulierung ist nicht nur notwendig, sondern ein entscheidender Faktor, um Vertrauen zu schaffen und Innovationen in geordneten Bahnen zu fördern. Rasch weitete sich das Gespräch jedoch über das Kernthema hinaus. Einhellig herrschte die Überzeugung, dass künstliche Intelligenz weit mehr ist als ein vorübergehender Hype – sie wird zum festen, unverzichtbaren Bestandteil künftiger Unternehmensprozesse.

Besonders intensiv wurde das Thema Erklärbarkeit erörtert. Denn nur wenn KI-gestützte Entscheidungen transparent nachvollziehbar sind, kann ihr Einsatz auch in sensiblen, sicherheitskritischen Bereichen verantwortungsvoll und rechtssicher erfolgen. Noch bleibt

allerdings offen, wie diese Anforderung in der Praxis und im Rahmen der künftigen Rechtslage konkret umgesetzt werden kann – eine Frage, die nicht nur technische, sondern auch gesellschaftliche Sprengkraft birgt.

Das Thema KI bleibt also weiterhin spannend. Zu den neuesten Entwicklungen hält Sie die FGH-Akademie mit dem Online-Workshop »KI in Netzplanung und Netzbetrieb« (21. bis 23. Oktober 2025) und dem Seminar »KI im Stromnetz – Grundlagen, Theorie und konkrete Anwendungen für Systeme der künstlichen Intelligenz« (6. bis 7. Mai 2026 in Mannheim) auf dem Laufenden. Nähere Informationen dazu finden sich unter www.fgh-ma.de/de/themen-expertise/akademie/veranstaltungsuebersicht.

Literatur

[1] Dorkenwald, S.; Matsliah, A.; Sterling, A.R., et al.: Neuronal wiring diagram of an adult brain. Nature 634, 124–138 (2024).

[2] Schlegel, P.; Yin, Y.; Bates, A. S., et al.: Whole-brain annotation and multi-connectome cell typing of Drosophila. Nature 634, 139–152 (2024).

[3] Winter, A., et al.: Monitoring in Niederspannungsnetzen mit Verfahren der künstlichen Intelligenz – Validierung der Methodik in einem realen Stromnetz. 17. Symposium Energieinnovation, TU Graz, 2022.

[4] Winter, A.; Igel, M.; Schegner, P.: Machine learning based grid optimization algorithm real-time applications. 27th International Conference on Electricity Distribution (Cired 2023). Institution of Engineering and Technology, S. 226–230.

[5] Winter, A.; Igel, M.: Innovative maschinelle Lernverfahren für KI-basierte Lösungen zur Erdschlussrichtungserkennung und -ortung. STE 2022 – Sternpunktbehandlung in Netzen bis 110 kV (D-A-CH), Esslingen, 2022.

[6] Winter, A.: Entwicklung einer hybriden Künstlichen Intelligenz für die Identifikation und Optimierung von Netzzuständen in elektrischen Verteilungsnetzen. Dissertation, TU Dresden, 2025.

>> Dr. **Boris Brandherm**,
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Saarbrücken

Mike Vogt,
Fraunhofer IEE, Kassel

Dr. **Marie-Louise Kloubert**,
Amprion GmbH, Dortmund

Thorsten Carstens,
TransnetBW GmbH, Stuttgart

Dr. **Marcel Dumeier**,
Accenture, Aachen

Mirko Schuster,
Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH, Kabelsketal

Dr. **Andreas Winter**,
energis Netzgesellschaft mbH, Saarbrücken

Dr. **Philippe Steinbusch**,
PSI Software SE, Karlsruhe

Jens Neumann,
SPIE SAG GmbH, Langen

Dr. **Bastian Plaß**,
SPIE SAG GmbH, Langen

Dr. **Hao Chang**,
Hitachi Energy Germany AG, Mannheim

Christian Haselbeck,
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg

Dr. **Andreas Kurz**,
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg

Dr. **Andreas Kubis**,
c.con Management Consulting GmbH, Walldorf

Dr. **Hubert Feyrer**,
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg

Kevin Goldermann,
BET Consulting GmbH, Aachen

Andrea Schröder,
FGH e.V., Mannheim

>> boris.brandherm@dfki.de
mike.vogt@iee.fraunhofer.de
marie-louise.kloubert@amprion.net
t.carstens@transnetbw.de
marcel.dumeier@accenture.com
mirko.schuster@mitnetz-gas.de
andreas.winter@energis-netzgesellschaft.de
psteinbusch@psi.de
jens.neumann@spie.com
bastian.plass@spie.com
hao.chang@hitachienergy.com
c.haselbeck@reinhausen.com
a.kurz@reinhausen.com
andreas.kubis@ccon.com
h.feyrer@reinhausen.com
kevin.goldermann@bet-consulting.de
andrea.schroeder@fgh-ma.de

>> www.fgh-ma.de