# Fehler in Stromverteilungen mit KI erkennen – was heute funktioniert

29.05.2026, 09:51 Uhr
Kommentare: 0
Sicher arbeiten



© erstellt mit OpenAI DALL·E über ChatGPT

**Fehler in Stromverteilungen lassen sich heute nicht mehr nur mit Erfahrung und Messgerät verstehen. KI wertet große Datenmengen aus, erkennt Anomalien frühzeitig – und stößt trotzdem an klare Grenzen. Wo die Technik in der Praxis wirklich hilft und warum die Elektrofachkraft unverzichtbar bleibt.**

Die Fehleranalyse in Stromverteilungen verlagert sich von der manuellen Auswertung hin zu datengetriebenen Verfahren. Maschinelles Lernen, akustische Diagnostik und neuronale Netze erschließen neue Diagnosepfade, stoßen aber auf regulatorische und betriebliche Schranken. Die Fehleranalyse elektrischer Anlagen folgte über Jahrzehnte einem festen Schema aus Sichtprüfung, Messreihe und Auswertung durch erfahrene Fachkräfte.

Mit der zunehmenden Komplexität von Verteilnetzen, der wachsenden Zahl dezentraler Erzeuger und dem Ausbau leistungselektronischer Komponenten gerät dieses Vorgehen an seine Grenzen. Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens versprechen Abhilfe, indem sie große Datenmengen aus Sensorik, Schutzgeräten und Stationsleittechnik strukturiert auswerten. Die Bandbreite reicht von Entscheidungsbäumen über Regressionsmodelle und akustische Mustererkennung bis hin zu tiefen neuronalen Netzen für die Zustandsschätzung in der Niederspannung.

## Akustische Diagnostik als niedrigschwelliger Einstieg

Anomalien an Maschinen, Schaltgeräten und Anlagen äußern sich häufig über veränderte Geräuschmuster, lange bevor ein Schutzgerät auslöst. Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS hat dazu mit dem OpenZfP-KI-Portal eine kostenfreie Plattform aufgebaut, die Audiodaten aus Smartphones oder fest installierten Mikrofonen gegen ein trainiertes Modell prüft und das Ergebnis als Spektrogramm

zurückgibt.

Auffällige Frequenzbereiche sind farblich hervorgehoben, sodass auch Personal ohne KI-Erfahrung den Befund einordnen kann. Die Trefferquote variiert je nach Anwendung und erreicht laut IKTS bis zu 100 %. Für Stromverteilungen bedeutet das einen niedrigschwelligen Zugang zur maschinellen Diagnostik, etwa zur Detektion ungewöhnlicher Schaltgeräusche in Mittelspannungsschaltanlagen, zur Bewertung von Transformatorbrumm oder zur frühzeitigen Identifikation defekter Stufenschalter. Vibroakustische Verfahren nach dem Stand der Technik werden so ergänzt, ohne ihre bisherige Rolle zu verdrängen.

## Bauteilebene und Materialdiagnostik

Auf der Ebene der Bauteilanalyse zielen Projekte wie FA2IR des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS auf die Verbindung zerstörungsfreier Prüfmethoden mit lernenden Algorithmen. Akustische Mikroskopie, Lock-in-Thermografie und mikroskopische Bildgebung liefern hochdimensionale Datensätze, deren Auswertung über Standardroutinen hinausreicht.

Maschinelles Lernen verknüpft elektrische Kennlinien, Signalverläufe, Spektren und Bildinformationen und bewertet Defekte schneller sowie mit reduzierter subjektiver Streuung. Schadensbilder an Halbleitermodulen, an Wechselrichter-Leistungselektronik oder an Sensoren in Schutzgeräten lassen sich so systematisch klassifizieren, sofern eine harmonisierte Datenbasis vorliegt. Genau hier liegt die größere Hürde, da Datenformate, Schnittstellen und Fehlerkataloge in der Branche nicht einheitlich sind.

**Tipp der Redaktion**




**Das Nachschlagewerk für die Elektrofachkraft**

Organisation, Durchführung und Dokumentation elektrotechnischer Prüfungen – „Elektrosicherheit in der Praxis“ unterstützt Sie bei der Umsetzung der Elektrosicherheit in Ihrem Unternehmen.

Jetzt testen!

## Anwendungsfelder in der Netzleittechnik

Die VDE-Studie der ETG zu KI in der Netzleittechnik benennt sieben Anwendungsfelder mit unterschiedlichem Reifegrad. Last- und Erzeugungsprognosen sind im operativen Einsatz

angekommen und nutzen Wetterdaten, Sensorik sowie historische Lastprofile. Die Anomaliedetektion analysiert Messdaten aus Schutzgeräten und identifiziert hochohmige Erdfehler oder Verschmutzungen an Isolatoren, die unterhalb der Auslöseschwelle klassischer Schutztechnik liegen.

Die Angriffserkennung verknüpft Prozessdaten mit Kommunikationsdaten und unterscheidet zwischen technischen Störungen und manipulativen Eingriffen. Die Zustandsschätzung in der Niederspannung kompensiert die geringe Messdichte, indem aus wenigen Messpunkten in Ortsnetzstationen Spannungs- und Lastfluss im gesamten Strang rekonstruiert werden. Erste Feldversuche im BMWK-Vorhaben GridAnalysis erreichen Schätzgenauigkeiten, die in der Größenordnung handelsüblicher Messtechnik liegen. Schutzparameteroptimierung durch Particle Swarm Optimization und zentrale Kurzschlussortung post mortem runden den Werkzeugkasten ab.

## Regulatorischer Rahmen und EU AI Act

Der EU AI Act stuft KI-Systeme zur Verwaltung kritischer digitaler Infrastrukturen sowie zur Strom-, Gas- und Wärmeversorgung als Hochrisiko ein und verlangt nach Artikel 10, 14 und 15 Dokumentationspflichten, Transparenz, menschliche Aufsicht und qualitätsgesicherte Trainingsdaten. Die Definition des KI-Systems folgt der OECD-Sprache und ist weit gefasst, sodass auch Verfahren betroffen sein können, die mathematisch nicht zur engeren KI zählen.

Für Netzbetreiber bedeutet das einen erhöhten Compliance-Aufwand, der in der Bestandssoftware oft mit erheblichen Anpassungen einhergeht. Eine technische Eingrenzung des KI-Begriffs, wie sie die Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz vorschlägt, würde die Lage entspannen. Bis dahin gilt der Grundsatz, dass KI-Lösungen nur nach dokumentierter Risiko-Nutzen-Abwägung in den Betrieb gehen.

## Datenverfügbarkeit, Edge-Computing und Verifizierbarkeit

Die technische Umsetzbarkeit hängt an drei Stellschrauben:

1. an der Datenverfügbarkeit, denn ohne hinreichend umfangreiche, vollständige und aktuelle Trainingsdaten bleibt jedes Modell hinter seinen Möglichkeiten zurück
2. an der Kommunikationsarchitektur, da die Übertragung hochaufgelöster Sensordaten von Feldgeräten in zentrale Leitsysteme schnell an Bandbreitengrenzen der Fernwirktechnik stößt
   Anwendungen mit hoher Datendichte gehören daher in die Stations- oder Feldleitebene, also auf Edge-Hardware nahe der Messstelle. Centralized Protection and Control nach IEC 61850 schafft hier eine Hardwarebasis, die Edge-Computing und maschinelle Auswertung in Schaltanlagen zusammenbringt, ohne den Stationsbus zu überlasten
3. an der Verifizierbarkeit der Modellausgaben, denn ein Modell, dessen Entscheidungen sich nicht gegen ein Referenzverhalten prüfen lassen, taugt nicht für sicherheitsrelevante Aufgaben

## Downloadtipps der Redaktion

Arbeitsanweisung: Spannungsprüfung an Kunststoffkabeln

Hier gelangen Sie zum Download.

Prüfprotokoll für ortsveränderliche elektrische Arbeitsmittel

Hier gelangen Sie zum Download.

Checkliste: Energiemanagementsystem nach DIN VDE 0100-801

Hier gelangen Sie zum Download.

Formular: Bestellung zur Elektrofachkraft

Hier gelangen Sie zum Download.

## Grenzen der Verfahren

Die Schranken liegen weniger in der Algorithmik als in der Integration. Generative Sprachmodelle in Assistenzsystemen neigen zu Halluzinationen, also zu Antworten, die plausibel klingen, sich jedoch nicht aus der Datenbasis ableiten lassen. Retrieval-Augmented-Generation-Systeme mit Zugriff auf interne Vorschriften, technische Dokumentationen und Standards mildern das Problem, lösen es aber nicht.

Für die operative Systemführung bleibt der Mensch die letzte Entscheidungsinstanz, wobei die Bewertungskompetenz des Personals durch Schulungen aufgebaut werden muss. Modelle der zerstörungsfreien Prüfung leiden unter unzureichenden Trainingsdaten, sobald seltene Fehlerbilder auftreten. Anomaliedetektion produziert Falschalarme, sofern Prozess- oder Konfigurationsänderungen nicht in das Trainingsregime einfließen. Predictive Maintenance liefert nur dann verlässliche Aussagen, wenn die Sensordaten in ausreichender zeitlicher Auflösung vorliegen.

## Vertrauenswürdiger Implementierungsprozess

Ein belastbarer Implementierungsprozess orientiert sich an etablierten Verfahren der funktionalen Sicherheit nach ISO 26262-6 und am V-Modell der Softwareentwicklung. Im ersten Schritt entsteht ein Anforderungsprofil mit überprüfbaren Metriken, zulässigen Fehlerquoten, Betriebsbereich und zugrunde liegender Prüfdatenbasis. Es folgt die Modellentwicklung samt Datenaufbereitung, Training und Validierung. Methoden wie physikinformiertes Lernen oder formale Verifikation neuronaler Netze erhöhen die Zuverlässigkeit.

Anschließend prüft ein Abgleich gegen das Anforderungsprofil das fertige Modell, dessen Parameter nach erfolgreicher Prüfung fixiert werden. Im Betrieb übernimmt ein Monitoring die laufende Überwachung. Verschiebt sich der Betriebsbereich oder greift das Anforderungsprofil nicht mehr, wird das Modell zurückgezogen oder überarbeitet. Die Schutzparameteroptimierung zeigt das Vorgehen exemplarisch: Vorschläge eines Particle-Swarm-Optimierers werden gegen ein Netzberechnungsmodell mit definierten Fehlerszenarien geprüft, bevor sie in Schutzgeräte überspielt werden. Die stochastische Natur des Optimierers verliert dadurch ihre Risikodimension, da jede Lösung deterministisch verifiziert wird.

## Praktische Empfehlung und Ausblick

Für die elektrotechnische Praxis ergibt sich ein abgestuftes Bild: Anwendungen mit geringen Fehlerfolgen oder guter Verifizierbarkeit eignen sich für den Einstieg, also für Prognosen, akustische Anomaliedetektion oder die Niederspannungs-Zustandsschätzung. Anwendungen mit kritischen Fehlerfolgen, etwa Adaptivschutz oder geschlossene Regelkreise im Netzbetrieb, benötigen eine umfangreichere Absicherung.

Die Verantwortung für Schutzkonzepte, Schaltungen und Netzzustände bleibt bei der Elektrofachkraft (EFK) und der verantwortlichen Elektrofachkraft (VEFK) nach DIN VDE 1000-10. Neuromorphe Hardware könnte den Energiebedarf maschineller Lernverfahren so weit senken, dass auch dezentrale Anwendungen in Ortsnetzstationen wirtschaftlich tragfähig werden, wobei aktuelle Hochleistungsrechenzentren pro Serverschrank zwischen 40 kW und 100 kW beanspruchen.

Parallel arbeiten Normungsgremien an einheitlichen Datenformaten und Schnittstellen für Fehlerkataloge. Die Bundesnetzagentur dürfte in ihrer Rolle als Marktüberwachungsbehörde die regulatorische Auslegung des AI Act für KRITIS-Betreiber konkretisieren.

## Kurz & knapp

- KI erkennt Anomalien in Stromverteilungen oft früher als klassische Verfahren
- zuverlässige Ergebnisse hängen stark von Datenqualität und Verifizierbarkeit ab
- Falschalarme und ungeklärte Modellentscheidungen bleiben ein Problem
- für sicherheitsrelevante Anwendungen ist KI aktuell nur mit klaren Grenzen einsetzbar
- die Verantwortung liegt weiterhin bei der Elektrofachkraft

## Weitere Beiträge zum Thema

KI-gestützte Fehleranalyse in Stromverteilungen

KI-basierte Stromversorgungssysteme für GPU-Racks und KI-Cluster

Predictive Maintenance in der Energieverteilung: Wie künstliche Intelligenz Stromausfälle verhindern soll

Integration von KI-Edge-Devices in Niederspannungsnetze: EMV-Risiken und Schutzmaßnahmen (Teil 1)

Analyse von Cybersicherheitsbedrohungen in modernen elektrischen Steuerungssystemen

KI-basiertes Lastmanagement für USV-Systeme in Rechenzentren und Industrieanlagen (Teil 1)

**Autor:**

Thomas Joos

freiberuflicher Publizist



Thomas Joos ist freiberuflicher Publizist und veröffentlicht neben seinen Büchern auch Artikel für verschiedene Medien wie dpa, Computerwoche und C't.

Seit seinem Studium der medizinischen Informatik berät er auch Unternehmen im Bereich IT, Security und Absicherung von Rechenzentren.