Integration von KI-Edge-Devices in Niederspannungsnetze: EMV-Risiken und Schutzmaßnahmen (Teil 2)

06.02.2026, 10:00 Uhr
Kommentare: 0
Sicher arbeiten

Teil 2: So gelingt die EMV-gerechte Integration von KI-Edge-Devices in bestehende Anlagen



Störungen vermeiden durch die EMV-gerechte Integration von KI-Edge-Devices in bestehende Anlagen. © B4LLS/iStock/Getty Images Plus

Eine EMV-gerechte Anlage steht und fällt mit einer sauberen Netzstruktur, konsequentem Potenzialausgleich und durchdachter Erdung, das ist auch die entscheidende Grundlage, um empfindliche KI-Edge-Devices störungsfrei in bestehende Anlagen zu integrieren.

Teil 1: KI-Edge-Devices im Niederspannungsnetz: Risiken, Normen und typische EMV-Probleme

Teil 2: So gelingt die EMV-gerechte Integration von KI-Edge-Devices in bestehende Anlagen

Teil 3: EMV dauerhaft sicherstellen: Dokumentation, Prüfungen und Zukunftstrends

Technisch sinnvolle Schutzmaßnahmen zur Störvermeidung und Störfestigkeit

Ein EMV-gerechtes Anlagenkonzept beginnt bei der richtigen Netzstruktur. Wie erwähnt, sollte in Niederspannungsanlagen immer ein TN-S-System realisiert werden, bei dem Neutralleiter (N) und Schutzleiter (PE) im gesamten Verlauf getrennt geführt sind. Durch diese Maßnahme werden vagabundierende Rückströme überleitende Gebäudeteile und

Schirme verhindert, was die Basis für ein störungsarmes Umfeld legt. Falls Altanlagen mit TN-C-Abschnitten erweitert werden, ist eine frühestmögliche Auftrennung des PEN-Leiters in N und PE sinnvoll.

Schutzpotenzialausgleich als EMV-Grundlage

Parallel dazu sollte ein umfassender Schutzpotenzialausgleich im Gebäude oder in der Anlage eingerichtet sein. Alle größeren leitfähigen Teile, Kabeltrassen, Gehäuse, Maschinenrahmen, Verteiler und andere Geräte sind in das Potenzialausgleichssystem einzubeziehen. Best Practice ist ein vermaschtes Potenzialausgleichsnetz mit mehrfachen Verbindungen, ergänzt um einen umlaufenden Potenzialausgleichsringleiter (BRC) in großen Gebäuden oder Hallen. Dieser Ringleiter (oft ein blanker Cu-Leiter, gemäß VDE 0100-444) wird in Bereichen mit vielen elektronischen Geräten installiert und an möglichst vielen Stellen mit dem Haupterdungssystem verbunden. Er schafft eine quasi gleichmäßige Bezugserde und verkürzt die Ableitwege hochfrequenter Störströme. Zudem kann für bestimmte empfindliche Geräte ein separater Funktionserdungsleiter erforderlich sein, um ein gutes Referenzpotenzial zu gewährleisten. Dieser ist dann außerhalb der Schutzleiterführung als rosa markierter Leiter auszuführen.

Stabile Verhältnisse durch Erdungsmaßnahmen

Alle diese Erdungsmaßnahmen, vom Fundamenterder (DIN 18014) über die Haupterdungsschiene bis zu Funktionserden, sorgen für stabile Verhältnisse und leiten Störströme ungefährlich ab. Darauf aufbauend ist die räumliche Trennung von störenden und empfindlichen Verkabelungen ein zentrales Mittel zur Entkopplung elektromagnetischer Felder. Leistungsführende Energieleitungen sollten getrennt von Datenleitungen und Signalkabeln verlegt werden. Wo immer möglich, unterschiedliche Kabeltrassen oder -kanäle zu nutzen, ist dabei eine gute Vorgehensweise. Ist ein gemeinsamer Weg unvermeidbar, sollten die Leitungen zumindest auf Abstand zueinander in separaten Fächern geführt werden. Kreuzungen von Energie- und Datenkabeln sind, falls nötig, möglichst im 90-Grad-Winkel auszuführen, um die Kopplung zu minimieren. Die Norm DIN VDE 0100-444 zeigt hierzu beispielhafte Anordnungen.

Eine sinnvolle Variante ist, Datenkabel in einem oberen Kabelkanal zu führen und Stromkabel mit deutlichem Abstand darunter. Empfindliche Steuerleitungen können zusätzlich durch metallische Trennbleche oder Abdeckungen gegen Einstrahlung abgeschirmt werden. Wichtig ist, dass die Kabelpritschen und metallischen Installationsrohre selbst durchgehend leitfähig verbunden und regelmäßig an den Potenzialausgleich angeschlossen werden. Eine beidseitige Erdung der Kabeltrassen an allen Segmenten stellt sicher, dass sie als durchgehende Schirmung wirken und hochfrequente Störfelder ableiten. So wird aus der mechanischen Tragekonstruktion zugleich ein EMV-Schutzelement.

Downloadtipps der Redaktion

E-Book: „Industrie 4.0 in der Anwendung“

Hier gelangen Sie zum Download.

Unterweisung: Elektrofachkraft/verantwortliche Elektrofachkraft

Hier gelangen Sie zum Download.

Checkliste: Sichere Kabel- und Leitungsanlagen

Hier gelangen Sie zum Download.

Kabelschirmung und Gehäuseabschirmung

Kabelschirmung und Gehäuseabschirmung sind weitere wichtige Maßnahmen. Alle Daten- und Signalverbindungen, die störanfällig sind, sollten nach Möglichkeit geschirmte Leitungen verwenden. Die Schirmgeflechte oder Folienschirme dieser Kabel sollten großflächig mit Erde verbunden werden; idealerweise beidseitig, sofern kein Erdpotenzialproblem entgegensteht. Moderne Anlagen mit durchgehendem Potenzialausgleich erlauben die beidseitige Schirmauflage, was hochfrequente Störanteile sehr effektiv kurzschließt. Bei niederfrequenten Störungen oder Brummproblemen kann ein Ende kapazitiv aufgelegt werden. Doch dies sollte die Ausnahme sein und erfordert Sachverstand. Wichtig ist, dedizierte Schirmanschlusssysteme zu nutzen, damit der Schirmkontakt niederimpedant und langlebig ist. Offene „Zöpfe“ oder provisorische Masseadern sind zu vermeiden. Ebenso sollten Gehäuse von Edge-Devices, sofern sie metallisch sind, an den Schutzerdungsleiter angeschlossen werden. Stahl- oder Aluminiumgehäuse wirken dann als Faradaykäfig und halten äußere Felder fern oder verhindern das Austreten innerer Störstrahlung. Falls die Geräte selbst kein geschlossenes Metallgehäuse haben, kann der Einbau in einen geerdeten Schaltschrank oder ein Metallgehäuse Abhilfe schaffen. Dort ist allerdings zu beachten, dass integrierte Funkmodule noch ausreichend Signal nach außen bekommen.

Filtertechnik

Zusätzlich zur physischen Abschirmung spielt die Filtertechnik eine große Rolle. Netzfilter auf den Versorgungsleitungen der Edge-Geräte unterdrücken sowohl eingehende als auch ausgehende Störspannungen. Viele hochwertige Industrienetzteile haben eingebaute EMV-Filter, doch bei Bedarf lassen sich externe Filter vorschalten. Sie filtern hochfrequente Störanteile und schützen damit die gesamte Anlage vor wechselseitigen Beeinflussungen. Ableitströme können durch geeignete Netzfilter begrenzt werden, sodass Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nicht ungewollt auslösen. Auch auf Datenleitungen können Entstördrosseln oder Ferritkerne helfen, hochfrequente Störungen auszublenden, ohne das Nutzsignal zu beeinträchtigen. Beispiele sind lange Sensorleitungen oder Buskabel, die an der Schaltschrankeinführung einen Ferritclip erhalten.

Überspannungsschutz

Neben Filtern gegen Hochfrequenzstörungen ist auch ein solider Überspannungsschutz zu integrieren. Überspannungsableiter (Surge Protection Devices) gemäß Koordinierung nach

DIN VDE 0100-534 schützen die Edge-Elektronik vor transienten Überspannungen. Diese Blitz- und Überspannungsschutzeinrichtungen sind in EMV-konforme Anlagen einzubeziehen, um die Robustheit gegen seltene, aber heftige Störereignisse zu gewährleisten.

Weitere Maßnahmen

Schließlich gibt es weitere Maßnahmen, die je nach Anwendung sinnvoll sind. So kann durch galvanische Trennung an Schnittstellen verhindert werden, dass Störpotenziale über Steuerleitungen eingeschleppt werden. Eine Segmentierung der Anlage in EMV-Zonen kann hilfreich sein, also räumliche oder schaltungstechnische Trennung von sehr störintensiven Geräten und empfindlichen Geräten. Diese Zonen trennt man dann durch Filter oder Entkopplungsglieder. Für die Funkkommunikation in störbelasteter Umgebung gibt es EMV-gerechte Antennenstandorte. Elektrofachkräfte platzieren WLAN-/5G-Antennen mit etwas Abstand zu massiven Störquellen und führen sie mittels Koaxialkabeln aus dem Schaltschrank nach draußen, um eine bessere Kopplung zur Umgebung zu erreichen.

Tipp der Redaktion



Sicheres Arbeiten an elektrischen Anlagen

- E-Learning-Kurs für Fachkräfte der Elektrotechnik
- Mit Wissenstest und Teilnahmebestätigung
- Sorgen Sie für ein sicheres elektrotechnisches Arbeiten in Ihrem Betrieb.

Jetzt mehr erfahren

Einbindung in bestehende Infrastrukturen ohne EMV-Konflikte

Bei der Nachrüstung oder Erweiterung von bestehenden Niederspannungsanlagen mit KI-Edge-Devices ist besondere Umsicht geboten. Zunächst sollte die EMV-Ausgangslage der bestehenden Anlage analysiert werden. Idealerweise liegt eine EMV-Dokumentation oder zumindest Kenntnis über das EMV-Konzept vor. Wichtige Informationen sind, welche Netzform genutzt wird, wo Schirmung und Filter bereits implementiert sind und ob bestimmte Störungen in der Vergangenheit auftraten. Anhand dieser Informationen kann die Integration der neuen Geräte geplant werden, ohne vorhandene Schwachstellen zu verschlimmern.

Grundlegend ist, nur solche Edge-Geräte einzusetzen, die für die vorhandene Umgebung geeignet sind. In einer Industrieanlage mit vielen Frequenzumrichtern sollten die neuen KI-Geräte unbedingt den Industrienormen (EN 61000-6-2/EN 61000-6-4) entsprechen und ausreichend Störfestigkeit gegen magnetische Felder, transiente Überspannungen und HF-Einstrahlung mitbringen. Umgekehrt darf ein Gerät der Emissionsklasse A (industrielle Umgebung) nicht unbedacht in einem Büro- oder Wohngebäude betrieben werden, da es dort Funkstörungen verursachen könnte. Hier wäre ein Klasse-B-Gerät oder ein zusätzlicher Filter notwendig.

Das ist vor der Installation neuer Module zu beachten

Vor der Installation neuer Module empfiehlt es sich, die vorgesehene Montageposition und Verkabelung zu überprüfen:

- Wo wird das Edge-Device einspeist?
- Befindet es sich nahe an störanfälligen Steuerleitungen oder empfindlichen Messstellen?

Gegebenenfalls sollte der Standort angepasst werden, z.B. weg von einem Schaltschrankfeld mit Leistungsschaltern hin zu einem ruhigeren Bereich; alternativ sollte eine Abschirmung dazwischen vorgesehen werden. Die Kabelwege der Neugeräte sind so zu planen, dass sie nicht parallel über lange Strecken in bestehenden Kabelbündeln mitlaufen, es sei denn, dort ist bereits eine Trennung nach Systemen vorhanden.

Oft lohnt es sich, für neue Datenverbindungen separate Schirmkanäle oder Leerrohre zu nutzen, um ein Übersprechen mit alter Verkabelung zu vermeiden. Falls die Integration drahtloser Edge-Devices geplant ist, muss auch die Funkumgebung berücksichtigt werden. In einem bestehenden WLAN-Netz sollte geprüft werden, ob genügend freie Kanäle/Kapazitäten vorhanden sind oder ob die neuen Geräte auf einem anderen Band betrieben werden können, um Kanalüberlagerungen zu vermeiden. In Industriehallen können viele parallel funktechnisch aktive Geräte ohnehin eine Herausforderung darstellen; hier ist eine Koordinierung mit dem Frequenzmanagement der Anlage ratsam.

Erdungskonzept-Abstimmung bei Erweiterungen

Ein oft unterschätzter Aspekt ist die Erdungskonzept-Abstimmung bei Erweiterungen. Wenn eine neue KI-Steuerbox in einen bestehenden Schaltschrank eingebaut wird, muss sichergestellt sein, dass deren Masse und Schirmanschlüsse korrekt an die vorhandene Erdstruktur angebunden werden. Gibt es im Schaltschrank eine zentrale Schirmschiene? Ist diese mit dem zentralen Erdungspunkt verbunden? Solche Fragen sollten im Vorfeld geklärt werden.

Auch muss ausgeschlossen sein, dass durch die neuen Verbindungen unerwünschte Erdschleifen entstehen; manchmal haben bestehende Anlagen isolierte Schutzbereiche, die man nicht unbedacht mit einer weiteren Erdverbindung versehen darf, ohne das Konzept zu ändern. Im Zweifel sollte der gesamte Potenzialausgleich der Anlage geprüft und verbessert werden, bevor neue Komponenten hinzugefügt werden. Maßnahmen zur EMV-Verbesserung lassen sich oft auch nachträglich einbringen. Man kann zusätzliche Potenzialausgleichsleiter zwischen entfernten Anlagenteilen ziehen, wenn dort zukünftig vernetzte Geräte kommunizieren sollen. Oder man kann ältere Kunststoffkabelkanäle durch metallene austauschen oder mit Metallabdeckungen nachrüsten, um eine bessere Abschirmung zwischen bestehenden Energie- und neuen Datenleitungen zu erzielen. Wichtig ist zudem, nach der Installation eine Überprüfung durchzuführen. Jede Änderung

einer Anlage, die die elektromagnetischen Eigenschaften beeinflussen könnte, muss eigentlich bewertet werden.

Nachdem neue KI-Devices installiert und in Betrieb genommen wurden, sollte man kontrollieren, ob keine ungewöhnlichen Störphänomene auftreten, z.B. mittels eines EMV-Messgeräts oder Spektrumanalysators kann man Störaussendungen an kritischen Punkten prüfen. Auch eine Funktionsprobe aller sicherheitsrelevanten Einrichtungen im Umfeld ist angeraten, um auszuschließen, dass ein neues WLAN-Modul Fehlalarme in einer bestehenden Sensorik auslöst. Alle ergriffenen Maßnahmen und Prüfungen gehören abschließend in die Anlagendokumentation. So wird sichergestellt, dass auch künftige Erweiterungen auf dieses Wissen zurückgreifen können, um EMV-Konflikte zu vermeiden.

Tipp der Redaktion



Sie wollen mehr Infos zu diesem und weiteren Themen?

Dann empfehlen wir Ihnen **elektrofachkraft.de** – Das Magazin:

- spannende Expertenbeiträge zu aktuellen Themen
- Download-Flat mit Prüflisten, Checklisten, Arbeits- und Betriebsanweisungen.

Erste Ausgabe gratis!

Auch als Onlineversion erhältlich. Machen Sie mit beim Papiersparen.

Besondere Herausforderungen durch integrierte Funkmodule (WLAN, 5G, Bluetooth)

Viele KI-Edge-Geräte enthalten Funkmodule zur drahtlosen Kommunikation, z.B. WLAN für die Gebäudevernetzung, Bluetooth für Sensoranbindung oder Mobilfunk/5G für IoT-Anwendungen in der Industrie und Energieversorgung. Diese Funktechnologien eröffnen zwar flexible Einsatzmöglichkeiten, stellen aber zugleich spezielle EMV-Anforderungen. Zum einen wirken aktive Funksender im Gerät als zusätzliche Störquellen. Sie emittieren hochfrequente elektromagnetische Felder, die benachbarte Geräte beeinflussen können. Zwar senden sie auf zugewiesenen Frequenzen und innerhalb zulässiger Sendeleistungen, doch können harmonische Oberwellen oder Nebenaussendungen eines Senders in andere Frequenzbereiche hineinragen.

So könnte ein 2,4-GHz-WLAN-Modul unerwartet ein naheliegendes Funkalarmsystem stören, falls dieses auf angrenzenden Frequenzen arbeitet und nicht gut gefiltert ist.

Gerade in Industrieanlagen, wo neben WLAN vielleicht noch Funkfernsteuerungen, ZigBee-Sensoren oder private 5G-Netze aktiv sind, ist das gleichzeitige Austreten vieler Funksignale ein Thema. Die Koexistenz verschiedener Funksysteme muss daher bei Planung und Parametrierung beachtet werden. Normativ sind Geräte zwar darauf ausgelegt, auch in Gegenwart anderer Sender zu funktionieren, doch in der Praxis häufen sich mit steigender Gerätedichte die EMV-Probleme. Empfangsmodule können sich gegenseitig übersteuern oder durch Intermodulation stören, wenn Antennen sehr nahe beieinander platziert sind.

Zum anderen sind Edge-Devices mit Funk auf eine gute Antenneninstallation angewiesen, um zuverlässig zu funktionieren. Die Antenne sollte so weit wie möglich frei abstrahlen können, damit das Gerät nicht mit erhöhter Sendeleistung kompensieren muss. Montiert man ein WLAN-Modul in einem Stahlschaltschrank ohne Außenantenne, so schirmt das Gehäuse das Signal stark ab. Das Funkmodul wird permanent auf höchster Leistung senden – und dennoch ist die Verbindung schlecht. Außerdem können reflektierte Funkwellen im geschlossenen Metallgehäuse wiederum die eigene Elektronik beeinflussen. Daher empfiehlt es sich, bei funkenden Edge-Geräten auf eine EMV-gerechte Montage zu achten. Entweder sollten Unternehmen ein Kunststoffgehäuse oder Fenster/Aussparungen für die Funkwellen vorsehen oder gleich eine externe Antenne anbringen, die über einen Durchführungsadapter mit Massekontakt nach draußen geführt wird.

Diese Antennen sollten möglichst entfernt von lärmenden Elektromotoren, Frequenzumrichtern oder großen metallischen Flächen positioniert werden, um eine Mehrwegeausbreitung und Störeinflüsse zu verringern. In Gebäuden ist darauf zu achten, dass Funksensoren nicht unmittelbar neben dicken Stromschienen oder in Schächten mit vielen Kabeln platziert werden, denn starke magnetische Felder könnten den empfindlichen HF-Frontend der Module beeinträchtigen. Ebenso ist der Antennenabstand zwischen verschiedenen Funkgeräten wichtig. Mehrere 5G- oder WLAN-Geräte nebeneinander können sich gegenseitig behindern. Daher sollten diese nach Möglichkeit physisch getrennt oder die Sendeleistung so konfiguriert sein, dass keine unnötig hohen Feldstärken am Nachbargerät ankommen.

Zusatzprüfung von Geräten mit Funkmodulen

Ein weiterer Punkt ist die Zusatzprüfung von Geräten mit Funkmodulen. Hersteller integrieren oft vorgeprüfte Funkchips mit eigener CE-Kennzeichnung. Doch sobald das Edge-Device als Gesamtsystem betrachtet wird, müssen sowohl die EMV-Anforderungen als auch die Funkanforderungen eingehalten sein. Bei Inbetriebnahme solcher Geräte sollte man einen Blick in die Konformitätserklärung werfen, ob alle relevanten Normen abgedeckt sind (EN 301489 für kombinierte Funk-EMV-Anforderungen, spezifische Funknormen für WLAN/Bluetooth). Sollte ein Edge-Gerät modifiziert werden, erlischt die ursprüngliche Zertifizierung; dann wären eigentlich eine neue EMV-Prüfung und ein Funktest nötig. In der Praxis lässt man solche Änderungen besser sein oder aber man beschafft direkt ein passendes Gerät.

Insgesamt sind Funk-Edge-Devices technisch beherrschbar, erfordern aber noch eine umsichtige EMV-Planung. Die Vorteile der drahtlosen Kommunikation können nur genutzt werden, wenn eine störungsfreie Koexistenz gewährleistet ist. Das umfasst sowohl Maßnahmen im Gerätedesign als auch im Anlagenlayout. Für die Zukunft wird daran gearbeitet, die Regelwerke kontinuierlich anzupassen, z.B. müssen Normen zunehmend höhere Frequenzbereiche berücksichtigen, da neue Funkdienste in immer höheren Bändern arbeiten. Auch intelligente Sendeleistungssteuerungen werden diskutiert, sodass

Geräte nur so stark senden wie nötig. Aus Sicht der Elektrofachkraft bleibt die Herausforderung, bei jedem funkenden Edge-Device die EMV-Auswirkungen mitzudenken und geeignete Vorkehrungen zu treffen, damit die vorhandene Infrastruktur nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.

Kurz und knapp

- KI-Edge-Devices erhöhen die Komplexität in Niederspannungsnetzen und können zusätzliche EMV-Störquellen erzeugen.
- Eine saubere Planung von Schirmung, Erdung, Leitungsführung und Filtern ist entscheidend für störungsarme KI-Anwendungen.
- Normen wie die EMV-Richtlinie und produktbezogene Prüfstandards bilden den Rahmen für EMV-Sicherheit.
- KI-Komponenten benötigen eine besonders sorgfältige Integration, da sie sensibel auf Störfelder reagieren und selbst hochfrequente Signale erzeugen können.
- Nur ein ganzheitliches EMV-Konzept ermöglicht den zuverlässigen und sicheren Betrieb smarter Edge-Systeme in bestehenden und neuen Anlagen.

Weitere Beiträge zum Thema

Künstliche Intelligenz (KI)

Künstliche Intelligenz: Neuer Schwung für die Energiewende

Predictive Maintenance in elektrischen Anlagen

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

Künstliche Intelligenz im Stromnetz: Chancen, Risiken und neue Kompetenzen

Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Fehlerdiagnose in elektrischen Anlagen

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.