



# Kommunikations- schnittstelle für die Energiesteuerung

Der praktische Einsatz der VDE-AR-E 2829-6 Reihe

Studie

## **Einsatz der VDE AR 2829-6 als Kommunikationsschnittstelle für Energiesteuerung**

Warum die Digitalisierung der Energiewende eine starke und leistungsfähige Kommunikationsschnittstelle für das Niederspannungsnetz erfordert

### **Autor\*innen:**

**EEBus Initiative e.V., Dr. Robert Böhm**

**EEBus Initiative e.V., Dr. George Hallak**

**DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Alexander Nollau**

### **Herausgeber:**

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

DKE Deutsche Kommission

Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Merianstraße 28

63069 Offenbach

Tel. +49 69 6308-0

dke@vde.com

www.dke.de

### **Gestaltung:**

Marc Prinz, Maren Maiwald | prinzdesign Berlin

### **Bildnachweise:**

p. 1: Real / stock.adobe.com

Juli 2023

# Abstract

Der zunehmende Anteil erneuerbarer Energien sowie die fortstrebende Elektrifizierung unserer Welt schaffen neue Kommunikationsanforderungen für die verschiedenen Akteure mit unterschiedlichen technischen Hintergründen.

Für eine breite Akzeptanz muss diese Kommunikation standardisiert sein.

Eine effektive Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren erfordert nicht nur einen standardisierten Datenaustausch, sondern auch, dass die Kommunikationspartner die gleichen Anwendungsfälle bzw. Kommunikationsabläufe unterstützen. Mit Kommunikationsschnittstelle wird die Kombination aus Datenmodell und Transportprotokoll, die für den Datenaustausch erforderlich sind, sowie die entsprechenden Anwendungsfall-Spezifikationen beschrieben.

Um erfolgreich und zukunftssicher zu sein, muss eine solche Kommunikationsschnittstelle sieben Schlüsselanforderungen erfüllen:

1. Technisch standardisiert
2. Einfach zu installieren: Plug & Work vor Ort
3. Ganzheitlich anwendbar
4. Flexibel
5. Zuverlässig
6. Sicherheitskonform für kritische Infrastrukturen
7. In der Breite unterstützt

Die VDE-AR-E 2829-6 Reihe erfüllt alle oben genannten Schlüsselanforderungen und findet heute in zahlreichen Serienprodukten Anwendungen.

## Motivation

Sowohl die Energiewende als auch die Elektrifizierung der verschiedenen Sektoren verändern signifikant den Umgang mit elektrischer Energie.

Einerseits ist die Stabilität der Niederspannungsnetze in einigen Ländern bereits heute schon ein Problem. Mit der rasch zunehmenden Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors wird sich dieser Effekt in Zukunft noch verstärken.

Andererseits entstehen neue Energiegeschäftsmodelle, welche die bidirektionale Flexibilität von Anlagen wie Elektrofahrzeugen oder stationären Batterien nutzen.

Im Prinzip gibt es drei Akteure, die sich über eine standardisierte Kommunikationsschnittstelle untereinander abstimmen müssen:

- Verteilnetzbetreiber (VNB), die für die Stabilität des Niederspannungsnetzes bis zu den Netzanschlüssen der Gebäude verantwortlich sind
- Energiemarktteilnehmer, die im Bereich des Stromverkaufs und der Stromlieferung sowie der Aggregation von Anlagen tätig sind
- Gerätehersteller, die ihre Geräte in ein größeres Energie-Ökosystem einbinden und neue Dienste anbieten wollen

Die VDE-AR-E 2829-6 Reihe standardisiert die notwendige Kommunikationsschnittstelle am und hinter dem Netzanschlusspunkt, um die Entwicklung von energiewirtschaftlichen und herstellerspezifischen Geschäftsmodellen zu ermöglichen, die die physikalischen Grenzen am Netzanschluss einhalten und damit einen stabilen Niederspannungsnetzbetrieb gewährleisten.

# Die sieben wichtigsten Anforderungen an eine erfolgreiche Kommunikationsschnittstelle

## 1) Technische Standardisierung

Zunächst muss eine genormte Kommunikationsschnittstelle herstellerunabhängig sein: Ein größeres Energie-Ökosystem kann nur dann aufgebaut werden, wenn es hersteller- und dienstleisterunabhängig ist und wenn die Implementierungen der Kommunikationsschnittstelle über öffentlich verfügbare Testspezifikationen prüfbar sind.

Damit das Ökosystem aus miteinander vernetzten, energierelevanten und steuerbaren Geräten aus zahlreichen Gebäuden eine kritische Masse erreicht - wie es die sich beschleunigende Energiewende erfordert - muss die Kommunikationsschnittstelle technisch genormt werden, um die Entwicklung von massenmarktfähigen Serienprodukten zu ermöglichen. Langfristig setzt ein erfolgreicher internationaler Normungsprozess voraus, dass eine von den Akteuren der Branche entwickelte De-facto-Norm in eine De-jure-Norm übergeht, d.h. dass die Norm verbindlich wird und von allen Beteiligten akzeptiert wird.

Die Kommunikationsschnittstelle zur Liegenschaft und den darin befindlichen Elementen der Kundenanlagen ist in der VDE-AR-E 2829-6 Reihe veröffentlicht und wird ständig aktualisiert. Die aktuelle Version beschreibt insbesondere Lösungen zur Erfüllung der aktuell vorliegenden Anforderungen des neuen §14a (Leistungslimitierung), des EEG §9 (Einspeiselimiteerung) und zur Steuerung über zeitvariable Strompreise und Netzendgelte.

## 2) Einfache Installation: Plug & Work vor Ort beim Kunden

Diese Anforderung bezieht sich auf ein sich dynamisch entwickelndes Ökosystem, in dem mehr als einfache 1:1-Beziehungen verwaltet und optimiert werden müssen.

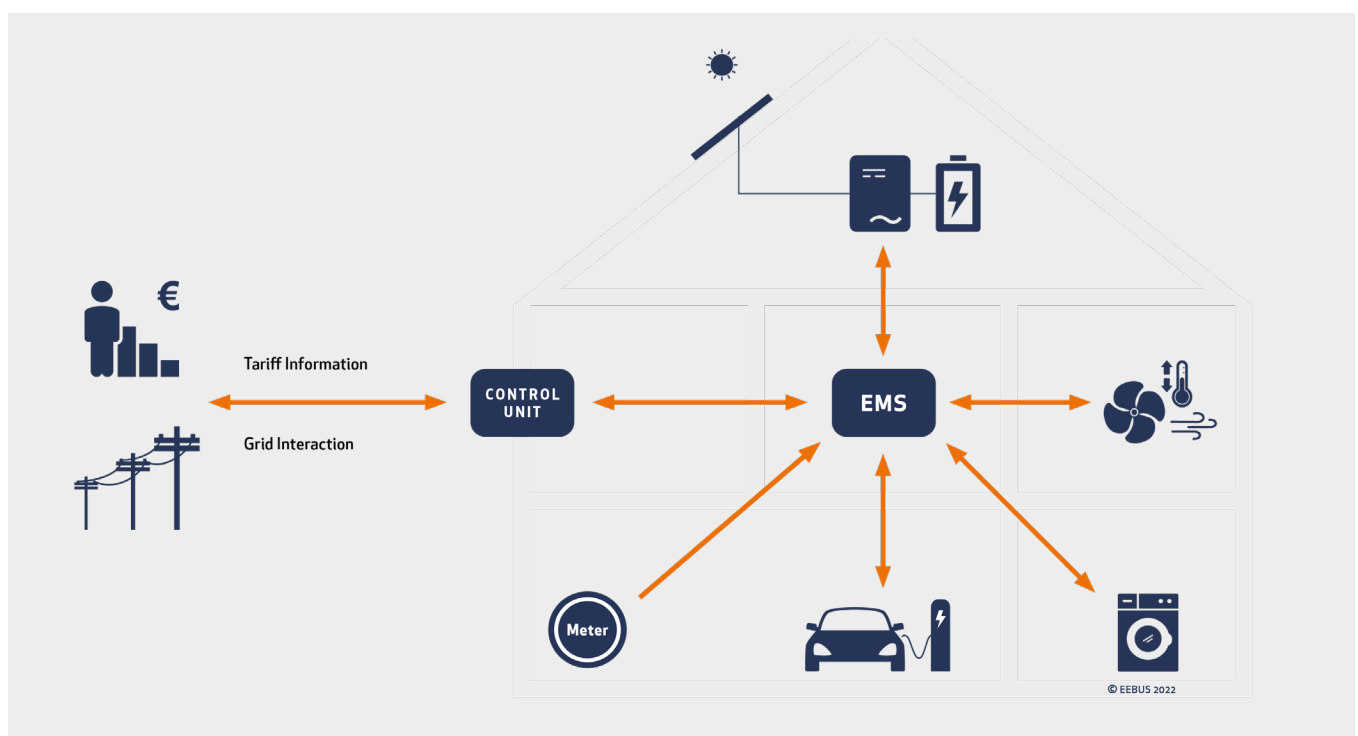


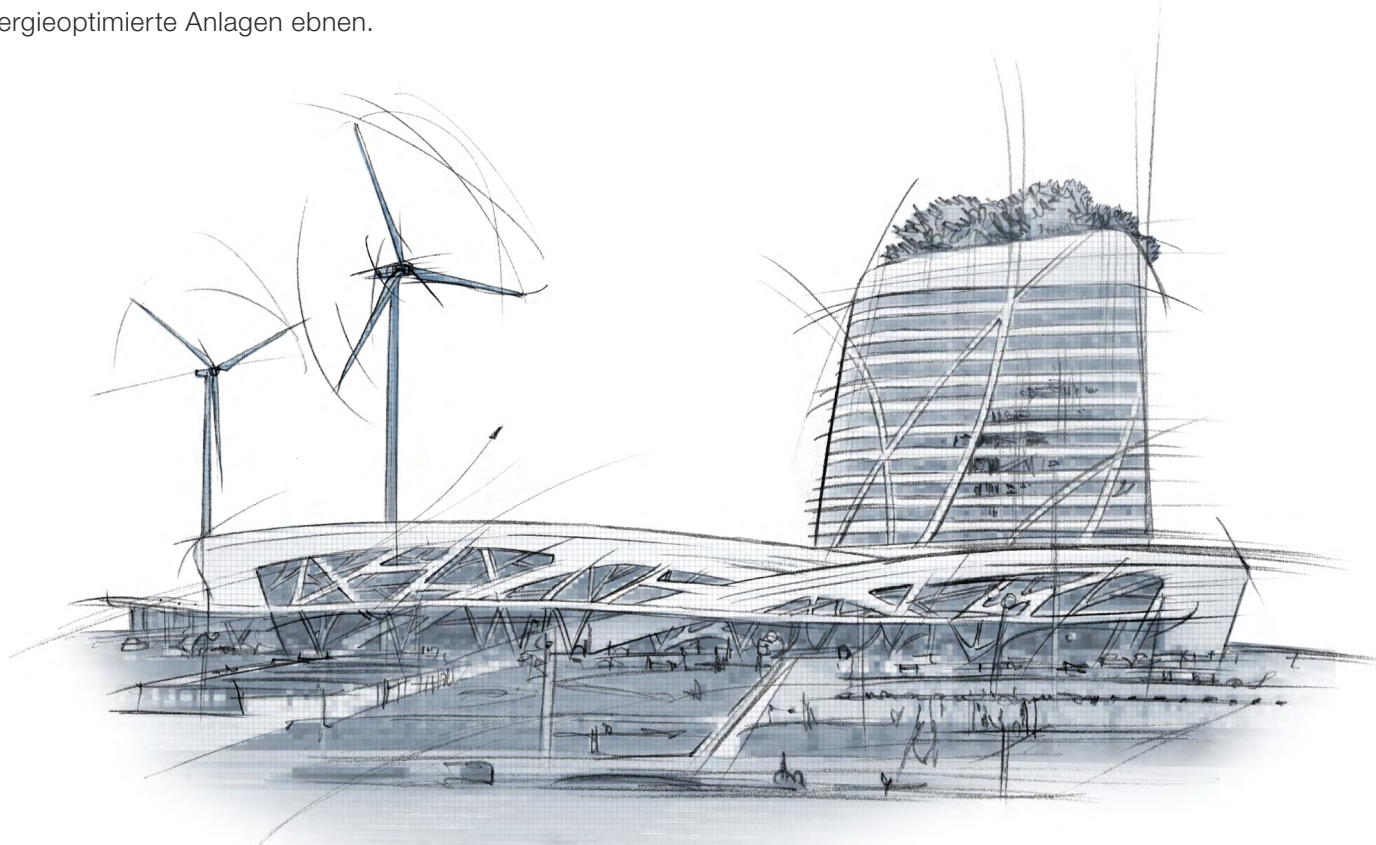
Abbildung 1: Für die Energiesteuerung relevante Systemarchitektur

Betrachtet man das obige Architekturbild, so muss, wenn ein Gebäude mit einem einzelnen Gerät, z.B. einer Ladestation für das Elektrofahrzeug, beginnt, "nur" die Netzinteraktion dieses einzelnen Geräts beachtet werden. Sobald ein oder mehrere andere Geräte, z. B. eine Wärmepumpe, ein stationärer Batteriespeicher, eine PV-Anlage oder steuerbare Haushaltsgeräte hinzukommen, muss das resultierende interagierende System als Ganzes betrachtet und intern so ausgerichtet werden, dass die physikalischen Grenzen des Netzanschlusses eingehalten werden.

Die Plug & Work-Anforderung ist wichtig, um den Anpassungsaufwand zu minimieren, wenn dem System neue Geräte oder Gerätemerkmale hinzugefügt werden. Die VDE AR 2829-6 (Teil 3) beschreibt eine Lösung für diese Anforderung durch einen automatischen Erkennungsmechanismus (self-discovery mechanism) für den Datenaustausch: Geräte können ihre Selbstbeschreibung durch maschinenlesbare Informationen mitteilen, die sich sogar über die Laufzeit ändern können. Dieses Schlüsselement der VDE-AR-E 2829-6 Reihe ermöglicht es dem System, Geräte automatisch zu vernetzen und die Fähigkeiten der Geräte abzufragen. Dieser Erkennungsmechanismus führt zu selbstaktualisierenden Systemen mit vertrauenswürdiger Funktionalität der angeschlossenen Geräte. Ohne einen solchen automatisierten Mechanismus müsste jede Systemverbesserung manuell konfiguriert und anschließend ein neuer Systemtest durchgeführt werden: Die Komplexität würde sich von der Kommunikationsschnittstelle auf die Systemkonfiguration und -validierung verlagern.

Bei der Installation und Inbetriebnahme im Gebäude sollte dem Endnutzer keine allzu hohe technische Expertise abverlangt werden. Dieser möchte lediglich an der Energiewende teilnehmen und zu ihr beitragen. Das Bindeglied ist der geschulte Fachhandwerker, der Geräte wie Ladestationen, Wärmepumpen, PV-Anlagen oder stationäre Speichersysteme installiert und einrichtet: Für eine Masseneinführung müssen die Geräte so konzipiert und mit einer Kommunikationsschnittstelle ausgestattet sein, dass sie einfach zu integrieren sind und von anderen vernetzten Teilnehmern eines größeren Energie-Ökosystems automatisch erkannt werden.

In dieser Hinsicht spielt der beschriebene automatische Erkennungsmechanismus in der VDE AR 2829-6 (Teil 3) eine entscheidende Rolle für die Akzeptanz sowohl bei den Installateuren als auch bei den Endnutzern: Ein automatisierter Plug & Work-Mechanismus, der keine kostspieligen Konfigurationswerkzeuge von Spezialisten benötigt, um Geräte in ein umfassendes Ökosystem zu integrieren, wird den Weg zu einer breiteren Akzeptanz für energieoptimierte Anlagen ebnen.



### 3) Ganzheitliche Anwendung

Alle energierelevanten Geräte aus verschiedenen Bereichen müssen miteinander interagieren können, um die ordnungsgemäße Interaktion mit dem Niederspannungsnetz zu gewährleisten.

Der Teil 3 der VDE-AR-E 2829-6 Reihe ermöglicht eine solche ganzheitliche Anwendung durch Anwendungsfall-Spezifikationen unter Verwendung des domänenunspezifischen Datenmodells SPINE (Smart Premises Interoperable Neutral-Message Exchange). Unabhängig vom Gerätetyp oder der Rolle des Akteurs ist es das generische Datenmodell, das eine breite Palette von Anwendungsfällen ermöglicht.

Außerdem ist die Informationssymmetrie implizit gewährleistet - es gibt keinen einzelnen Informations- und Kontrollpunkt: Jedes Gerät kann energiebezogene Daten über seine implementierten Anwendungsfälle austauschen, unabhängig von der zugrunde liegenden Systemarchitektur. Während die Funktionalität eines Energiemanagementsystems (EMS) für die gleichzeitige Steuerung verschiedener Geräte nützlich sein kann, gibt es Anwendungen, bei denen Geräte direkten Zugang zu den Daten anderer Geräte benötigen. Das Konzept von „Binding“ und „Subscription“ ermöglicht dies:

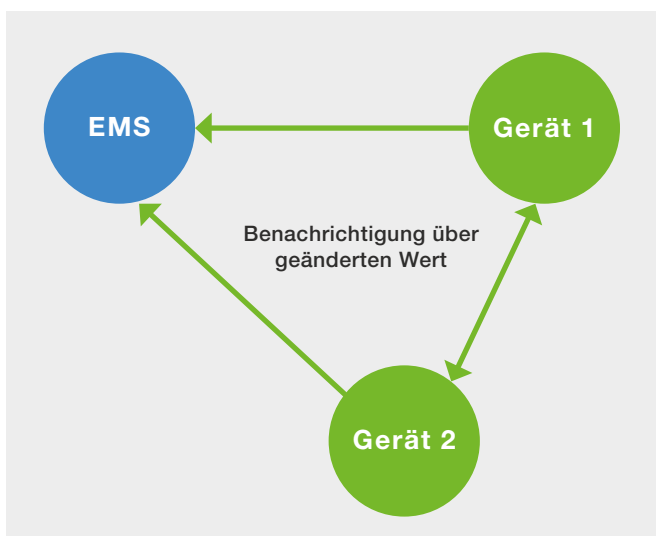


Abbildung 2: Subscription von 2 Geräten

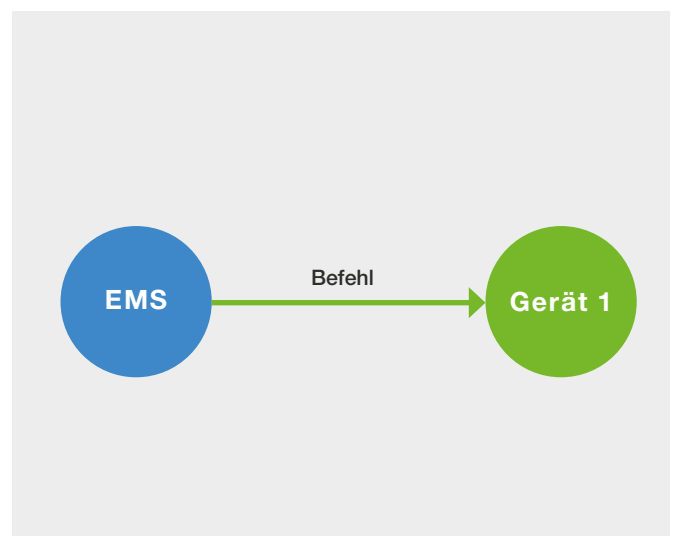


Abbildung 3: Binding von 2 Geräten

Während der Subscription-Mechanismus es verschiedenen Netzteilnehmern ermöglicht, Daten von einem anderen Teilnehmer zu erhalten, kann mit Hilfe des Binding-Mechanismus eine Befehlshierarchie etabliert werden: Eine effiziente Kommunikationsschnittstelle in einem Netz mit zahlreichen Teilnehmern muss sowohl einen gleichberechtigten Datenaustausch als auch die Möglichkeit exklusiver Zugriffsrechte zur Verfügung stellen.

### 4) Flexibilität

Dies ist ein wesentliches und technisch sehr fortschrittliches Merkmal der VDE-AR-E 2829-6 Reihe.

Das zugrundeliegende Datenmodell muss auf ein Höchstmaß an Flexibilität ausgelegt sein:

- Über die Kategorien "Gerät", "Einheit" und "Merkmal" kann jede Art von Gerät mit seinen Funktionalitäten interoperabel beschrieben werden
- Die Bedeutung der auszutauschenden Daten ist impliziter Bestandteil des Datenmodells selbst  
→ Konzept der selbstbeschreibenden Daten

Das SPINE Datenmodell der VDE-AR-E 2829-6 Reihe (Teil 3) definiert Nachrichten und Prozeduren auf Applikationsebene (ISO-OSI Layer 7) und ermöglicht Gerätekommunikation unabhängig vom verwendeten Transportprotokoll. Das SPINE Datenmodell ist nicht nur flexibel in Bezug auf bereichsübergreifende Anwendungen, sondern auch dynamisch in dem Sinne, dass sich Datenpunkte im Laufe der Zeit ändern können: Denken Sie beispielsweise an spezifische Werte von Elektrofahrzeugen, die zwischen einem EMS und einer Ladestation ausgetauscht werden müssen (verschiedene Elektrofahrzeuge mit ihren spezifischen Ladeparametern, die sich zu unterschiedlichen Zeitpunkten an dieselbe Ladestation eines Gebäudes anschließen), um z.B. Phasenoptimierung oder bidirektionales Laden zu unterstützen. Im SPINE Datenmodell der VDE AR 2829-6 (Teil 3) wird diese Dynamik durch eine automatisierte und standardisierte "detailed discovery" berücksichtigt, die eine Maschine-zu-Maschine-Kommunikation der entsprechenden Informationen ermöglicht.

Die oben beschriebene Flexibilität geht auf Kosten der Komplexität des zugrundeliegenden Datenmodells: Um umsetzbare Lösungen zu erschwinglichen Kosten zu ermöglichen, wurde das Konzept der Anwendungsfälle etabliert. Die Datenstruktur dient als Grundlage für die Anwendungsfälle, die nach dem Baukastenprinzip benötigte Elemente auswählen und kombinieren: Diese Anwendungsfälle werden in domänenspezifischen sowie domänenübergreifenden Arbeitsgruppen der Deutschen Kommission Elektrotechnik (DKE) - als auch in den korrespondierenden CENELEC und IEC Gremien - abgestimmt und standardisiert. Das Ergebnis ist ein wachsender Makrokosmos von Anwendungsfällen, bei denen das zugrunde liegende Baukastenprinzip konsistente Kombinationen und Zusammenhänge von Anwendungsfällen ermöglicht.

Schließlich wird die Forderung nach ganzheitlicher Anwendung eines domänenunabhängigen Datenmodells mit modularem Anwendungsfalldesign durch die Erkennung von Anwendungsfällen („use case discovery“) erfüllt: Ohne die Notwendigkeit einer zentralen Instanz teilen die Geräte auf automatisierte Weise die von ihnen unterstützten Anwendungsfälle mit. Diese Informationen können von allen anderen Geräten, die Teil desselben vernetzten Ökosystems sind, gelesen und angemessen interpretiert werden.

Dieses technologische Kommunikationsschnittstellenkonzept mit seiner Flexibilität hat eine Reihe von herausstechenden Vorteilen für die Teilnehmer des vernetzten Ökosystems:

- Nicht jedes Gerät muss jeden Anwendungsfall unterstützen → Es liegt in den Händen des Geräteherstellers zu entscheiden, welche Funktionen er unterstützen möchte, indem er die Anwendungsfälle auswählt, die in sein(e) Produkt(e) implementiert werden sollen
- Auch wenn die Kommunikationsschnittstelle selbst genormt ist, hat jeder Gerätehersteller die Freiheit der Differenzierung → Es gibt keine Einschränkung bei der Produktgestaltung für interoperable Lösungen in Bezug auf Datenelemente
- Durch die Berücksichtigung dynamischer Änderungen in Bezug auf die Gerätefähigkeiten können Aktualisierungen vorgenommen werden, die von anderen Geräten automatisch erkannt werden

Der modulare und flexible Aufbau des Datenmodells ist eine Voraussetzung für die Konsensbildung zwischen den verschiedenen Akteuren: Ohne die ihm zugrunde liegende Komplexität hätten die unterschiedlichen Interessen nicht in gemeinsam abgestimmte und interoperable Anwendungsfälle integriert werden können.

## 5) Verlässlichkeit

Auch die technologisch fortschrittlichsten und wirtschaftlich sinnvollsten Lösungen müssen zuverlässig sein, wenn es um netzrelevante Anwendungen geht. Die Zuverlässigkeit in Bezug auf das Datenmodell wird wie folgt sichergestellt: Anwendungsfälle, die von einer zuverlässigen Verbindung abhängen, implementieren einen Fail-Safe/Watchdog-Mechanismus. Sobald die Kommunikation hinter der Netzverbindung ausfällt, sorgt der Heartbeat-Mechanismus dafür, dass die Geräte in einem Fail-Safe-Modus arbeiten und zum Normalbetrieb zurückkehren, sobald die Kommunikation wiederhergestellt ist.

## 6) Sicherheitskonformität für kritische Infrastrukturen

Ein ausreichend hohes Sicherheitsniveau ist obligatorisch: Im Gegensatz zu komfortbezogenen Smart-Home-Anwendungen werden Energieversorgungssysteme als kritische Infrastrukturen mit hohen Sicherheitsanforderungen eingestuft, um sicherzustellen, dass keine Eingriffe von außen erfolgen.

Die Sicherheitsanforderungen können sich von Land zu Land unterscheiden. Im Prinzip kann jedes Transportprotokoll für die Übertragung des SPINE-Datenmodells verwendet werden. Die VDE-AR-E 2829-6 Reihe hat sich bewusst für einen IP-Ansatz entschieden, genauer für das Transportprotokoll Smart Home IP (SHIP), in Teil 4 beschrieben, um in Bezug auf Cybersicherheit und Energievernetzung innerhalb von Gebäuden die besten Voraussetzungen zu schaffen.

Zum Auffinden und Vernetzen von Geräten verwendet der Erkennungsmechanismus mDNS/DNS-SD (multicast Domain Name System/Service Discovery), während die sichere Kommunikation durch den hochsicheren Kommunikationsstandard TLS (Transport Layer Security) sowie elliptische Kurven ermöglicht wird. Sowohl der Erkennungsmechanismus als auch die verwendeten elliptischen Kurven entsprechen dem neuesten Stand der Sicherheitstechnik gemäß BSI TR-03109. Darüber hinaus sind Fernaktualisierung von Zertifikaten implementiert, die während des laufenden Gerätebetriebs ohne Benutzerinteraktion durchgeführt werden können.

Schließlich ermöglicht ein Vertrauensstufen-Mechanismus den Geräteherstellern eine individuelle Vorabkonfiguration, mit welchen anderen Geräten sich über ein Akzeptanzverfahren (public key) vertrauensvoll verbunden werden soll.

## 7) Breite Unterstützung

Zu guter Letzt muss die VDE-AR-E 2829-6 Reihe von einer breiten Basis unterstützt werden. Sie wurde mit Beiträgen von allen beteiligten Branchenvertretern, einschließlich Verteilnetzbetreibern, entwickelt und behandelt Anwendungsfälle wie Limitierung des Stromverbrauchs/der Stromerzeugung, Überwachung des Stromverbrauchs, und zeitvariable Tarife.

Die VDE-AR-E 2829-6 Reihe hat das öffentliche Einspruchsverfahren durchlaufen und die dort eingegangenen Anmerkungen verarbeitet. Sie ist dadurch allgemein anerkannter Stand der Technik und löst damit Vermutungswirkung nach §49 Energiewirtschaftsgesetz aus.

Sie wird ständig von der DKE Gruppe DKE/AK 901.0.4 gepflegt, mit regelmäßigen Aktualisierungen und Klarstellungen, um Rückmeldungen aus der Industrie zu berücksichtigen.

Die Anwendungen der VDE-AR-E 2829-6-1 werden gerade in IEC/TC57 WG21 internationalisiert, Datenmodelle und Kommunikationsprotokolle sind für die Geräteseite in CENELEC TC/59X (EN 50631 Ed.2) internationalisiert und werden aktuell auch in IEC/TC69 (IEC 63380) internationalisiert.

# Schlussfolgerung

Für die verschiedenen Akteure, welche an der Optimierung der Energieflüsse im Niederspannungsnetz beteiligt sind, ist eine gemeinsame Kommunikationsschnittstelle zur Abstimmung der Interessen die zentrale Voraussetzung für einen standardisierten Datenaustausch. Wenn ein großes Energie-Ökosystem aufgebaut werden soll, das von branchenübergreifenden Akteuren unterstützt wird, muss eine Kommunikationsschnittstelle sieben Schlüsselanforderungen erfüllen: a priori ist eine solche Kommunikationsschnittstelle weit mehr als ein einfaches Datenaustauschformat, sondern ein komplexer und gut abgestimmter Rahmen einschließlich vereinbarter Anwendungsfall-Spezifikationen für definierte Interaktionen. Die VDE-AR-E 2829-6 Reihe erfüllt nicht nur diese sieben Anforderungen, sondern wird bereits in verschiedenen Serienprodukten wie Ladestationen, Wärmepumpen, PV Systemen und Energiemanagementsystemen berücksichtigt.



VDE Verband der Elektrotechnik  
Elektronik Informationstechnik e.V.  
DKE Deutsche Kommission  
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik  
Merianstraße 28  
63069 Offenbach

Tel. +49 69 6308-0  
dke@vde.com  
www.dke.de

**DKE**