# Bedarfsgerechte Ladekonzepte für E-Autos

*B. Rarbach,* Kirchhundem

**Das Zeitalter der Elektromobilität beginnt jetzt. Überall starten Pilotprojekte, um Erfahrungen zu sammeln und Technologien für den Massenmarkt zur Serienreife zu entwickeln. In absehbarer Zeit werden die ersten Serienfahrzeuge auf unseren Straßen zu sehen sein. Noch sind viele Herausforderungen zu bewältigen, aber die Weichen für die Zukunft sind gestellt:**
**Die Frage lautet nicht mehr, ob sich Elektromobilität durchsetzt, sondern wann sie flächendeckend verfügbar sein wird.**



❶ **Autos werden künftig dort aufgeladen, wo sie geparkt sind**

Fotos: Mennekes

## 1 Entwicklung alternativer Antriebskonzepte

Die Reserven an fossilen Energieträgern sind begrenzt. Nach heutigem Stand lassen sich diese voraussichtlich nur noch wenige Jahrzehnte nutzen. Auch wenn Benzin- und Dieselmotoren in den letzten Jahren immer sparsamer und sauberer geworden sind, belasten sie die Umwelt mit Mio. t $CO_2$ und tragen so zum Klimawandel bei. Ein weiterer Aspekt: Durch die wirtschaftliche Entwicklung in Fernost, allen voran China, steigt der Bestand an Fahrzeugen weltweit drastisch. Nach den Prognosen des IWF werden im Jahr 2030 in China mehr Fahrzeuge zugelassen sein als in den USA. Ingenieure und Techniker arbeiten deshalb schon seit Jahren an alternativen Antriebskonzepten: Brennstoffzellen, Hybridantriebe in verschiedenen Variationen und reine Elektroantriebe sind Gegenstand der internationalen Forschung.

### 1.1 Hybridantriebe

Beim reinen Hybridfahrzeug erfolgt die Aufladung der Batterie im Schubbetrieb und durch die Speicherung der Bremsenergie. Beim Plug-in-Hybridfahrzeug kann der Akku des Fahrzeugs auch extern geladen werden. Hybrid-Fahrzeuge mit Range-Extender, einem sogenannten Reichweiten-Verlängerer, fahren in erster Linie elektrisch. Erst wenn der Akku nachlässt, startet der Verbrennungsmotor und erzeugt Strom für den Antrieb. Ein Direktantrieb durch den Verbrennungsmotor ist hier nicht vorgesehen. Diese Version eignet sich beispielsweise für Pendler, denen eine Reichweite von 100 km für den Elektroantrieb vollkommen ausreicht, um ihren Arbeitsplatz zu erreichen oder kurz zum Einkaufen zu fahren. Bei längeren Fahrstrecken oder wenn der Akku leer ist, kommt dann der Verbrennungsmotor zum Einsatz und „verlängert" die Reichweite.

Autor
*Burkhard Rarbach* ist Mitarbeiter der Fa. Mennekes, Kirchhundem.

Hybridantriebe werden solange gefragt sein, bis die Akku- und Motorentechnik so weit fortgeschritten ist, dass einerseits die Reichweite ausreichend und andererseits durch Schnellladekonzepte oder den schnellen Akkuwechsel uneingeschränkte Mobilität möglich ist.

### 1.2 Reine Elektroantriebe

Experten aus Wirtschaft, Politik und Technik sind sich weltweit einig, dass die Zukunft dem Elektroantrieb gehört. Im Masterplan der Bundesregierung, in den politischen Gremien der EU genauso wie in den USA und in Asien – überall wurden die Wegweiser für die automobile Entwicklung in Richtung Elektroauto gestellt. Die Politik sieht den Elektroantrieb in Verbindung mit regenerativen Energien als optimale und umweltfreundliche Lösung (Tafel ❶).

Das Ziel der Entwicklungsbemühungen in der Automobilindustrie ist das reine Elektrofahrzeug. Die Akzeptanz im Markt ist jedoch von der Alltagstauglichkeit abhängig. Im Fahrbetrieb überzeugen Elektrofahrzeuge auf Anhieb: Sie sind leise, emissionsfrei und entfalten ihre volle Kraft bereits aus dem Stand. Der Pferdefuß des Ganzen: Die Reichweite und die Dauer des „Tankvorgangs". An beiden Problemstellungen wird intensiv gearbeitet und es gibt bereits verschiedene Lösungsansätze. Eine Möglichkeit ist der Akkuwechsel. Wenn der Energiespeicher fast leer ist, wird er an geeigneten „Tankstellen" gegen einen anderen ausgetauscht. Die Problematik hierbei: Die Bauform, die Größe und die Anschlussdaten müssten auf wenige Größen beschränkt sein, da es logistisch nahezu unmöglich ist, für jeden Fahrzeugtyp geladene spezifische Akkus in ausreichender Menge vorrätig zu haben.

## 2 Konzepte für Ladestationen

Deshalb wird von den führenden Automobilherstellern und den Energieversorgern ein flächendeckendes Netz an Ladestationen bevorzugt, an denen unterschiedliche, bedarfsgerechte Ladekonzepte angeboten werden. Eine Möglichkeit sind Schnellladestationen, an denen sich das Fahrzeug innerhalb kurzer Zeit „betanken" lässt.

Der Normalfall wird aber die Standardladung sein. Aufgrund des längeren Ladevorgangs werden Elektrofahrzeuge grundsätzlich überall dort an eine Ladestation angeschlossen werden, wo sie parken, also zum Beispiel zu Hause in der Garage, am Einkaufszentrum oder

**Tafel ❶ $CO_2$-Ausstoß unterschiedlicher Antriebe**

Quelle: VBZ NRW

| | Normverbrauch innerorts für 100 km | $CO_2$-Emission in g/km |
|---|---|---|
| **Kraftstoff** | | |
| Benzin | 6,2 l | 147 |
| Diesel | 4,7 l | 125 |
| Erdgas | 5,3 kg | 118 |
| **Elektroantrieb** | | |
| mit Strom aus Braunkohle | 19,6 kWh | 216 |
| mit Strom aus Steinkohle | 19,6 kWh | 176 |
| mit deutschem Strommix | 19,6 kWh | 101 |
| mit regenerativem Strom | 19,6 kWh | 8 |




**❷ Normentwurf der Fa. Mennekes für die internationale Standardisierung des Ladesteckers**
Der „Proximity"-Kontakt sorgt zum Beispiel für die Aktivierung der Wegfahrsperre, der „Control pilot"-Kontakt ermöglicht die Datenkommunikation

auf dem Firmenparkplatz (Bild ❶). Für die Standardladung sind Ladeleistungen von 3,7 bis 22 kW möglich. Das entspricht – abhängig von der Akkukapazität und dem Akkufüllgrad – einer Ladezeit von etwa ein bis acht Stunden. Wer beispielsweise morgens mit seinem Fahrzeug zur Arbeit fährt, es auf dem Firmenparkplatz abstellt und an eine Ladestation anschließt, hat dann im Normalfall ausreichend Zeit, mit geringer Ladeleistung den Akku zu füllen. Wer zum Einkaufen in die Stadt fährt, verfügt vielleicht nur über zwei oder drei Stunden Zeit und wählt eine höhere Ladeleistung.

## 2.1 Einheitliches, genormtes Ladestecker-System

Voraussetzung für das bequeme Laden des Fahrzeugakkus an jedem Ort ist neben einer entsprechenden Infrastruktur der Energieversorger ein einheitliches Ladestecker-System. Nur so wird sich das Elektroauto als Verkehrsmittel der Zukunft durchsetzen können. Die Fa. Mennekes hat die Normierung der Steckvorrichtungen mit vorangetrieben, die zukünftig für eine sichere Handhabung der Ladetechnik sorgen. Das Unternehmen reichte bereits im Jahr 2008 einen Normentwurf beim IEC ein. Dieser war im Frühjahr 2009 die Basis für die Einigung der größten europäischen Energieversorgungsunternehmen und Automobilhersteller auf die grundsätzlichen Eckpunkte für den Ladeanschluss von Elektroautos (Bild ❷). Die internationale Normierung des Steckersystems in der IEC 61851 ist eine zwingende Voraussetzung für grenzenlose Elektromobilität. Der Normentwurf von Mennekes erfüllt dabei folgende Anforderungen:

- Er ist geeignet für Ladeströme von 16 bis 63 A bzw. Ladeleistungen von 3,7 bis 44 kW.
- Er eignet sich für einphasige und dreiphasige Anschlüsse.
- Er ermöglicht die bidirektionale Energieübertragung.
- Er ermöglicht die Datenkommunikation mit dem Fahrzeug.

Der Normentwurf ist auch die Basis für die Anwendungsregel VDE-AR-E-2623-2-2 des VDE, die als nationale Übergangslösung dient. Darauf basierend haben der Ladestecker und die Ladesteckdose die VDE-Zulassung erhalten.

## 2.2 Ganzheitliche Anforderungen

Die Anforderungen an das Gesamtsystem der Lade-Infrastruktur sind komplex. Deshalb wäre es falsch, einen Teilbereich herauszugreifen und sich nur diesem zu widmen; Insellösungen sind nicht zukunftsfähig. Vielmehr muss die Lade-Infrastruktur für Elektroautos aus allen Blickwinkeln betrachtet werden, um eine ganzheitliche Lösung zu entwickeln, die den Anforderungen der Energieversorger, Betreiber und Verbraucher optimal gerecht wird. Hierzu gehören sowohl die Komponenten wie Steckdose, Ladekabel und Fahrzeug-Stecker als auch komplette Ladestationen für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche im gewerblichen und privaten Bereich.

Da zukünftig dort „getankt" wird, wo das Fahrzeug parkt, ist es notwendig, dass der Ladevorgang unbeaufsichtigt erfolgen kann. Eine mechanische Verriegelung stellt sicher, dass die Steckvorrichtungen während des Ladevorgangs nicht getrennt werden können. Diese Verriegelung wird automatisch aktiviert, sobald der Ladevorgang startet und sie wird erst dann gelöst, wenn der Anwender den Ladevorgang beendet. Eine elektrische Verriegelung sorgt darüber hinaus dafür, dass die Steckdose immer spannungsfrei geschaltet ist, solange keine Verbindung zwischen Ladestation und Fahrzeug besteht. So ist sichergestellt, dass von den Steckvorrichtungen keine Gefahr eines Stromschlages ausgehen und dass sie niemals unter Last gesteckt oder getrennt werden können.

Auch an die passive Sicherheit werden Anforderungen gestellt: Ladestationen müssen manipulationssicher sein, unbefugten Zugriff verhindern und eine sichere Bedienung durch den Verbraucher ermöglichen. Darüber hinaus müssen sie so aufgebaut sein, dass sie sich schnell und kostengünstig installieren und warten lassen. Das System sollte selbstüberwachend sein und Störmeldungen an eine Servicezentrale übermitteln können. Durch geeignete Schnittstellen in den Ladestationen kann ferner bei entsprechender Software eine automatische Berechnung der bezogenen Leistung erfolgen. Zukünftige Geschäftsmodelle mit unterschiedlichen Tarifen, die von individuellen Kundenvereinbarungen, Zeit und genutztem Ladestrom oder anderen definierten Parametern abhängen, sind ebenso zu unterstützen.



## 2.3 Einheitlicher Anschluss für alle Ladeströme

Die Stationen für Standardladung ermöglichen Ladeströme von 16 A einphasig bis 32 A dreiphasig, sodass Ladeleistungen von 3,7 bis 22 kW zur Verfügung stehen. Für die komfortable Handhabung durch den Verbraucher sollten alle Ladeleistungen über den gleichen Stecker möglich sein. Die Kommunikation zwischen Ladestation und Fahrzeug erfolgt über zusätzliche Kontakte, die in die Ladesteckvorrichtungen integriert sind. Darüber hinaus sollte zukünftig die Speicherung und bedarfsweise Rückspeisung der Energie ins Netz über die Ladesteckvorrichtungen möglich sein, um Regelenergie für die regenerative Stromerzeugung bereitstellen zu können. Herkömmliche Stecker-/Kupplungssysteme sind für diese bidirektionale Energieübertragung aus Sicherheitsgründen ungeeignet, da nur die Kupplungen über berührungssichere Kontakte verfügen. Die von der Fa. Mennekes entwickelten Ladesteckvorrichtungen hingegen haben berührungssichere Kontakte und können Energie sowohl vom Stromnetz in den Fahrzeugakku übertragen als auch aus dem Fahrzeugakku ins Stromnetz einspeisen.

## 2.4 Lastmanagement durch Energieversorger

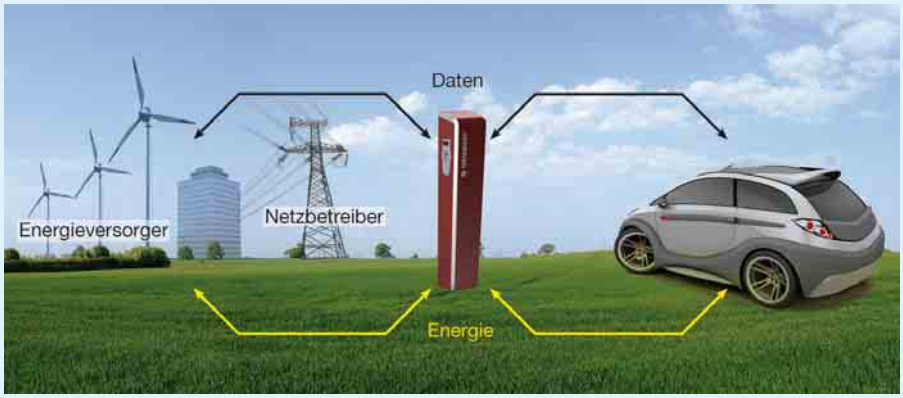
Für die Energieversorger ist es unverzichtbar, bedarfsgerechtes Lastmanagement betreiben zu können. Dazu muss eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation sowie zwischen Ladestation und Energieversorger möglich sein, die ein kontinuierliches Monitoring der Netzbelastung ermöglicht (Bilder ❸ und ❹). Hierbei kann jeder einzelne Ladepunkt abhängig von der eingesetzten Software zentral kontrolliert und gesteuert werden. Eine Zählerabfrage zu jeder Zeit ermöglicht die Optimierung der Lastkurve, indem einzelne Ladepunkte gezielt zu- und abgeschaltet werden. In Pilotprojekten dienen diese Informationen dazu, das Nutzerverhalten zu analysieren und auf dieser Basis den zukünftigen Netzausbau bedarfsgerecht zu planen. Besser als das statische Lastmanagement mit einfachem An- und Abschalten der Ladestationen ist ein dynamisches Lastmanagement, das den Ladezustand und sogar den vom Verbraucher gewünschten Ladegrad berücksichtigen kann. So wird es möglich sein, in Zeiten hoher Netzauslastung nur soviel Energie einzuladen, wie tatsächlich in absehbarer Zeit benötigt wird.

## 2.5 Sicherheit und Komfort für die Verbraucher

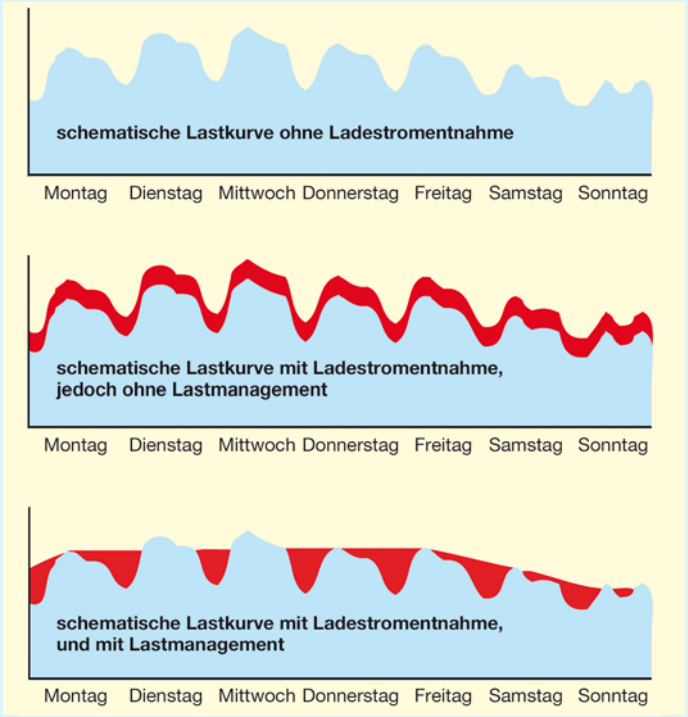
Aus Sicht der Verbraucher müssen Ladestationen überall dort verfügbar sein, wo Fahrzeuge länger parken, zum Beispiel auf Firmenparkplätzen, in Parkhäusern, auf öffentlichen Parkplätzen und natürlich zu Hause. Die Ladestationen müssen sicher und intuitiv bedienbar sein. Der Ladevorgang sollte einfach gestartet werden können und der Akku nach der Rückkehr vom Arbeitsplatz, vom Einkaufen oder von einem Besuch wieder voll oder zumindest so weit aufgeladen sein, dass man sein nächstes Fahrziel sicher erreicht. Damit die Ladetechnik einfach und sicher bedient werden kann, muss sie folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Die Gehäuse der Steckvorrichtung müssen ergonomisch geformt sein.
- Stecker und Steckdose müssen sich intuitiv verbinden lassen.
- Die Steckvorrichtungen in Ladestationen und Fahrzeugen müssen so positioniert sein, dass sie leicht zugänglich und leicht steckbar sind.
- Die Verriegelung und Abdichtung müssen ohne zusätzliche Handgriffe automatisch erfolgen.

Auch für die Anmeldung und Identifizierung an der Ladestation erwartet der Verbraucher einfaches und sicheres Handling. Er möchte sein Fahrzeug überall aufladen können und die Leistung bequem über seinen Stromanbieter abrechnen.




**❸ Energie- und Datenübertragung EVU-Ladesäule-Fahrzeug**
Ladestationen sind das zentrale Bindeglied zwischen Fahrzeug und Energieversorgern. Sie ermöglichen den Informationsaustausch, mit dem intelligentes Lastmanagement und komfortable Abrechnung realisiert werden können




**❹ Intelligentes Lastmanagement ermöglicht eine Glättung der Lastkurve und somit die effektivere Nutzung der Ressourcen**

## 3 Lösungen

Inzwischen konnten in Pilotprojekten Erfahrungen gesammelt und unterschiedliche Lösungsansätze erprobt werden. Im öffentlichen Bereich werden vermutlich in erster Linie Energieversorger und Netzbetreiber für Aufbau und Betrieb der Ladestationen verantwortlich zeichnen, denn Netzinfrastruktur und Ladeangebot müssen aufeinander abgestimmt sein. In diesem Bereich gibt es Parkplatz- und Parkhauslösun-

gen, die entweder als integrierte Ladesäulen oder als Satellitenlösungen mit freistehenden Säulen und Wand-Ladestationen erhältlich sind.




**❺ Ladestationen in unterschiedlichen Farbstellungen und Ausführungen**

## 3.1 Integrierte Ladesäulen

Bei den integrierten Ladesäulen sind alle Komponenten vom Kabel-Hausanschlusskasten über die Kommunikationsschnittstellen bis zur Ladesteckdose in einer Säule untergebracht (Bild ❺). In jeder Ladesäule befinden sich zwei Ladepunkte, sodass bis zu zwei Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden können. Alternativ stehen zwei Steckdosen zur Verfügung: Eine Ladesteckdose nach Mode 3 der IEC 61851 und eine Schuko- oder einphasige CEE-Steckdose. Die Mode-3-Steckdose ermöglicht Ladeleistungen zwischen 3,7 und 22 kW, über die in den Steckvorrichtungen integrierten Zusatzkontakte ist eine Datenkommunikation zwischen Ladesäule und Fahrzeug möglich. Die Schuko- oder wahlweise einphasige CEE-Steckdose ermöglicht Mode-1-Ladungen ohne Kommunikationsmöglichkeit mit der Ladestation. Sie wird zum Beispiel für die Ladung von Elektrorollern genutzt.



**❻ Beim Satellitensystem werden mehrere Ladestationen aus einer gemeinsamen Stromversorgung gespeist**

## 3.2 Intelligente Ladepunkte

Für die komfortable und sichere Bedienung sind die Ladepunkte mit weiteren innovativen Lösungen ausgestattet. Ein RFID-Leser an jedem Ladepunkt gibt den Zugang zur Steckdose frei, wenn sich der Kunde mittels Karte oder einem im Ladestecker integriertem Chip autorisiert. Bis dahin ist der Zugang zur Steckdose verriegelt. Alle Ladesteckdosen können mit einer Hand bedient werden. Der Deckel öffnet sich nach der Autorisierung beim Einstecken des Steckers automatisch. Genauso schließt er nach dem Ziehen des Steckers selbsttätig. Der aktuelle Zustand wird über eine integrierte Farb-LED angezeigt, die gleichzeitig als Beleuchtung dient. Die Bedienerführung sowie Informationen über die bereitgestellte Energie liefert das eingebaute Display.




**❼ Ladestationen zur Wandmontage eignen sich besonders für die Installation in Parkhäusern und Tiefgaragen**

## 3.3 Satellitenlösungen

Bei den Satellitenlösungen befinden sich der Netzanschluss, ein gemeinsamer Smart-Meter und der Controller für die Kommunikation mit dem EVU/Netzbetreiber in einer zentralen Säule. Die Ladestationen sind als Satelliten in Form von freistehenden Ladesäulen (Bild ❻) und als Ladestationen zur Wandmontage (Bild ❼) erhältlich. Die Technik der Ladepunkte ist die gleiche wie bei den integrierten Ladesäulen, sodass Autorisierung oder Anzeige der Ladeinformationen direkt an den Ladesäulen bzw. Wand-Ladestationen erfolgt. In den Satelliten sind auch die Kommunikationsschnittstellen zum Fahrzeug, ladepunktbezogene Sicherungseinrichtungen sowie Smart-Meter untergebracht. Je nach Ladeleistung können bis zu zwölf Ladepunkte von einer Zentrale bedient werden.



BEHA AMPROBE
messbar einfach

Prüfen aller RCD/Fi's
inkl. RCD Typ B




Alle Infos zur Prüfung von RCD Typ B auf:
www.beha-amprobe.de

- Überprüfung aller gängigen RCD/Fi, auch selektiver und allstromsensitiven RCD/Fi (Typ B)
- Messung der Berührungsspannung ohne Auslösen des RCD/Fi-Schutzschalters
- Automatische RCD/Fi-Analyse zur Überprüfung aller Parameter eines RCD/Fi
- Kurvenform vorwählbar für Wechsel-, Pulsstrom und allstromsensitive RCD/Fi
- Integrierter Steckdosentest mit Berührungselektrode zur schnellen Ermittlung falsch angeschlossener Steckdosen bzw. fehlendem Schutzleiter

BEHA-AMPROBE GmbH
In den Engematten 14 · 79286 Glottertal
Tel.: 07684/8009-0 · Fax: 07684/8009-410
E-Mail: info@beha-amprobe.de
Internet: www.beha-amprobe.de



❽ Die Home Charger für den privaten Bereich lassen sich zukünftig in die Gebäudesystemtechnik integrieren. Ladezustand und -fortschritt können so bequem aus der Wohnung überwacht werden

### 3.4 Lösungen für den privaten Bereich

Auch die für den privaten Einsatzbereich entwickelten „Home Charger“ zeichnen sich – genau wie die Ladestationen für den öffentlichen Sektor – durch intelligente Detaillösungen aus, die die Bedienung erleichtern und den Ladevorgang komfortabel gestalten (Bild ❽). Home Charger werden typischerweise eingesetzt in der Garage, im Carport oder am Wohnhaus. Sie ermöglichen Ladungen gemäß Mode 3 der IEC 61851 von 16 A einphasig bis 32 A dreiphasig. Das Ladekabel ist fest an die Ladestation angeschlossen. Eine Anbindung an das Smart Home und KNX/EIB-Systeme zur Steuerung und Kontrolle des Ladevorgangs aus dem Wohnbereich wird zukünftig möglich sein.

## 4 Fazit

Sicherlich wird es noch einige Zeit dauern, bis elektrisch angetriebene Fahrzeuge das Straßenbild beherrschen. Es stellt sich heute jedoch nicht mehr die Frage, ob die Elektromobilität sich durchsetzt, sondern wann mit Lösungen für den Massenmarkt zu rechnen ist. Die Antwort hierauf hängt von vielen Faktoren ab. Pilotprojekte laufen bereits in vielen Regionen. Die Autohersteller planen, in absehbarer Zeit Serienfahrzeuge anzubieten. Was noch fehlt, sind leistungsfähige Akkus zu Preisen, die Elektrofahrzeuge auch von der Kostenseite wettbewerbsfähig machen. Damit eng verbunden ist auch die Entwicklung von leistungsfähiger Ladetechnik sowie der Aufbau einer flächendeckenden Lade-Infrastruktur. ■

# Diagnostische Isolationsprüfung in der Praxis

*J. Göbelhaider,* Oberursel

**Bereits in einem sehr frühen Stadium kann die „Diagnostische Isolationsprüfung“ potenzielle Fehler in der Isolation erkennen – und zwar lange bevor sie teure Schäden anrichten. Eine neue Generation von Prüfgeräten analysiert mit verschiedenen Prüfmethoden den aktuellen Zustand der Isolation. Mit Hilfe dieser Daten lassen sich präzise Prognosen für die Zukunft anstellen, um rechtzeitig Gefahren und folgenschwere Ausfälle zu vermeiden.**

## 1 Wiederholte Prüfungen mit verschiedenen Methoden

Mit 60 % sind Fehler in der Isolation die weitaus häufigste Ursache für Ausfälle in elektrischen Anlagen. Genaue Informationen über die Qualität der Isolation bilden darum einen wichtigen Bestandteil in wirkungsvollen Wartungsprogrammen. Bisher werden nach einer Isolationswiderstandsprüfung Bewertungen wie „gut“ oder „schlecht“ abgegeben. Doch wie aussagekräftig kann so eine vage Bewertung wirklich sein? Bietet die Note „gut“ wirklich keinen Grund zur Sorge? Warum ist die Isolation eigentlich schlecht?
Antworten können nur wiederholte Prüfungen aus verschiedenen Prüfmethoden liefern. Außerdem sind regelmäßige Messungen die beste Art, um Informationen zu erhalten, mit denen Ausfälle in Anlagen (und mitunter auch deren dramatische Folgen) auf ein Minimum beschränkt werden können. Darüber hinaus erleichtern sie die Planung von Wartungsprogrammen und bringen verlässliche Hinweise – auch wenn über kostenintensive Investitionen zu entscheiden ist.

## 2 Grundlagen der Prüfung mit DC-Hochspannung

Sobald eine Spannung am Prüfobjekt anliegt, kann der induzierte Strom gemessen werden. Der Widerstand lässt sich einfach mit dem Ohmschen Gesetz berechnen. Doch in der Praxis ist das nicht immer ganz so einfach, weil der induzierte Strom in Wahrheit aus vielen verschiedenen Strömen besteht und zwar aus dem

- kapazitiven Ladestrom
- Absorptions- (oder Polarisations-) Strom
- Kriechstrom
- Oberflächen-Kriechstrom.

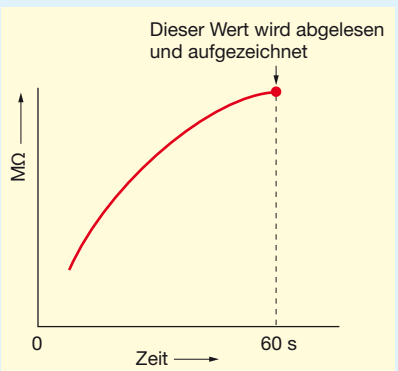
Meist fällt der kapazitive Ladestrom schnell ab, sobald Spannung anliegt. Der Absorptionsstrom fällt dagegen langsamer, da die Moleküle des Dielektrikums polarisiert werden. Sind diese zwei zeitabhängigen Komponenten des Stroms schließlich abgeklungen, bleiben nur noch der Kriech- und der Oberflächenkriechstrom übrig. Diese Ströme sind richtig einzuschätzen und entsprechende Diagnosetechniken anzuwenden, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Neuere Isolationsprüfgeräte versetzen den Prüfer genau in diese Lage, da sie die Isolationsqualität exakt aufzeigen.

Autor
*Jürgen Göbelhaider* ist Geschäftsführer der Fa. Megger, Oberursel.

## 3 Methoden der diagnostischen Isolationsprüfung

### 3.1 Punktmessung

Die Kurzzeit- oder Punktmessung ist die gängigste Isolationsprüfung, doch ihr Ergebnis ist lediglich auf eine Gut/Schlecht-Aussage beschränkt. Für eine festgelegte kurze Zeitdauer – empfohlen werden etwa 60 s – liegt die Prüfspannung an. Bild ❶ zeigt eine Zeit/Widerstandskurve. Das Ergebnis der Prüfung lässt sich in der Regel nicht als absoluter Wert für den Isolationswiderstand betrachten. Der Messwert wäre einerseits kleiner, wenn er früher erfasst, und andererseits größer, wenn er später erfasst worden wäre. Es ist auch wichtig zu bedenken, dass Feuchtigkeit und Temperatur die Prüfergebnisse erheblich beeinflussen können.




❶ Klassische Einpunktmessung