

# Forschungsreport

zum Schlussbericht des AiF-Forschungsvorhabens 11892N

## Entwurf und Test von Kommunikationsschnittstellen für die digitale Leittechnik von Mittelspannungsanlagen

Die zukünftige Normenreihe IEC 61850 soll die Grundlage für die offene Kommunikation im Bereich der Stationsautomatisierung sein. Voraussetzung für ihre weltweite Akzeptanz ist die Harmonisierung mit dem konkurrierenden Entwurf UCA von EPRI. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Leistungsfähigkeit und die Machbarkeit der Lösungsansätze überprüft. Die Erkenntnisse sind unmittelbar in die IEC-Normungsarbeit eingeflossen und haben wesentlich zu Ihrer Qualität beigetragen. Das Vorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) unter der Projektnummer 11892N gefördert.

### Ausgangssituation

Derzeit wird im TC 57 der IEC ein Kommunikationssystem für die gesamte digitale Leit- und Schutztechnik in Schaltanlagen der elektrischen Energieversorgung erarbeitet, das international als Normenreihe IEC 61850 standardisiert werden soll. Parallel zu den IEC-Arbeiten und mit einem ähnlichen Scope führt in den USA das Electric Power Research Institute (EPRI) im Auftrag der amerikanischen Energieversorgungsunternehmen ein F&E-Projekt mit der Bezeichnung Utility Communication Architecture (UCA) durch. Die Standardentwürfe von IEC und EPRI versprechen beide eine durchgängige und offene Kommunikation in Schaltanlagen und beinhalten jeweils ein Daten- und ein Dienstmodell. Die Datenmodelle beschreiben die Daten der Felder inklusive der Schutz- und Steuerungsfunktionen. Die Dienstmodelle beschreiben die erforderlichen Dienste zum Austausch der Daten (Meldungen, Befehle, etc.) zwischen den Geräten bzw. Funktionseinheiten der Sekundärtechnik sowie den Geräten der Primärtechnik, d.h. Sensoren und Aktoren.

### Forschungsziel

Ziel des Projektes war es, die vorliegenden Normentwürfe zu vergleichen und hinsichtlich Machbarkeit, Einsetzbarkeit und Funktionalität insbesondere für die in Deutschland üblichen Schaltanlagen zu überprüfen. Folgende Anforderungen sollten überprüft und gegebenenfalls umgesetzt werden:

- Fehlerfreiheit der Modelle,
- Vollständigkeit der Modelle bezogen auf die heute vorhandenen Funktionalitäten einer Schaltanlage,
- Unbeschränkte Erweiterbarkeit der Modelle,
- Durchgängigkeit vom Prozess bis zur Leitstelle,
- Trennung der Applikation (Datenmodell) von der Kommunikation (Dienstmodell) und von der verwendeten Kommunikationstechnologie,
- Berücksichtigung der Anforderungen der Energieversorgungsunternehmen entsprechend der Publikation „Empfehlungen für die digitale Stationsleittechnik“ der VDEW,

- Einsetzbarkeit von Feld- und Stationsgeräten verschiedener Hersteller innerhalb einer Station (Interoperabilität),
- Überprüfung der Tauglichkeit von Ethernet als Stationsbus.

## Lösungsweg

Das Projekt ist in vier voneinander abhängige Teilaufgaben gegliedert:

### Erstellung der Funktionsspezifikation und Modellierung einer Referenzanlage

Um die Modelle von IEC und UCA überprüfen zu können wurde zunächst eine typische Mittelspannungsstation als Referenzanlage für das gesamte Projekt definiert. Die Anlage besteht aus drei identischen Abgangsfeldern (Bild 1). Die Konfiguration der Sekundärtechnik zeigt Bild 2: Jedem Feld wird ein kombiniertes Feldleit- und Schutzgerät zugeordnet, für die gesamte Anlage ist ein Stationsleitgerät vorgesehen. Für die auszutauschenden Daten und die Anforderungen an das Leitsystem wurde eine Funktionsspezifikation erarbeitet. Auf dieser Grundlage wurde die Referenzanlage jeweils gemäß den Entwürfen von IEC und UCA modelliert.

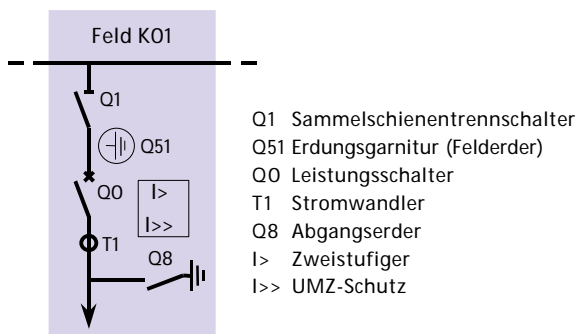


Bild 1 Referenzfeld

### PC-Simulation der Referenzanlage

Die Eignung von Ethernet als Stationsbus kann am zweckmäßigsten anhand einer Simulation beurteilt werden. Dazu wurden das Stationsleitgerät und die Kombigeräte mit den Modellierungen aus der ersten Teilaufgabe mit Hilfe von PCs simuliert und die Kommunikation über das Ethernet-Netzwerk untersucht (Bild 3). Die einzelnen Komponenten der Simulationssoftware auf PC 1 sind: Die Benutzeroberfläche zur Auslösung von Kommunikationsaktivitäten (HMI), die Simulation des Stationsleitgerätes (SSLG), das System zur Inspektion von gesendeten bzw. empfangenen Datenobjekten (BEOS), das Interface UCA.2/MMS und der Kommunikationsstack nach ISO/OSI sowie der Treiber für den Zugriff auf das physikalische Medium. Die Simulation der Kombigeräte ist entsprechend aufgebaut. Es wurden Standardkommunikationsstacks des amerikanischen Marktes verwendet, da IEC-basierte Software noch nicht verfügbar war. Dies ist für die Bearbeitung der Aufgabe jedoch ohne Bedeutung.

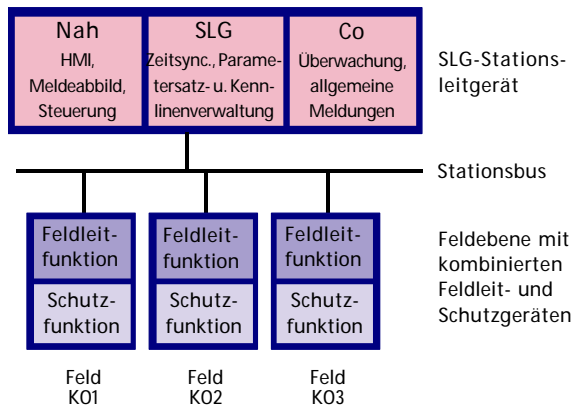


Bild 2 Konfigurator für die Sekundärtechnik

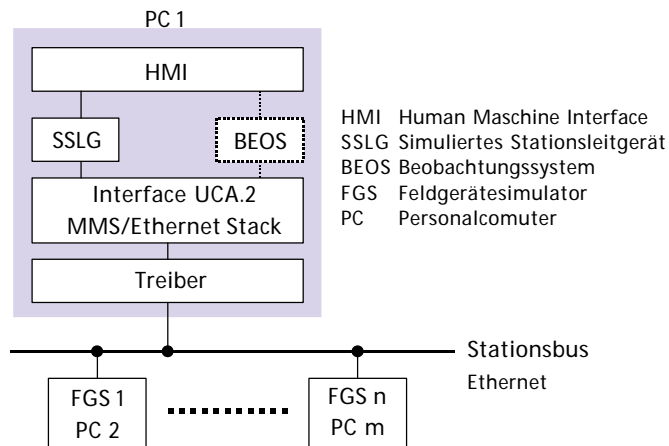


Bild 3 Simulationsaufbau

### Aufbau von Pilotsystemen mit Prototypen

Der Hauptteil des Projektes bestand aus dem Aufbau und anschließenden Test von Pilotsystemen auf der Grundlage von IEC 61850. Hierfür haben die am Projekt beteiligten Hersteller ABB, ALSTOM und Siemens jeweils markteingeführte kombinierte Feldleit- und Schutzgeräte mit neu entwickelten Kommunikationsschnittstellen nach IEC 61850 versehen und für das Projekt zur Verfügung gestellt. Damit wurden zwei Pilotsysteme aufgebaut (Bild 4): Das erste System verwendet Profibus/FMS als Stationsbus in Verbindung mit einem Stationsleitgerät von Siemens. Im zweiten System wurde Ethernet/MMS als Stationsbus und ein Stationsleitgerät von ABB verwendet. Vervollständigt wurden die Pilotsysteme durch eine Prozesssimulation d.h. die Nachbildung der Komponenten der Referenzfelder entsprechend Bild 1.

### Untersuchung und Test der Pilotsysteme

Die Tests dienen der Überprüfung, ob ein Gerät oder System einer Spezifikation oder einer Norm entspricht bzw. der Aufdeckung von Fehlern jeglicher Art. Dazu wurde eine entsprechende Testspezifikation entworfen. Zur Durchführung der verschiedenen Tests wurden Analyser und Simulatoren als Testtools eingesetzt. Dabei handelt es sich um Software, die auf einem PC installiert und in das zu testende System integriert wird. Mit dem Analyser wird der Datenverkehr des Netzwerkes "mitgehört" und ausgewertet (Bild 5), um die Einhaltung des

vorgegebenen Datenmodells und den Ablauf der Übertragungsdienste zu überprüfen. Mit dem Simulator wird je nach zu prüfendem System entweder ein Client oder ein Server nachgebildet (Bild 6). Jedes benötigte Telegramm kann mit Hilfe des Simulators erzeugt und gesendet werden, auch mit Fehlern für den Negativtest.

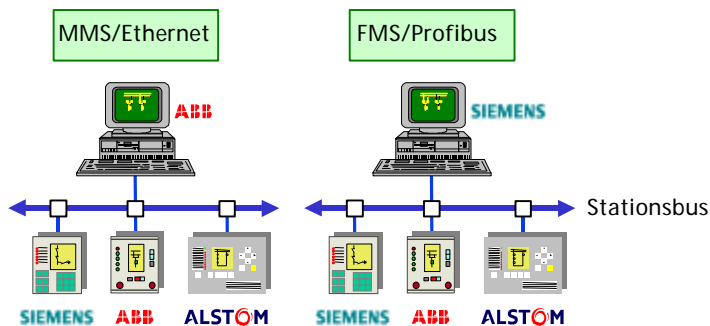


Bild 4 Pilotensysteme

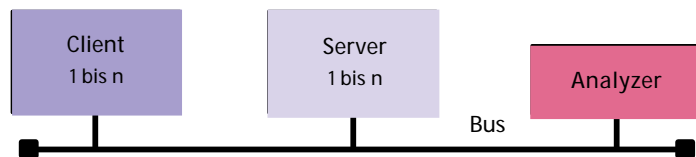


Bild 5 Einsatz eines Analyzers

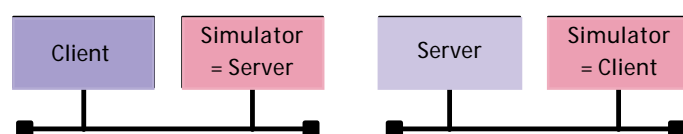


Bild 6 Einsatz von Simulatoren

## Forschungsergebnis

Durch die enge Zusammenarbeit mit Netzbetreibern, Mitgliedern der zuständigen IEC-Gremien und Herstellern sind die Ergebnisse direkt in die internationalen Normungsgremien eingebracht worden um einen auch für den deutschen Markt zukunftsweisenden internationalen Standard zu erreichen. Insbesondere ist auch ein Beitrag zu den Bemühungen um die Harmonisierung der Normentwürfe von IEC und EPRI geleistet worden.

### Vergleich von UCA und IEC 61850

Der Vergleich der amerikanischen mit den europäischen Anforderungen an die Stationsleittechnik hat deutliche Unterschiede aufgezeigt. Ein Problem des amerikanischen Ansatzes ist die geräteorientierte Modellierung. Dies bedeutet, dass jedes neue funktionserweiterte Gerät, das in Zukunft auf dem Markt angeboten wird, neu modelliert und in den Standard aufgenommen werden muss. Einige der für den deutschen Markt üblichen Informationssequenzen lassen sich mit UCA Version 2 nicht vollständig modellieren. Als Beispiel sei die Steuerung eines Schaltgerätes genannt. Im Falle, dass der Schalter sich nach einem Befehl nicht bewegt, wird in gebräuchlichen Leitsystemen eine entsprechende Fehlermeldung gesendet. Hierauf wird der Schaltwärter bei der UCA-Variante allerdings vergeblich warten. Dementsprechend sind die unterschiedlichen Ansätze für die Objektmodelle und Kommunikationsdienste des UCA und des IEC Entwurfes nur mit großem Aufwand zu harmonisieren.

Die Funktionsanalyse der kombinierten Feldgeräte hat gezeigt, dass die Anforderungen der Netzbetreiber, die in den VDEW-Empfehlungen festgehalten sind, zum großen Teil abgedeckt werden.

### Stationsbus

Die bei der Realisierung der Profibus-Schnittstelle gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, dass das Mapping von IEC 61850 auf Profibus einfach möglich ist. Hierfür lag ein Vorschlag für den Teil IEC 61850-8 vor, der jedoch von den IEC-Gremien abgelehnt worden ist. Profibus/FMS wird daher nicht Teil der zukünftigen Normenreihe IEC 61850 sein.

Die Simulationen haben ergeben, dass Ethernet grundsätzlich als Stationsbus in allen Stationen aller Spannungsebenen tauglich ist. Die Forderung, dass ein Stationsbus deterministisch, also ein definiertes Zeitverhalten haben soll, kann durch den Einsatz bestimmter Ethernet-Komponenten (sog. Switches) erreicht werden. Zeit- sowie Performance-Probleme sind nicht zu erwarten, da die Ethernet-Technologie ausreichende Bandbreiten zur Verfügung stellt. Die Frage der Wirtschaftlichkeit wurde im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht, jedoch können bewährte und kostengünstige Standardkomponenten aus dem Industriebereich eingesetzt werden und schon heute bieten immer mehr Hersteller entsprechende Komponenten für die Stationsleittechnik an.

Durch den Einsatz von Ethernet/MMS können alle Möglichkeiten des neuen Standards IEC 61850 genutzt werden. Die Übertragung der Geräte-Selbstbeschreibung für das Online-Engineering eines Stationsgerätes ist nur eine der möglichen Optionen. Weiter verbindet Ethernet mit seinen übergeordneten Protokollen die Firmennetze mit der Automatisierung und ermöglicht durch globale Vernetzungsmöglichkeiten den Aufbau von Ferndiagnose- und Fernwartungs-Systemen.

Die gewünschte Interoperabilität wird jedoch nicht automatisch durch den jeweils verwendeten Kommunikationsstack sichergestellt. Dazu sind ergänzende Festlegungen in der Norm erforderlich, die insbesondere das Zeitverhalten und die notwendigen Regeln für die identische Adressierung der Informationsobjekte umfassen. Diese Festlegungen werden im Teil 6 „Engineering“ und im Teil 5 „Kommunikationsanforderungen“ der Normenreihe IEC 61850 genormt.

#### Testverfahren

Erfolgreich verlaufene Konformitätstests von unabhängigen Prüfstellen sind Voraussetzung für das störungsfreie Zusammenarbeiten verschiedener Geräte innerhalb eines heterogenen Systems. Entsprechend dem Umfang der Normenreihe, stellen diese Tests erhebliche Anforderungen. So ist ein erfolgreich absolvierter Protokolltest, wie z.B. bisher bei der Norm IEC 60870-5-103 üblich, nicht mehr ausreichend.

Aufgrund des erheblich höheren Automatisierungsgrades und des dadurch erhöhten Datenaufkommens können Konformitätstests für IEC 61850 nicht mehr „von Hand“ durchgeführt werden. Das Datenvolumen und die Kombinationsvielfalt bedingen eine Automatisierung der Testabläufe. Im Fall der Überprüfung, ob die ausgetauschten Daten konform zur Norm sind, ist dies einfach zu bewerkstelligen. Im Fall der Überprüfung der Interoperabilität sind weitere Untersuchungen notwendig, um den Testaufwand in einem zeitlich und wirtschaftlich vertretbaren Rahmen zu halten.

#### Eignung von IEC 61850

Im Verlauf des Projektes, insbesondere bei der Erstellung und dem Test der Prototypen wurden zahlreiche Mängel der Entwürfe aufgedeckt und entsprechende Verbesserungen vorgeschlagen. Insgesamt wurden aus dem OCIS-Projekt ca. 300 Kommentare erfolgreich in die IEC-Normungsarbeit eingebracht. Dies hat zu einer wesentlichen Qualitätsverbesserung geführt.

Vorteile der zukünftigen Normenreihe IEC 61850 sind u.a. die Unabhängigkeit von jeglicher Kommunikationsschaltungen, die Trennung der Daten von den Diensten und der Kommunikation sowie das objektorientierte Datenmodell. Damit sind Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit gewährleistet. Mit diesen Eigenschaften kann der Normentwurf IEC 61850 nicht nur die heutigen Anforderungen abdecken, sondern wird auch für zukünftige Anforderungen gerüstet sein.

#### Ausblick

Die Erfahrungen mit der Realisierung der Kommunikation gemäß IEC 61850 für die Prototypaufbauten haben gezeigt, dass ein normungsbegleitendes Pilotprojekt maßgeblich und positiv die Qualität des Standardentwurfs beeinflusst.



Die digitale Stationsleittechnik wird zukünftig verstärkt genutzt werden, da zusätzlicher Funktions- und Informationsbedarf aufgrund von Netzoptimierungsaufgaben bzw. aus Anforderungen des deregulierten Marktes entsteht. Der enorme Kostenverfall allgemein verfügbarer Lösungen aus dem Bereich der Büro- und Fertigungsautomatisierung wird den Einsatz weiter begünstigen. Die digitale Stationsleittechnik stellt die Plattform dar, bisher autonom betrachtete und realisierte Funktionsbereiche wie Automatisierung, Schutz und Zählung in ein Systemkonzept zu integrieren. Durch Einbeziehung der Sensorik rückt die Stationsleittechnik direkt an den Prozess. Die Rationalisierungspotentiale sind jedoch nur dann nutzbar, wenn sowohl die Betreiber als auch die Hersteller durch Normung, Standardisierung und Typisierung die langfristige Einsetzbarkeit der Systeme erreichen.

Die Anzahl der Funktionen, die in die digitale Stationsleittechnik integriert wurden, ist beachtlich. Neben der Steuerung und Überwachung sind dies z.B. die Fernwirknotenfunktion, die Spannungsregelung oder die Synchronisierung. Allerdings kommunizieren diese Funktionen in proprietären System herstellerspezifisch. Sie sind verschieden strukturiert und gestaltet. Eine Norm für alle Kommunikationsaufgaben in der Station wird auch die Vereinheitlichung der Funktionen, d.h. deren Erscheinungsbild an den Kommunikationsschnittstellen, erzwingen. Das wiederum wird zu einheitlichem Engineering und somit zu Kostensenkungen für die Betreiber führen.

#### Weitere Informationen

Für weitere Informationen stehen Ihnen zur Verfügung:

Dr.-Ing. W.-H. Wellßow    Telefon 0621/8047-102  
Dipl.-Ing. J. Wolters     Telefon 0621/8047-186

#### Bezugsquellen

Der Schlussbericht kann auf Anfrage bei der FGH angefordert werden.

#### Impressum

Herausgeber  
Forschungsgemeinschaft  
für Elektrische Anlagen  
und Stromwirtschaft e. V.



Hallenweg 40, 68219 Mannheim  
Tel. 0621/80 47-101, Fax 0621/80 47-113  
Internet: <http://www.fgh-ma.de>  
E-Mail: [fgh@fgh-ma.de](mailto:fgh@fgh-ma.de)  
Verantwortlich: Dr.-Ing.W.H. Wellßow

Mitglied der  
Arbeitsgemeinschaft industrieller  
Forschungsvereinigungen

