

Neue Normen für SCADA-Aufgaben – Offene Objektmodelle, Konfiguration und Kommunikation nach IEC 61850 und IEC 61400-25

Dipl.-Ing. Karlheinz Schwarz
Schwarz Consulting Company, SCC
Im Eichbaeumle 108
76139 Karlsruhe

schwarz@scc-online.de
www.scc-online.de

Die Normen IEC 61850 „Communication networks and systems in substations“ und die zukünftige auf IEC 61850 basierende Norm IEC 61400-25 „Communications for monitoring and control of wind power plants“ definieren umfangreiche Datenmodelle, Kommunikationsdienste, Kommunikationsnetzwerke und Konfigurationshilfen für alle gängigen SCADA-Aufgaben. Mit diesen Normen wandern SCADA-Funktionen von zentralen SCADA-Systemen direkt in die Automatisierungsgeräte. Die Prozessdaten werden in den prozessnahen Geräten verdichtet – ein schneller Austausch von großen Mengen roher Prozessdaten wird beispielsweise durch spontane Meldungen von Zustandsänderungen und Grenzwertverletzungen oder durch eine Archivierung von Meldungen und Änderungen im Automatisierungsgerät selbst abgelöst. IEC 61850 wird neben dem Einsatz in Schaltanlagen und Windenergieanlagen auch bei Wasserkraftwerken, Power Quality und weiteren dezentralen Energieerzeugern wie Brennstoffzellen und Dieselgeneratoren Anwendung finden.

1. Geschichte

Der Versuch Ende der achtziger Jahren, mit MAP (Manufacturing Application Protocol) Informationen verschiedener Anwendungen, Kommunikationsmechanismen und einen einzigen Protokollstack zu normen, ist während der neunziger Jahre von den Feldbusaktivitäten verdrängt worden. Interbus, Profibus, Ethernet und viele andere genormte Busse haben sich beim Datenaustausch auf längere Sicht durchgesetzt. Einheitliche Informationsmodelle und „höhere“ Kommunikationsmechanismen sind weitgehend auf der Strecke geblieben beziehungsweise wurden – wenn überhaupt – feldbusspezifisch definiert. Die „Vielheit“ der Busse wird von einer noch viel größeren Zahl von Konzepten für die Definition und Beschreibung von Informationen und Funktionen übertroffen. Die Anzahl der Konzepte scheint nur durch den Einfallsreichtum der Entwickler beschränkt zu werden.

Die großen „Bus-Feldzüge“ sind offensichtlich Geschichte. Es scheint nur Gewinner gegeben zu haben – jedenfalls melden sich die Verlierer (darunter viele Anwender) kaum zu Wort. Vielleicht sind die letzteren deshalb so stumm, weil sie glauben, dass mit der Verbreitung der Internettechnologien diese „Feldzüge“ in Zukunft irrelevant seien. Die großen „Feldzüge“ sind vorüber (das ist die gute Nachricht) – sie werden allerdings von einem Kampf „jeder gegen jeden“ auf einer anderen Ebene abgelöst.

Mit Hilfe von Web- und Internettechnologien entwickeln neuerdings ganze Heerschaaren ihre „anwendungsspezifischen Konzepte“ für die Definition und den Austausch von Produkt- und Prozessinformationen. Die in und über Geräte an den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus eines Geräts sind nur selten kompatibel. So entstehen Systeme und Geräte, die sich trotz (oder gerade wegen) Ethernet, TCP/IP

und XML nicht verständigen können. Für eine funktionierende Sprache sind neben der Notation und den Syntaxregeln (XML und XML-Schema) vor allem die Begriffe, die Wörter oder die Benennungen – die Informationsmodelle – notwendig, um überhaupt eine sinnvolle Verständigung zwischen Anwendungssystemen zu ermöglichen. Der von den Systemen und Geräten „beherrschte Wortschatz“ ist maßgeblich für den Grad der Verständigung!

Im neuen Jahrtausend scheinen viele Anwender „ihr Konzept“ gefunden zu haben. Die Adam Opel AG in „Ethernet statt Feldbus“ [1], BMW in „Steuern nur über den Feldbus“ [2], andere sehen in der Norm IEC 61131 (SPS-Programmierung), im Field-Device-Tool-Konzept (FDT), in OPC, in ASAM, in CMD, in ProfiNet oder in sich widersprechenden Geräteprofilen das richtige Konzept. Ganz zu schweigen von den vielen, die private XML-Filestrukturen definieren und damit ihre flexiblen Konzepte gefunden haben.

Während bei den meisten Konzepten mit Ethernet und Internet die räumlichen Grenzen der Feldbuskommunikation überwunden werden, wird der Umgang mit den verschiedenen Sprachen an den „Enden der Verbindungen“ zu einem zentralen Problem der Kommunikation. Jedes Konzept hat seine eigene Sprache. Und auf einmal treffen über Ethernet und TCP/IP alle Konzepte an einem „Ende einer Verbindung“ aufeinander – zum Beispiel in den Leitrechnern! Der Vergleich mit dem Einsturz des Turms von Babylon drängt sich auf. Er hat zur sprichwörtlichen "Babylonischen Sprachverwirrung" geführt. Der Vergleich hinkt allerdings – die Sprachverwirrung in der Automation ist schon heute Realität, bevor der „eine Turm“ oder die „eine Sprache“ in Aussicht ist. Der „eine Sprache“ für die Automation wird es wohl kaum geben. Das Motto könnte lauten: „Wenige durchgängige Konzepte für alle“ anstatt „Jedem sein eigenes Konzept“.

2. Eine neue Norm für eine alte Aufgabe

In der Zwischenzeit wurde im Bereich der Energieversorgung die Norm IEC 61850 (Communication networks and systems in substations) erstellt. Mit dieser Norm ist das Ziel eines durchgängigen Konzepts – zumindest für die Automatisierung von Energieversorgungssystemen – erreicht. Im Gegensatz zur Feldbusnormung wurde bei der Norm IEC 61850 der Ansatz „Top-down“ verfolgt – anstatt für den „Bottom“ mehr als zehn konkurrierende Busse zu normen.

Die Norm IEC 61850 setzt die Reihe der erfolgreichen Normen des IEC TC 57 (Power Systems) konsequent fort. Die positiven Erfahrungen mit den beiden Normenreihen IEC 60870-5-101 (-104) für das Fernüberwachen und Fernwirken und IEC 60870-6 TASE.2 für die Leitstellenkopplung sind direkt in die Entwicklung der Norm IEC 61850 eingeflossen. In beiden ersten Reihen (wie überhaupt in den meisten Kommunikationsnormen) fehlen allerdings die Informationsmodelle und weitere Fähigkeiten, die das Engineering drastisch vereinfachen und die eine echte Interoperabilität ermöglichen.

Die Norm IEC 61850 schafft Abhilfe durch geeignete allgemeine und schaltanlagen-typische Festlegungen. Die Informationsmodelle, die je nach Anwendungsbereich einfach erweitert werden können, und das vereinfachte Engineering sind entscheidend für die Akzeptanz der Norm in anderen Bereichen. Das IEC TC 88 (Wind Turbine Systems) erarbeitet zur Zeit die auf IEC 61850 aufbauende Norm IEC 61400-25 für die Kommunikation zum Überwachen und Steuern von Windenergieanlagen. Der

erste Committee Draft wurde im Juli 2003 veröffentlicht. Wichtige Festlegungen betreffen die Informationsmodelle aller wesentlichen Komponenten der Windenergieanlagen wie Turbine, Generator, Rotor, Konverter und andere. Es ist zu erwarten, dass IEC 61850 auch für Wasserkraftwerke erweitert wird. Die Gas- und Wasserindustrie prüfen ebenfalls den Einsatz der Norm IEC 61850.

Die Norm IEC 61850 definiert eine breite Palette typischer Prozessinformationen und viele – bisher außerhalb der Geräte vorhandene – typische Zusatzinformationen (Metadaten). Zum Austausch der Prozessinformationen bietet die Norm IEC 61850 einheitliche Mechanismen wie spontanes Melden von Änderungen, Steuern und Logbuch zur Verfügung. Die genormte XML-basierte Konfigurationssprache unterstützt das Engineering und das Konfigurieren der Geräte bezüglich der Prozess- und Zusatzinformationen und der Kommunikationsparameter. Damit lassen sich interoperable Geräte mit kompatiblen Prozess- und Zusatzinformations-Modellen bauen.

Die Norm ist so definiert, dass er auf der einen Seite die speziellen Anforderungen der Schaltanlagenautomatisierung erfüllt – wie die Informationsmodelle beispielsweise für einen Leistungsschalter, einen Transformator oder für Schutz- und Steuerinformationen. Auf der anderen Seite sind diese "Spezialitäten" weitgehend isoliert (IEC 61850-7-4). Der größte Teil der Norm wie die Modellierungssprache (in IEC 61850-7-4, -7-3, und -7-2), die Konfigurationssprache (IEC 61850-6), die Kommunikationsmethoden (IEC 61850-7-2) und die Kommunikationsprotokolle und -netze (IEC 61850-8-1) ist unabhängig von spezifischen Anwendungen. Diese allgemeinen Festlegungen können überall dort eingesetzt werden, wo es darum geht, strukturierte und allorts anzutreffende Prozessinformationen genormt zu definieren, zu beschreiben (Metadaten) und unter Echtzeitbedingungen auszutauschen.

Als allgemeine Kommunikationsmethoden sind die üblichen und weit verbreiteten Verfahren realisiert: direkter Zugriff (Lesen und Schreiben), Melden (spontan und zyklisch; mit Änderungsüberwachung), Sequenzen von Ereignissen (ohne Verlust von Ereignissen – sequence-of-events), Ereignissarchive in den Geräten, Steuern, Konfigurieren und Auslesen der Selbstidentifikation und -beschreibung der Geräte. Die von den Informationsmodellen und Kommunikationsmethoden unabhängigen Kommunikationsprotokolle und -netze sind ebenfalls separiert, so dass standardisierte Protokolle, verschiedene Kommunikationsnetzwerke oder einfache Punkt-zu-Punkt-Verbindungen eingesetzt werden können.

IEC 61850 erfüllt bekannte und neue Anforderungen hinsichtlich der Informationsmodelle (Prozess- und Zusatzinformationen), der Konfiguration und der Kommunikation. Durch die konsequente Trennung der Informationsmodelle von den Kommunikationsstacks, ist eine Norm entstanden, die sowohl anwendungsspezifische als auch sehr viele allgemein wiederverwendbare Festlegungen enthält. Damit bildet diese Norm zukünftig auch die Basis für das Fernwirken und Fernüberwachen, für die Kommunikation für Windenergieanlagen und viele andere Anwendungen.

Hersteller wie ABB, Alstom, IDS, General Electric, VATECH SAT, Siemens, ... haben eine breite Palette IEC 61850-konformer Produkte für 2003/2004 angekündigt.

3. Offene Informationsmodelle

Die Internettechnologien wie XML (Extended Markup Language) und TCP/IP werden bei der Vereinheitlichung in der industriellen Automation oft als Wundermittel ange-

sehenen. Mit TCP/IP und Ethernet lassen sich Daten global zwischen intelligenten Geräten austauschen. Wie die Datenströme mit sinnvollen Bedeutungen (Inhalten) versehen, wie sie kodiert und „verpackt“ werden können, wird von mehreren miteinander konkurrierenden alten und neuen Konzepten unterschiedlich festgelegt.

Nach dem „Brockhaus in einem Band“ ist die „Normung in der Industrie die Vereinheitlichung von Benennungen, Kennzeichen, Formen, Größen, Abmessungen und Beschaffenheit von Industrieerzeugnissen, mit dem Ziel der Verringerung der Sortenzahlen, einfacheren Lagerhaltung, Verbilligung der Herstellung, leichteren Ersatzbeschaffung und Austauschbarkeit. Normen sind verpflichtende Empfehlungen.“

Die Normung von Feldbussen hat wesentlich zur Vereinheitlichung und damit zur Rationalisierung beigetragen! Einfache „Formen“ und „Größen“ sind in Normen vereinheitlicht. Viele Busse unterstützen die „Formen“ Integer, Bit, Array von Integer und Array von Bits. Die „Größen“ sind 1 bis n (beim AS-Interface ist $n=4$). Weil die meisten Busse im wesentlichen nur diese einfachen Formen (oder Formate) verwenden, ist die Austauschbarkeit von Bussen leicht möglich. Zum Beispiel kann der Interbus in vielen Fällen Profibus DP und umgekehrt ersetzen. Einige Busse bieten weitere Formate und Funktionen an wie Eingangswert oder Ausgangswert, Freezevalue oder Forcevalue. Spezielle Busse wie das AS-Interface definieren anwendungsspezifische „Benennungen“ für Sensoren und Aktuatoren wie Schaltsignal, Warnsignal oder Tasterabstand.

Als „verpflichtende Empfehlung“ zur Lösung der Sprachverwirrung können die Feldbusnormen trotzdem kaum dienen. Welche der 11 Lösungen der internationalen Feldbusnorm IEC 61158 ist empfohlen? Zudem sind die oberhalb der Busse angesiedelten busspezifischen Sprachkonzepte der einzelnen Konsortien unterschiedlicher als die Busse selbst.

Die „Benennungen“, mit denen die Bedeutung und Funktionen (Semantik) der Daten definiert werden, liegen im allgemeinen außerhalb der Geräte und Systeme. Welche Bedeutung die Integer und Bits haben, ist in fast allen Fällen in schwer verständlichen oder kaum zugänglichen „Dokumenten“ (Quellprogramme oder im Kopf des Programmierers) verborgen. Normen, die über die trivialen Formate (Binär- und digitalisierte Analogsignale) und Funktionen (zyklischer Austausch) hinausgehen, sind in Zukunft erforderlich. Genormte Benennungen, Kennzeichen, Formen und Größen sind (bis auf die trivialen „Formen“ Integer und Bit) kaum definiert oder bekannt. Obwohl sich die Integer und Bits von einem Bus allgemein leicht auf die Integer und Bits eines anderen Busses abbilden lassen, sind Gateways relativ einfach, wenn Informationen lediglich gelesen oder geschrieben werden müssen. Soll allerdings die Semantik mit abgebildet werden, dann sind Gateways überfordert. Die Semantik wird in der Regel in Form von Signallisten auf Papier ausgetauscht. Die Listen werden dann für die Projektierung des nächsten Zielsystems neu eingegeben. Das kann sich wiederholen, wenn dessen Informationen anderen Systemen zur Verfügung gestellt werden müssen – eine sichere Fehlerquelle!

Mit den IEC-61850-Konzepten werden vor allem solche Festlegungen getroffen, die sich mit der Zeit nicht oder nur geringfügig verändern: die Informationsmodelle der allgemeinen Anwendungen. Ein Strom-Messwert in A (A =Ampere) bleibt ein Strom-Messwert in A, egal, ob in der Energieversorgung oder in der Automobilindustrie, oder ob sich die Automatisierungstechnik verändert. Die Normung dieser allgemeingültigen Begriffe behindert keine Innovationen. Ganz im Gegenteil erlaubt sie die Kosten für die Integration deutlich zu senken. Mit den eingesparten Kosten können die

die Anwendungen wie beispielsweise Energiemanagementsysteme innoviert werden. Das hilft nochmals Kosten – die Energiekosten – zu reduzieren. Ein doppelter Gewinn!

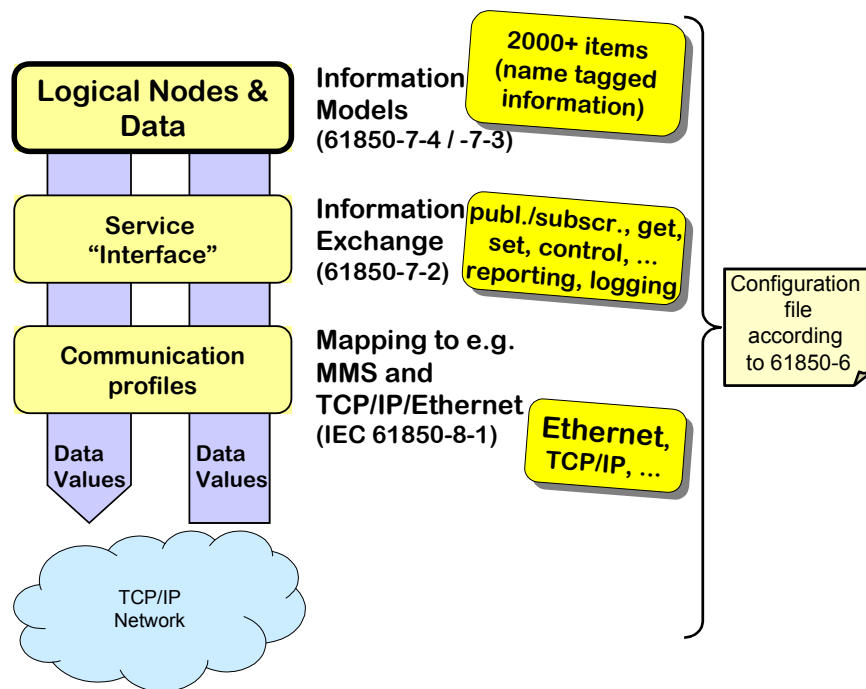


Bild 1 – Die Ebenen der Norm IEC 61850

IEC 61850 definiert nach Bild 1 vier voneinander unabhängige Ebenen:

- **Genormte Informationen** (für Leistungsschalter, Messwerteinheit, Messwerte, Status, Steuerung, Metadaten, ...) mit Selbstbeschreibung (IEC 61850-7-4); genormte Informationen bauen auf einem Satz von etwa 20 allgemeinen Basisdatentypen (Status, Messwert, Zählwert, ...) auf (IEC 61850-7-3); einige genormte Informationen sind schaltanlagen-spezifisch andere sind allgemein.
- **Genormte Funktionen** (für freizügigen Zugriff auf Werte, Melden von Werten und Archivieren/Abfragen von Werten, ..., Steuern von Geräten) (IEC 61850-7-2).
- **Genormte Netzwerke** für den Nachrichtenaustausch im engeren Sinne. Die Standardfunktionen, die Standardinformationen und jede andere Information können über verschiedene Kommunikationssysteme kommuniziert werden (IEC 61850-8-1/-9-1/-9-2 oder nach IEC 61400-25: IEC 60870-5, OPC XML-DA, Web-services und DNP).
- **Genormte Konfiguration** für die vollständige Beschreibung eines Gerätes. Die Norm IEC 61850-6 bietet eine XML-basierte Systembeschreibungssprache (Substation Configuration Language, SCL), mit der genormte Konfigurationsdateien erzeugt werden können. Diese können von den Geräte selbst oder zumindest von dem zum Gerät gehörenden Konfigurationswerkzeug und dem Systemkonfigurator interpretiert werden.

Bild 3 stellt das Konzept der Virtualisierung dar. Die realen Geräte werden bezüglich der Informationen, die für den Betrieb der Anlage benötigt und ausgetauscht werden

müssen, in einem Logischen Gerät beschrieben. Die Norm hat nahezu 100 Logische Knoten definiert, die je nach Anwendung zu Logischen Geräten konfiguriert werden.

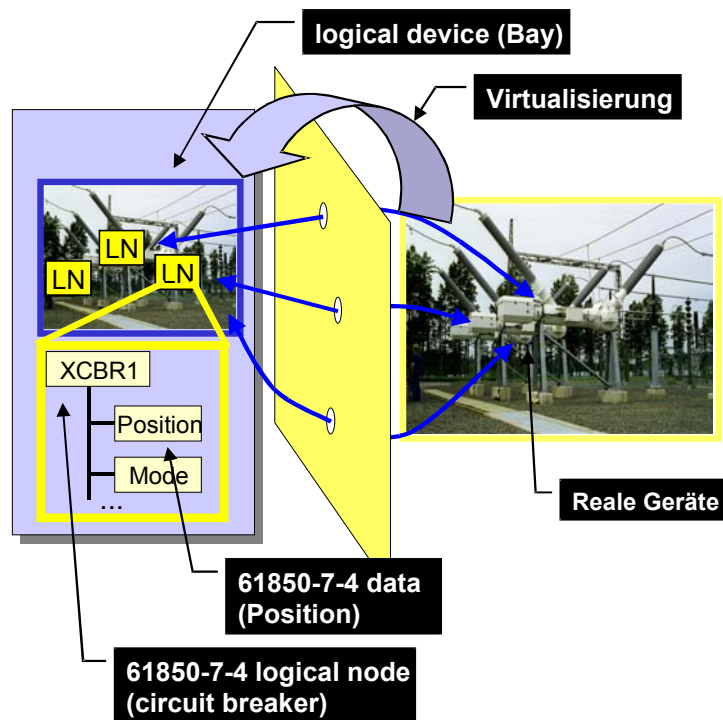


Bild 3 – Virtualisierung

Ein anderes Gerät kommuniziert nun ausschließlich über den Logischen Knoten beziehungsweise erhält Informationen (Meldungen etc.) ausschließlich über Logische Knoten. Die realen Informationen, die von den Logischen Knoten repräsentiert werden, sind verborgen. Auf sie wird indirekt zugegriffen. Das hat den Vorteil, dass die Kommunikation unabhängig von den Betriebssystemen, Speichersystemen und Programmiersprachen ist.

Das Logische Gerät „Bay“ enthält verschiedene Logische Knoten wie z.B. „XCBR1“ für den Leistungsschalter. Logische Knoten enthalten Informationen wie beispielsweise „Pos“ für die Schalterstellung. Alle Namen wie „XCBR“ und „Pos“ sind genormte Namen, die verwendet werden müssen. „XCBR1.Pos“ stellt die Schalterstellung des Leistungsschalters 1 dar.

Die Logischen Geräte, Logischen Knoten und Daten sind virtuell – das heißt nur scheinbar vorhanden. Sie vertreten die realen Daten. Zur Erläuterung des Begriffs „virtuell“ ist folgender Spruch hilfreich:

If it's there and you can see it	It's REAL
If it's there and you can't see it	It's TRANSPARENT
If it's not there and you can see it	It's VIRTUAL
If it's not there and you can't see it	It's GONE

Roy Wills

Welche Informationen die Signale darstellen, wie zu behandeln sind und welche Funktion sie in der Anlage haben, ist im wesentlichen nur dem Programmierer bekannt. Es wird immer wichtiger, Informationen über Daten (die Metadaten) zu nor-

men, mit denen die Prozessdaten – direkt in den Geräten und Systemen, nicht außerhalb beispielsweise in Papier-Dokumenten – beschrieben werden. Damit ist gewährleistet, dass die auszutauschenden Informationen und ihre Bedeutung immer konsistent und online abrufbar sind. So kann verhindert werden, dass ein Wert in Prozent gesendet und am anderen Ende als Absolutwert interpretiert wird – die Folgen könnten verheerend sein!

Wenn ein SADA-System einen Wert, sagen wir "122,86" empfängt, dann ist kaum erkennbar, was dieser Wert bedeutet, wie er interpretiert werden muss. Bei einem Temperaturwert sind mindestens folgende Information zur korrekten Interpretation erforderlich:

- der Wert (sein Datentyp, z.B. Floating Point)
- der Faktor (x100 ...)
- seine Einheit (z.B. SI-Einheit "Grad C")
- sein Name, der ein Exemplar der Klasse "Temperatur" darstellt
- welche Austauschmechanismen können auf den Wert angewendet werden (zyklisch lesen, Melden bei Änderung größer x Prozent, ...)
- wie ist der Wert zu adressieren (z.B. über TCP/IP mit IP-Adresse: 235.232.55.22)
- wie sind die auszutauschenden Informationen kodiert (XML, ASN.1, ...)

IEC 61850-7-3 definiert allgemeine Datenklassen (common data classes) wie:

Common data classes for status information

- Single point status (SPS)
- Double point status (DPS)
- Integer status (INS)
- Binary counter reading (BCR)

Common data classes for measurand information

- Measured value (MV)
- Complex measured value (CMV)
- Sampled value (SAV)
- Phase to ground related measured values of a three phase system (WYE)
- Phase to phase related measured values of a three phase system (DEL)
- Harmonic Value (HMV)
- Harmonic value for WYE (HWYE)

Common data classes for controllable status information

- Controllable single point (SPC)
- Controllable double point (DPC)
- Controllable integer status (INC)

Common data classes for description information

- Device name plate (DPL)
- Logical node name plate (LPL)

Die minimale Anzahl der Attribute der Klasse "MV" (Measured value) sind:

"mag" Deadbanded value. Value based on a dead band calculation. The value of mag is updated when the value has changed according the configuration parameter db (deadband – online changeable).

"q" Quality of the attribute(s) representing the value of the data.

"t" Timestamp of the last change in one of the attribute(s) representing the value of the data or in the q attribute.

Die Klasse "MV" umfasst folgende Attribute:

attribute category	data attribute	explanation
measured attributes	instMag mag range q t	instantaneous value deadbanded value (according to db in per cent) normal high low high-high low-low ... quality information timestamp
substitution	subEna subMag subQ subID	enable the subMag instead of the process value value to be used for mag value to be used for q substitution ID – who substituted the value?
configuration, description and extension	units db zeroDb sVC rangeC smpRate d dU cdcNs cdcName dataNs	engineering units (SI units) deadband value (in per cent) mag is Zero as long as value is less than zeroDb scale and offset for INTEGER representation of mag values for hhLim, hLim, lLim, lLim, min, max Sampling rate used to determine the analogue value textual description textual description (based on UNICODE) common data class name space common data class name data name space

Die allgemeine Datenklasse für Messwerte für Windenergieanlagen (AMV – Analogue measured value) ist um Attribute für statistische und historische Werte erweitert:

attribute category	data attribute	explanation
characteristics information	maxVal minVal totAvgVal sdvVal opRs tRs q	Maximum value Minimum value of data Total average value of data Standard deviation of data Operator identifier of last reset Timestamp at last reset Quality
characteristics control information	rsMan rsPer	Manual forced reset Time periodical reset: hly dly wly mly manual
historical information	hlyMax dlyMax mlyMax ylyMax hlyMin dlyMin mlyMin ylyMin hlyAvg dlyAvg mlyAvg ylyAvg tRs opRs	hourly max value of 25 hours daily max value of 32 days monthly max value of 13 months yearly max value of 2 years hourly min value of 25 hours daily min value of 32 days monthly min value of 13 months yearly min value of 2 years hourly average of 25 hours daily average of 32 days monthly average of 13 months yearly average of 2 years Operator identifier of last reset Timestamp of last reset
historical control and setpoint information	rsHis ...	reset log hly dly mly yly all ...

Alle genormten Logischen Knoten, Daten und Datenattribute brauchen während des Engineerings lediglich noch instantiiert und mit den realen Daten eines Systems „verbunden“ zu werden. Das hierarchische Informationsmodell mit seinen vielen

benannten Informationen ist durch die Norm vorgegeben – es braucht nicht erneut eingegeben zu werden. Andere Geräte wie beispielsweise Bedien- und Beobachtungssysteme brauchen nur das entsprechende XML-File mit der Konfiguration nach IEC 61850-6 einzulesen oder sie lesen die Konfiguration direkt aus dem Gerät. Die Interpretation des Informationsmodells ist durch die Norm bereits vorgegeben.

4. Ausblick

Wenn es gelingt, mit IEC 61850 für nur 20 Prozent der gesamten industriellen Automation einheitliche Konzepte für Basis-Informationsmodelle und für Basis-Methoden für den Informationsaustausch zu normen, dann können in Zukunft 20 Prozent der hohen Integrationskosten (das sind weltweit jährlich sicher einige Milliarden €) in die Innovation vieler Anwendungen investiert werden. Dieser Weg ist sehr viel effizienter, als Konzepte zu entwickeln, die jeweils für einen kleinen Anwendungsbereich 80 Prozent der Anforderungen abdecken. Die Anwendungen, Geräte und Systeme wachsen in Zukunft enger zusammen und müssen miteinander „sprechen“ und sich „verstehen“. So könnte die Norm IEC 61850 auch einen Beitrag zur „Völkerverständigung“ leisten.

- [1] Ethernet statt Feldbus – Adam Opel AG setzt durchgängig auf Ethernet; Hirschmann Hi Lights, Ausgabe 3, November 2001.
- [2] Das BMW-Konzept; Computer & Automation, Heft 11/2001.
- [3] März, Wolfgang; Durchgängige Kommunikationsarchitektur mit ISO/IEC-Standards für Netzleitsysteme; ew, Heft 13, Jg. 101 (2002), Seiten 28-31, VWEW Energieverlag, Frankfurt, 17. Juni 2002
- [4] Brand, Klaus-Peter; Wimmer, Wolfgang; Der Standard IEC 61850 – Offene Kommunikation in Schaltanlagen im deregulierten Strommarkt; Bulletin SEV/VSE 1/2, Seiten 9-13, Zürich, 2002
- [5] Object Models for Power Quality Monitoring in UCA2.0 and IEC 61850, A. Apostolov, Distribu-Tech 2003, February 4-6, 2003, Las Vegas, NV
- [6] Substation Automation based on IEC 61850 with new process-close Technologies, L. Andersson, Ch. Brunner, F. Engler; IEEE Powertech 2003, June 23-26, 2003, Bologna, Italy
- [7] Elforsk Rapport Number 2:14; Wind Power Communication - Verification report and recommendation; Stockholm, April 2002; http://www.nettedautomation.com/download/02_14_rapport.pdf
- [8] Elforsk Rapport Number 2:16; Wind Power Communication - Design & Implementation of Test Environment for IEC61850/UCA2; Stockholm, April 2002; http://www.nettedautomation.com/download/02_16_rapport.pdf