

# **Sichere und hochverfügbare Daten- und Sprach- kommunikation im Energieverteilnetz**

Technische Beschreibung

Autoren: Harald Huber  
Dr. hc Gerd Widmann  
Josef Lorenz (IABG)

Version: V 1.0

Datum: 30.03.2015

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Anwendung von Kommunikationstechnik im Energieverteilnetz .....</b>	<b>3</b>
1.1	Anwendungen .....	3
1.1.1	Vermarktung .....	3
1.1.2	Netzstabilität .....	3
1.1.3	Notfallkonzepte .....	4
1.1.4	Erweiterungen.....	4
1.1.5	Notfall Sprachkommunikation .....	4
1.2	Anlagentypen .....	5
1.3	Anforderungen an die Kommunikation .....	5
<b>2</b>	<b>Dedizierte Funknetze im Vergleich mit anderen Kommunikationstechnologien</b>	<b>6</b>
2.1	Gründe für ein dediziertes Funknetz .....	6
2.2	Alternative Standards für dedizierte Funknetze .....	7
2.3	Vorteile der D E F Funknetzlösung .....	7
<b>3</b>	<b>Technische Lösung .....</b>	<b>9</b>
3.1	Physikalischer Aufbau des Funknetzes.....	9
3.2	Protokolle im Datenfunknetz .....	10
3.3	IT Sicherheit .....	14
3.4	Technische Daten .....	16
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Referenzensystem .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>19</b>

# 1 Anwendung von Kommunikationstechnik im Energieverteilnetz

## 1.1 Anwendungen

### 1.1.1 Netzstabilität

Vordringlichstes Ziel eines Verteilnetzbetreibers ist die Erhaltung der Stabilität seines Netzes. Diese Stabilität drückt sich im Wesentlichen durch Spannungs- und Frequenzstabilität aus. Neben der Versorgungssicherheit dient die Spannungsstabilisierung auch der Begrenzung der thermischen Belastungen im Energienetz und dem Schutz der Transformatoren. Spannungs- und Frequenzstabilität werden einerseits durch das Einspeise- und das Lastmanagement wie oben beschrieben gewährleistet. Zusätzlich können aber auch durch Regelungen im Netz, z.B. durch regelbare Ortsnetztransformatoren, die Netzparameter beeinflusst werden. Blindleistungskompensation durch EEG-Anlagen ist ebenfalls eine Möglichkeit, um die Spannung im Netz stabil zu halten und thermische Belastungen zu reduzieren.

Mit dem Wegfall vieler Großkraftwerke und den von diesen erbrachten Systemdienstleistungen zur Netzstabilisierung kommt den Systemdienstleistungen aus dem Verteilnetz heraus eine zunehmende Bedeutung zu. Die Vermarktung der Systemdienstleistungen an übergeordnete Betreiber stellt eine neue Geschäftsmöglichkeit für Verteilnetzbetreiber dar.

Mit steigender Bedeutung der Verteilnetze auch im Bereich der Systemdienstleistungen wird es immer wichtiger, dass durch eine gute Sicht auf den Netzzustand und effiziente Diagnose- und Fehlersuche-Tools eine Störbeseitigung zielgerichtet und schnell durchgeführt werden kann.

**Mess- und Regeleinrichtungen im Netz müssen ebenso wie Erzeuger und regelbare Verbraucher kommunikationstechnisch erschlossen werden.**

### 1.1.2 Vermarktung

Dezentrale Erzeuger lassen sich zu größeren zentral gesteuerten Einheiten, den sogenannten virtuellen Kraftwerken zusammenfassen. Durch Zusammenschluss kleinerer Erzeuger zum virtuellen Kraftwerk wird die erzeugte Leistung aggregiert, wodurch effiziente Stromprodukte für die Vermarktung entstehen. Die Vermarktung erfolgt an der regulären Energiebörse in Leipzig ebenso wie im Spotmarkt (Day-Ahead und Intra-Day).

Neben Stromprodukten für die Energiebörse entstehen zunehmend auch Systemdienstleistungen, die dem Erhalt der Netzstabilität dienen. Regelstromprodukte werden bereits heute aus virtuellen Kraftwerken heraus angeboten. Künftig sind aber auch Dienstleistungen zum Spannungs- und Frequenzerhalt aus dem Verteilnetz heraus angedacht. Für alle diese Anwendungen werden Übertragungszeiten von Steuerbefehlen im Sekundenbereich gefordert.

Der Energiehandel lässt sich durch das sogenannte Bilanzkreismanagement signifikant optimieren. Einzelne Versorger, aber auch regionale und überregionale Zusammenschlüsse von Versorgern können durch verlässliche Vorhersagen bei gleichzeitiger Bündelung von Verbrauch und Erzeugung sowohl ihre Einkaufs- wie auch ihre Verkaufspreise optimieren.

Neben der Steuerung der Einspeisung von dezentralen Erzeugern spielt auch die Regelung von steuerbaren Lasten eine wichtige Rolle im Bilanzkreismanagement. Durch Demand Response werden Verbraucher so gesteuert, dass die Gesamtbilanz eines Betreibers jeweils im Bilanzrahmen verbleibt. D.h. bei einem Überangebot wird der Verbrauch erhöht, bei einem Leistungsmangel wird der Verbrauch gedrosselt. Kühlhäuser sind ein Beispiel für Demand Response Anwendungen wie sie für verschiedenste Produktionsprozesse möglich sind.

**Allen gemein ist, dass sowohl Erzeugungsanlagen wie auch Lasten zentral gesteuert werden müssen.**

### 1.1.3 Notfallkonzepte

Durch dezentrale Erzeuger kann bei großflächigen Blackouts eine lokale Grundversorgung sichergestellt werden. Hierzu ist eine Inselfähigkeit lokaler Netze genauso erforderlich wie die Schwarzstartfähigkeit der Erzeuger und die selektive An-/Abschaltung kritischer Verbraucher.

Zusätzlich zu den vorher genannten Anforderungen an die Kommunikation zu Erzeugern, Verbrauchern sowie zu Mess- und Regeleinrichtungen ist hier auch die Kommunikation zu Netztrennpunkten notwendig. Gerade im Schwarzfall ist Verfügbarkeit der Kommunikationstechnik ein absolutes Muss und durch entsprechende Maßnahmen (Batteriepufferung) sicherzustellen.

### 1.1.4 Erweiterungen

Mehr und mehr werden in den Verteilnetzen Batteriespeicher eingesetzt. Diese dienen dem Bilanzkreismanagement und damit der Vermarktung. Aber auch zum Bereitstellen von Systemdienstleistungen und Regelenergie sind Batteriespeicher hervorragend geeignet. Eine kommunikationstechnische Anbindung ist auch hier erforderlich.

In Zukunft wird die Steuerung der Energienetze koordiniert mit assoziierten Netzen zunehmend an Bedeutung gewinnen. Als Beispiel sind hier Netze zur Nahwärme-, Gas-, und Wasserversorgung genannt.

Eine wichtige zusätzliche Anwendung stellt die Elektromobilität dar. Neben der Vernetzung von Ladestationen ist auch die Vehicle-to-Grid-Kommunikation zur Netzverträglichen Steuerung von Ladevorgängen eine wichtige Kommunikationsanwendung.

### 1.1.5 Notfall-Sprachkommunikation

Die Verfügbarkeit von Sprachkommunikation im Schwarzfall bzw. bei Ausfall öffentlicher Kommunikationsnetze ist eine gesetzliche Anforderung an die Verteilnetzbetreiber. Bei Aufbau eines dedizierten Funknetzes ist die Sprachkommunikation daher in jedem Fall mit zu betrachten.

## 1.2 Anlagentypen

- EEG: BHKW, Biogas, PV, (Wind), Notstromanlagen
- Verschiebbare Lasten / Verbraucher
- Netztechnik: Trafostation, Ortsnetztrafo, Phasenschieber, Messtechnik
- Speicher / Batterien
- Netztrennpunkte
- Ladestation Elektromobilität

## 1.3 Anforderungen an die Kommunikation

Die kommunikationstechnische Anbindung muss **flächendeckend** verfügbar sein. Dies ist vor allem auch in abgelegenen ländlichen Regionen sicherzustellen. Festnetzanschlüsse auf Kupfer- oder Glasfaserbasis sind nicht in ausreichendem Maße flexibel verfügbar. Auch der kommerzielle Mobilfunk zeigt Abdeckungslücken, die häufig auch noch zeitlich variieren.

Neben der flächenmäßigen Verfügbarkeit spielt die hohe zeitliche **Verfügbarkeit** eine Rolle. Die Kommunikation muss Rund um die Uhr zuverlässig benutzbar sein und darf weder durch technische Störungen noch durch hohes Verkehrsaufkommen eingeschränkt werden.

Die hohe Verfügbarkeit muss auch im **Schwarzfall** sichergestellt werden, und das über mehrere Tage hinweg. Geringer Stromverbrauch im Zusammenspiel mit ausreichender Batteriepufferung muss dieses gewährleisten.

Bei der Dimensionierung des Kommunikationsnetzes muss darauf geachtet werden, dass garantierte **Übertragungszeiten (Latenzen)** eingehalten werden. Dabei können einzelne Anwendungen priorisiert werden, so dass kurze Latenzen als für andere Anwendungen garantiert werden können.

In puncto **Sicherheit** ist insbesondere auf die Integrität der Daten zu achten. In keinem Fall darf es Angreifern ermöglicht werden, falsche Steuerbefehle in das Netz zu senden und damit die Stabilität des Energienetzes zu gefährden.

Die Kommunikationstechnik im Energieverteilnetz muss kosteneffizient **Sprache** und Daten übertragen und dabei gängige Fernwirktechnik unterstützen.

## 2 Dedizierte Funknetze im Vergleich mit anderen Kommunikationstechnologien

### 2.1 Gründe für ein dediziertes Funknetz

#### Flächendeckend:

Das Netz wird für den Kunden in seiner Region spezifisch geplant. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Anlagen im Versorgungsgebiet permanent erreichbar sind.

#### Redundant:

Durch Redundanz aller zentralen Komponenten (an der Leitstelle) wird eine extrem hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems erreicht. Ausfälle einzelner Komponenten/Systeme führen nicht zu einem Ausfall des Gesamtsystems. Redundanz kann bei Bedarf auch für systemkritische Anlagen vorgesehen werden.

#### Verfügbarkeit im Schwarzfall:

Das schmalbandige Funknetz erreicht trotz geringer Sendeleistung eine sehr hohe Funkabdeckung. Durch die geringe Sendeleistung hält sich aber auch der Stromverbrauch in Grenzen. Alle Anlagen können mit Batteriepufferung zur Notstromversorgung von bis zu einer Woche ausgestattet werden.

#### Garantierte Latenzzeiten:

Die Netzkapazitäten werden den Kundenanforderungen entsprechend geplant und zur Verfügung gestellt. Das maximale Datenaufkommen jeder Anlage ist dabei bekannt und kann nicht überschritten werden. Kritische Anwendungen (z.B. Steuerbefehle für Regelenergie) können entsprechend priorisiert werden. Auf diese Weise lassen sich Latenzzeiten für die Datenübertragung der Anwendung entsprechend garantieren. Somit können regulatorische Anforderungen oder Präqualifikationsrichtlinien für Regelenergieprodukte jederzeit eingehalten und nachgewiesen werden.

#### Hohe Sicherheit:

Ein dediziertes Netz steht einem Verteilnetzbetreiber exklusiv zur Verfügung. Sämtliche Netzkomponenten werden exklusiv nur von diesem Betreiber genutzt. Zusätzlich ist Verschlüsselung und auch digitale Signatur vorgesehen.

#### Kostengünstig:

Dedizierte Funknetze werden bedarfsgerecht, auf die konkreten Anforderungen der Verteilnetzbetreiber hin ausgelegt und aufgebaut. Gerade dieser bedarfsgerechte Ausbau führt zu einer hohen Kosteneffizienz. Diese Kosteneffizienz lässt sich in vielen bereits umgesetzten Anwendungen nachweisen.

## 2.2 Alternative Standards für dedizierte Funknetze

### TETRA/DMR:

TETRA und DMR sind Standards für Betriebsfunknetze und daher für Sprache optimiert. Die Datenübertragung ist mittlerweile bei beiden Standards möglich. Allerdings lässt die Effizienz in der Datenübertragung (Bits pro Hertz) zu wünschen übrig. Die gepulsten Trägerfrequenzen dieser Systeme führen immer häufiger zu massiver Kritik und Gegenwehr in der Bevölkerung. Krankenhäuser verwehren oftmals die Installation von Sendeanlagen in unmittelbarer Nähe.

### CDMA:

CDMA ist ein Mobilfunkstandard, der vor allem in USA und Asien (Japan, Korea) in der Vergangenheit eine wichtige Rolle gespielt hat. In Europa wurde CDMA-Lizenzen im 450 MHz-Band vergeben, wobei hier Machine2Machine-Anwendungen im Vordergrund stehen sollten. Auch in Deutschland wurden CDMA450-Lizenzen vergeben. Mittlerweile hat CDMA weltweit an Bedeutung verloren, so dass keine neuen Chipsets oder Geräte mehr zu erwarten sind. Damit lässt sich keine mittelfristige Unterstützung mehr sicherstellen. Auch die Lizenznehmer in Deutschland bieten kaum mehr Dienste auf CDMA450 an.

### D|E|F Funknetzlösung mit FSK-Modulation:

Die D|E|F Funknetzlösung ist für die Datenübertragung optimiert und erlaubt die einfache Integration der Sprachkommunikation. Die Details der D|E|F Lösung ist in den folgenden Kapiteln beschrieben.

## 2.3 Vorteile der D|E|F Funknetzlösung

### **Eigene Frequenz:**

D|E|F verfügt über eigene Frequenzen im 450 MHz Band. Mit der D|E|F-Funknetzlösung erhält der Kunde den für seine Region exklusiven Zugriff auf Frequenzen dieses Bandes.

### **Optimales Ausbreitungsverhalten:**

450 MHz ist eine relativ niedrige Frequenz, die ein optimales Ausbreitungsverhalten erlaubt. Zellradien von 30-40 km sind hier Standard. In besonderen Lagen können bis zu 100 km erreicht werden.

### **Datenoptimiert:**

Das Modulationsverfahren, sowie die genutzten Protokolle sind für die schmalbandige Datenübertragung optimiert und erlauben somit eine sehr hohe Frequenzausnutzung (optimale Bits pro Hertz).

### **Sprache integriert:**

D|E|F bietet integrierten Sprachfunk zusammen mit der Datenfunklösung über eine einheitliche Netzinfrastruktur an.

**Verfügbarkeit, insbesondere im Schwarzfall:**

Die D|E|F -Funknetzlösung arbeitet mit einer sehr geringen Sendeleistung (< 6W, im Regelfall <1W). Somit ist auch der Stromverbrauch niedrig. Mit einer kosteneffizienten Notstromversorgung (Batteriepufferung) können Stromausfälle von bis zu einer Woche überbrückt werden.

Die Zentralen Systeme sind mit voller Kabel- und Hardwareredundanz und aktivem Failover ausgestattet. Dies garantiert die Verfügbarkeit der Daten auch bei einem Hardwarefehler.

**Sicher:**

Die D|E|F Funknetzlösung ist als dedizierte Funknetzlösung nicht den gleichen Bedrohungslagen ausgesetzt wie das öffentliche Internet oder andere öffentliche Kommunikationsnetze. Trotzdem sind Schutzfunktionen wie Verschlüsselung und digitale Signatur nach Stand der Technik ein Teil der Lösung.

Die IABG als Gesellschafter und Partner der D|E|F besitzt detaillierte Erfahrungen in den Bereichen IT-Sicherheit und im Betrieb kritischer Infrastrukturen und kann hierbei auf eine Vielzahl von Referenzen verweisen. Das Sicherheitskonzept für die D|E|F-Funknetzlösung wird durch IABG permanent auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten und den jeweiligen Kundenanforderungen (der Bedrohungslage) spezifisch angepasst.

**Garantierte Latenzen:**

Das D|E|F Funknetz wird für die kundenspezifischen Anwendungen geplant und auf das maximale Datenaufkommen hin dimensioniert. Dadurch wird sichergestellt, dass die Übertragungszeiten im Netz garantierte Werte nicht überschreiten. Kritische Anwendungen (Steuerbefehle) können so priorisiert werden, dass für sie kürzere Zeiten als für die Standardanwendungen garantiert werden können.

**Kosten:**

Die D|E|F Funknetzlösung ist nachweislich eine für Verteilnetzbetreiber kosteneffizient einsetzbare Lösung. Die Kosten für die Funknetzinfrastruktur werden durch D|E|F getragen und durch Netzentgelte über den Betriebszeitraum hinweg ausgeglichen. Das D|E|F-Beraterteam ist gerne bereit, eine Kosten-/Nutzen-Analyse basierend auf realen Erfahrungswerten durchzuführen.