

# Herausforderungen an die Kommunikationstechnik im Smart Home/Grid

U. Trick<sup>1</sup>, M. Steinheimer<sup>1</sup>, P. Ruhrig<sup>1</sup>, R. Tönjes<sup>2</sup>, D. Hölker<sup>2</sup> und M. Fischer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fachhochschule Frankfurt am Main, Kleiststraße 3, 60318 Frankfurt/M., trick@e-technik.org

<sup>2</sup>Hochschule Osnabrück, Albrechtstraße 30, 49076 Osnabrück

Das dieser Publikation zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 17018A/B11 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

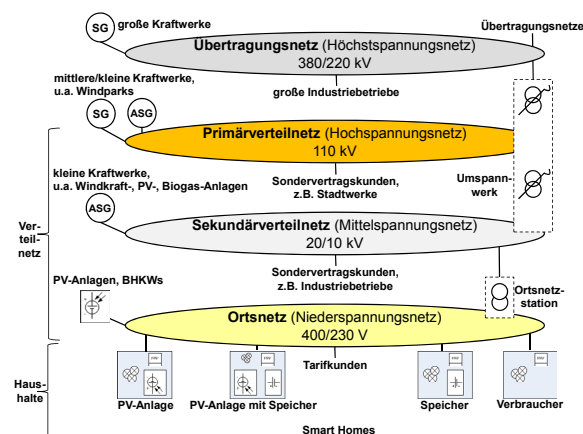
## Kurzfassung

Die verstärkte Nutzung volatiler regenerativer Energieerzeugung mittels Windkraft- und Photovoltaikanlagen mit zunehmend dezentraler Erzeugung und Einspeisung, auch im bisher nicht überwachten Ortsnetz, stellt neue Anforderungen an die zukünftigen elektrischen Energieversorgungsnetze. Dieser Aufsatz analysiert die aktuellen Entwicklungen hin zum intelligenten Stromnetz (Smart Grid) und die Herausforderungen zur besseren Integration der intelligenten Haustechnik (Smart Home) in das Smart Grid. Für das energiebewusste Smart Home werden eine Smart Home-Dienstplattform vorgeschlagen und verschiedene Kommunikationslösungen zur Vernetzung der Smart Homes untereinander sowie deren Einbindung in das Smart Grid untersucht und bewertet.

## 1 Smart Grid und Smart Home

In den elektrischen Energieversorgungsnetzen der Zukunft geht die Tendenz hin zu stärker volatiler regenerativer Energieerzeugung mittels Windkraft- und Photovoltaikanlagen und weg von der zentralen hin zur dezentralen Erzeugung und Einspeisung, auch im bisher nicht überwachten Ortsnetz. Um trotzdem eine stabile und qualitativ gute Energieversorgung sicherstellen zu können, muss das Netz ausgebaut und vor allem durch Informations- und Kommunikationstechnik intelligent gemacht werden. Diese Entwicklung wird allgemein durch den Begriff „Smart Grid“ umschrieben.

Bild 1 zeigt diese Entwicklung, ausgehend vom heutigen Energienetz.



**Bild 1** Zukünftiges Energienetz mit dezentraler Erzeugung

Das Netz ist unterteilt in Höchstspannungs-Übertragungsnetze (380/220 kV), in die große zentrale, mit Synchrongeneratoren (SG) arbeitende Kohle- und Atomkraftwerke ihre Leistung einspeisen, sowie Verteilnetze. Letztere untergliedern sich in Hochspannungs- (110 kV), Mittelspannungs- (z.B. 20 kV oder 10 kV) und Niederspannungs- (400 V), d.h. Ortsnetze. Mittlere und kleine Kraftwerke wie Windkraftanlagen oder Gaskraftwerke mit Synchron- bzw. Asynchrongeneratoren (ASG) speisen im Hoch- und Mittelspannungsnetz ein. Die Haushalte mit ihren z.B. PV-Anlagen (Photovoltaik) und BHKWs (Blockheizkraftwerk) sind am Niederspannungsnetz angebunden. Ähnliches gilt für die unterschiedlichen Verbraucher bezüglich ihrer Anschaltung an die verschiedenen Netzebenen, normale Haushalte und kleinere Betriebe sind dem Ortsnetz zugeordnet. Die Umsetzung der Spannungsebenen erfolgt mittels Transformatoren in sogenannten Umspannwerken bzw. Ortsnetzstationen [1].

Dadurch, dass bereits heute und in der Zukunft noch verstärkt sehr viele Energieerzeuger im Bereich der Haushalte und damit an das bisher rein passive und nicht überwachte Ortsnetz angeschaltet sind, ergeben sich ganz neue Herausforderungen für die Verteilnetzbetreiber, z.B. im Hinblick auf die Spannungshaltung ( $400\text{ V} \pm 10\%$ ). Dies wird zu einem Ausbau und intelligenterer Technik für die Überwachung und Steuerung im Ortsnetz führen.

Darüber hinaus wird infolge tageszeitabhängiger oder lastvariabler Stromtarife sowie dem Vorhandensein von Energieerzeugungseinheiten wie PV-Anlagen und zunehmend auch Energiespeichern ein Energieman-

gement pro Haushalt oder für mehrere/viele Haushalte zusammen immer interessanter. Dies erfordert entsprechende Intelligenz in den Haushalten, die beispielsweise in Form einer Dienstplattform für das Smart Home bereitgestellt werden kann.

Damit wird neben netzbezogenen (Smart Grid) Maßnahmen zunehmend die gezielte Beeinflussung von Erzeugung und Verbrauch (z.B. durch Lastverschiebung) aufgrund von Marktsignalen, d.h. über Preise, interessant. Die Idee dahinter ist, dass durch Ausbildung eines sogenannten „Smart Market“ Erzeugungs- und Lastverlagerung initiiert werden kann, damit die konventionelle Infrastruktur besser ausgenutzt wird und hieraus resultierend der teure Ausbaubedarf gedämpft wird [2]. Dies erfordert allerdings eine Kommunikation zwischen Energielieferanten, Verteilnetzbetreiber und Haushalten sowie im Haushalt zwischen dem Energiemanagement und dem Smart Meter, den Erzeugern, Speichern und allen relevanten Verbrauchern.

Hieraus ergeben sich spezielle Heraus- und Anforderungen an die Kommunikationstechnik und die Kommunikationsschnittstellen im Umfeld eines Smart Home. Dem soll in diesem Aufsatz nachgegangen werden.

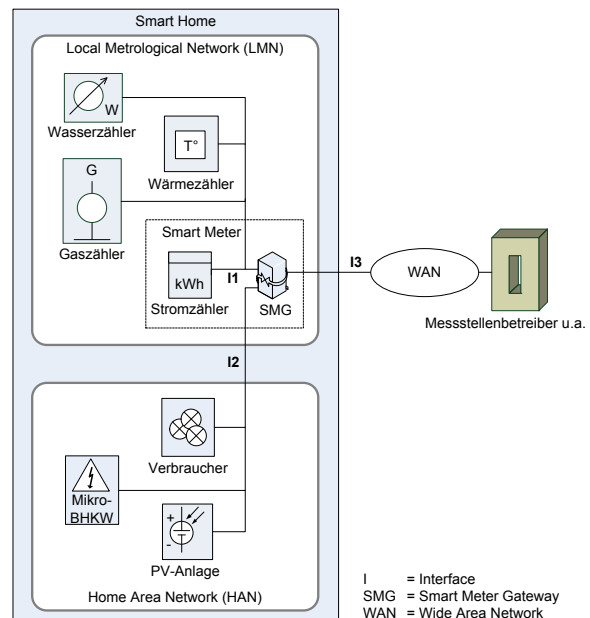
Daher werden in einem ersten Schritt (Kapitel 2) die Anforderungen und mögliche Lösungen für einen Smart Meter aufgezeigt. In einem zweiten Schritt (Kapitel 3) werden ausgehend von einem Smart Home exemplarische Kommunikationsdienste beschrieben, die zu spezifischen und weitgehenden Anforderungen an die Kommunikationsanbindung eines Haushalts führen. Lösungen hierfür werden dann in Kapitel 4 aufgezeigt und diskutiert. Kapitel 5 stellt die kommunikationstechnische Vernetzung vieler Haushalte mit dem Ziel einer energetischen Optimierung in den Fokus, während Kapitel 6 die Ergebnisse zusammenfasst und einen Ausblick gibt.

## 2 Kommunikationstechnik für Smart Meter

Ein erster Schritt in Richtung eines intelligenten Energieversorgungsnetzes speziell im Hinblick auf den Smart Market ist die von der EU-Endenergieeffizienzrichtlinie EDL 2006/32/EG und den daraus resultierenden § 21 und 40 EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) für Neubauten, Renovierungen und Verbraucher ab 6000 kWh pro Jahr geforderte Einführung intelligenter Elektrizitätszähler, der sogenannten Smart Meter. Derzeit gibt es hierfür zwar noch keine letztgültige Spezifikation, allerdings wurde eine Menge Vorarbeit geleistet, die u.a. in den vom FNN (Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE) erarbeiteten Lastenheften festgehalten ist [3; 4; 5].

Der hierbei im Hinblick auf die schnelllebige Kommunikationstechnik verfolgte modulare Ansatz mit der Aufteilung in Zähler und Kommunikationsmodul MUC (Multi Utility Communication) wurde u.a. vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) mit der Spezifikation des dem oben genannten MUC entsprechenden Smart Meter Gateway (SMG) aufgegriffen [6]. Das SMG fungiert zwischen den verschiedenen Zählern – Strom, ggf. auch Gas, Wärme und Wasser –, dem Heimnetz des Kunden und den verschiedenen Marktteilnehmern im Weiterverkehrsnetz – Verteilnetzbetreiber, Messstellenbetreiber, Messstellendienstleister und/oder Energielieferant – als Datenspeicher, Datenaufbereiter und Firewall. Dazu bietet das SMG gemäß Bild 2 die drei Kommunikationsschnittstellen I1, I2 und I3 (Interface) zu den angeschalteten Netzen:

- LMN (Local Metrological Network, I1)
- HAN (Home Area Network, I2)
- WAN (Wide Area Network, I3).



**Bild 2** Smart Meter Gateway (SMG) im Smart Home

Über Interface 1 (I1) kommuniziert das SMG z.B. mit dem Stromzähler oder anderen Energiemengen- und Stoffzählern im LMN. Die übermittelten Daten können Verbrauchswerte, aber auch vom Nutzer eingespeiste Energiemengen sein. Darüber hinaus können von den Zählern auch weitere lokal gemessene Netzparameter wie Spannung, Frequenz oder Phasenwinkel übermittelt werden. In [6] werden für diese Schnittstelle als mögliche Anwendungsprotokolle OMS Part 2 (Open Metering System) auf Basis M-Bus DIN EN 13757-3, DLMS/COSEM DIN EN 62056-61/62/53 oder SML prEN 62056-5-8 (Smart Message Language) genannt. Darüber hinaus sind aber auch IEC 61850, CIM IEC 61968/61970, ZigBee

SEP2, KNX, OASIS Energy Interoperation, ANSI C12.22 oder FNN-SyM<sup>2</sup> erlaubt. Ein sicherer Datentransport wird mittels TLS (Transport Layer Security) gewährleistet. Für die Bitübertragung sind in [6] sowohl eine drahtlose Schnittstelle M-Bus DIN EN 13757-4 als auch ein drahtgebundenes Ethernet Interface vorgesehen. Weitere erlaubte drahtgebundene Schnittstellen sind z.B. M-Bus DIN EN 13757-2, Lo-Bus DIN EN 13757-6 und RS 485.

Über Interface 2 (I2) können steuerbare Verbraucher und Erzeuger (sogenannte Controllable Local Systems (CLS), z.B. PV-Anlage oder Mikro-BHKW) sowie eine Anzeigeeinheit am Smart Meter Gateway angebunden werden. Ein abgesetzt betriebener Monitor kommuniziert gemäß [6] mit dem SMG per HTTPS (Hyper Text Transfer Protocol Secure), d.h. mittels HTTP over TLS. Die in den darunter liegenden Schichten genutzten Protokolle sind nicht näher spezifiziert und können herstellerspezifisch gewählt werden. Für die Anbindung der CLS-Systeme werden in [6] mit Ausnahme des Sicherungsprotokolls TLS ebenfalls keine näheren Angaben zu den zu verwendenden Protokollen gemacht.

Auch die WAN-Schnittstelle, Interface 3 (I3), wird in [6] nur ansatzweise beschrieben. Dazu gibt es Hinweise zum Einsatz von TLS, der Inhaltsdatenverschlüsselung und -signierung in Zusammenarbeit mit dem vom BSI noch zu standardisierenden Sicherheitsmodul sowie einem Wake-up Service. Ansonsten wird in diesem Zusammenhang auf GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Service) oder DSL (Digital Subscriber Line) hingewiesen. Die MUC-Spezifikation in [5] ergänzt an dieser Stelle noch HFC (Hybrid Fibre Coax) und PLC (Power Line Communication) sowie TCP/IP.

Für die im Hinblick auf die notwendige Kommunikation der Smart Meter im Smart Grid besonderes wichtige WAN-Schnittstelle kommen somit prinzipiell alle der im Folgenden gelisteten Kommunikationsschnittstellen in Frage, wobei grundsätzlich von IP-basierter Kommunikation ausgegangen werden kann [7]:

- GSM/GPRS
  - Mit EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) bis zu 220 kbit/s downstream, 110 kbit/s upstream für heutige Endgeräte
  - Rel. hohe Latenzzeiten
  - Mobilfunkanschluss und SIM-Karte (Subscriber Identity Module) erforderlich (Machine-to-Machine communication (M2M)), evtl. hohe Kosten
  - Kellerraum funktechnisch u.U. nicht erreichbar
- UMTS/LTE (Universal Mobile Telecommunications System/Long Term Evolution)
  - Mit HSPA (High Speed Packet Access) bis zu 14,4 Mbit/s downstream, 5,8 Mbit/s upstream

- Mit LTE (Long Term Evolution) bis zu 100 Mbit/s downstream, 50 Mbit/s upstream
- kurze Latenzzeiten
- Siehe GSM/GPRS
- DSL (Digital Subscriber Line)
  - Mit ADSL (Asymmetric DSL) bis zu 24 Mbit/s downstream, 1 Mbit/s upstream
  - Mit VDSL (Very high bitrate DSL) bis zu 50 Mbit/s
  - Anschluss des Kunden mitbenutzen oder separater Anschluss
  - Hausintern u.U. zusätzliche Vernetzung erforderlich
  - Keine flächendeckende DSL-Versorgung
- HFC (Hybrid Fibre Coax)
  - Bis zu 128 Mbit/s downstream, 5 Mbit/s upstream
  - Kurze Latenzzeiten
  - Siehe DSL
- PLC (Power Line Communication)
  - Bis 10 kbit/s
  - Sehr hohe Latenzzeiten
  - Physikalisches Netz in Form des elektrischen Ortsnetzes überall verfügbar
- PLC-BPL (Broadband over Power Line)
  - Bis 5 Mbit/s
  - Rel. niedrige Latenzzeiten
  - Siehe PLC

Im Hinblick auf die Anschlusskosten und die verfügbaren Bitraten wäre es vorteilhaft, wenn der Smart Meter für seine WAN-Schnittstelle einen beim Nutzer ohnehin vorhandenen DSL- oder HFC-basierten Internet-Zugang mitbenutzen könnte. Dies wird allerdings in der Zukunft trotz unbestreitbarer Vorteile nicht die bevorzugte Lösung sein, da in diesen Fällen nicht sichergestellt werden kann, dass die Smart Meter-Daten bei Bedarf jederzeit übermittelt werden können (z.B. wegen Außerbetriebnahme des DSL-Routers durch den Nutzer). Genau das muss aber der Messstellenbetreiber, normalerweise der Verteilnetzbetreiber (VNB), sicherstellen. Daher scheint als WAN-Kommunikationsschnittstelle für das Smart Metering am besten die BPL-Technik unter Nutzung des vorhandenen VNB-eigenen Niederspannungsnetzes geeignet [7]. Vermutlich werden letztendlich je nach Anforderungen und Randbedingungen alle der genannten Übertragungstechniken zum Einsatz kommen. Insbesondere ist es auch vorstellbar, dass Telekommunikationsnetzbetreiber spezielle maßgeschneiderte und damit kostengünstige Lösungen für das Smart Metering bereitstellen.

### 3 Kommunikationsdienste für das Smart Home

Wie u.a. [8] zu entnehmen ist, versteht man unter Smart Home ein privat genutztes Heim (z.B. Eigen-

heim, Mietwohnung), in dem die zahlreichen Geräte der Hausautomation (wie Heizung, Beleuchtung, Belüftung), Haushaltstechnik (wie z.B. Kühlschrank, Waschmaschine), Konsumelektronik und Kommunikationseinrichtungen zu intelligenten Gegenständen werden, die sich an den Bedürfnissen der Bewohner orientieren. Durch Vernetzung dieser Gegenstände untereinander können neue Assistenzfunktionen und Dienste zum Nutzen des Bewohners bereitgestellt werden und einen Mehrwert generieren, der über den einzelnen Nutzen der im Haus vorhandenen Anwendungen hinausgeht.

Diesen Ansatz greift das Forschungsprojekt e-SCHEMA (Easy-Service Creation for Home and Energy Management) [9] auf und setzt dabei einen besonderen Schwerpunkt auf das Energiemanagement im Haushalt, d.h. die Optimierung von Energieverbrauch und Erzeugung.

Kernstück des Smart Homes ist in diesem Szenario eine Dienstplattform, ein sogenanntes Service Management Framework (SMF), mit deren Hilfe Energieverbraucher und -erzeuger, intelligente Hausgeräte sowie Kommunikationsendgeräte miteinander vernetzt und übergreifend Dienste bereitgestellt werden.

Ein Nutzer kann auf Basis des SMF vorhandene Dienste nutzen oder auch neue personalisierte Dienste selbst konfigurieren bzw. entwickeln, wobei die Leistungsfähigkeit des SMF deutlich über die derzeitiger Smart Home-Steuerungen hinausgeht, indem sie das Energiemanagement (z.B. Workflows für intelligente Lastverschiebungen wie Einschalten des Wäschetrockners während Niedrigpreisphase) und IT-Dienste (z.B. Kalenderzugriff vor dem Laden des Elektrofahrzeugs) sowie Kommunikationsanwendungen (z.B. SMS-Benachrichtigung oder Anruf, wenn die Waschmaschine fertig gewaschen hat oder das Elektrofahrzeug geladen ist) integriert.

Im Folgenden werden anhand exemplarischer Dienste die speziellen Herausforderungen an die Kommunikationsschnittstellen für ein Smart Home herausgearbeitet.

- Zu Smart Meter siehe Kapitel 2.
- Überwachen und Fernsteuern von Geräten und Systemen im Haushalt über Web-Seite (z.B. Ein- und Ausschalten der Heizung per Mausklick). Dies erfordert einen Internet- bzw. allgemeiner einen IP-Zugang für HTTP-basierte Kommunikation mit mittleren Bitraten, wie ihn mit Ausnahme von PLC alle in Kapitel 2 genannten IP-Schnittstellen unterstützen.
- Überwachen und Fernsteuern von Geräten und Systemen im Haushalt mittels Festnetz-, Mobiltelefonen oder Smartphones (z.B. Anruf mit Ansage oder Instant Message bei Störung eines Geräts

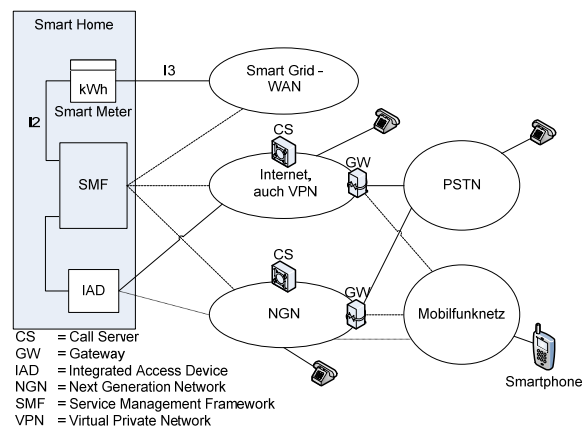
oder zur Information über den aktuellen bzw. außergewöhnlichen Energieverbrauch).

- Multimediakommunikation mit Geräten und Systemen im Haushalt mittels Festnetz-, Mobiltelefonen oder Smartphones (z.B. Videoüberwachung des Gartens; Videotelefonat mit Türsprechstelle).

Die beiden letztgenannten Gruppen von Kommunikationsdiensten haben die Besonderheit, dass sie nicht nur einen IP- bzw. Internet-Zugang benötigen, der zudem auch höhere Bitraten unterstützen sollte, sondern dass auch Übergänge ins PSTN (Public Switched Telephone Network) sowie in die Mobilfunknetze und damit der Zugriff auf entsprechende Gateways benötigt werden. Zudem ist zu bedenken, dass hierfür zusätzliche Kosten anfallen können.

## 4 Smart Home-Dienstplattform und Kommunikationsanbindung

Die in den Kapiteln 2 und 3 bereits angedeuteten Zusammenhänge zu Smart Meter, Smart Home mit Dienstplattform und den unterschiedlichen Anforderungen an die Kommunikationsanbindung werden hier nun konkretisiert und ausgearbeitet. Basis für die Betrachtungen ist Bild 3 mit den möglichen Kommunikationsschnittstellen im Smart Home und vom Smart Home zu externen WANs.



**Bild 3** Smart Home und Kommunikationsanbindung

Bild 3 geht zuerst einmal davon aus, dass der Smart Meter mittels eigener Schnittstelle I3, vorzugsweise über PLC oder PLC-BPL, an das spezielle Smart Grid-WAN angebunden ist. Dabei wird es sich aus Sicherheitsgründen um ein eigenständiges IP-Netz ohne Übergang zum Internet handeln. Darüber hinaus liefert der Smart Meter über Schnittstelle I2 bei Bedarf z.B. die aktuellen Energieverbrauchs- oder Spannungsmesswerte an die Dienstplattform SMF. Gemäß Kapitel 2 ist diese Schnittstelle nicht näher spezifiziert, wird aber vorzugsweise TLS over TCP over IP im Protokoll-Stack nutzen.

Die Smart Home-Diensteplattform, das SMF, hat gemäß Bild 3 verschiedene Möglichkeiten der WAN-Anbindung, direkt oder indirekt via IAD (Integrated Access Device). Der direkte Fall könnte mittels Schnittstelle I3 zum Smart Grid-WAN z.B. mit BPL-Übertragungstechnik realisiert werden. Der Nachteil hierbei ist, dass es keinen Übergang in die öffentlichen Telekommunikationsnetze gibt und damit die Kommunikationsdienste aus Kapitel 3, die Telefone und Multimediaendsysteme nutzen, nicht unterstützt werden können. Aus Sicherheitsgründen ist diese fehlende Integration allerdings ein großer Vorteil.

Alternativ hierzu ist auch eine direkte Anbindung an das Internet, aus Sicherheitsgründen auch via VPN (Virtual Private Network), oder an ein NGN (Next Generation Network) mit vorteilhafterweise integrierten Funktionen für die Sicherheit und definierte Quality of Service (QoS) möglich. Zudem kann in beiden Netzszenarien die benötigte Vermittlungsinfrastruktur (z.B. auf Basis SIP (Session Initiation Protocol)) in Form von Call Servern (CS) und Gateways (GW) genutzt werden, so dass zum einen Session-basierte Multimediakommunikation unterstützt wird, zum anderen aber auch Endsysteme im PSTN und den Mobilfunknetzen einbezogen werden können. Für die Anbindung bieten sich DSL- und Mobilfunk-Schnittstellen an. Allerdings entstehen dadurch zusätzliche, nicht unerhebliche Kosten, vor allem für die Zugänge, aber auch für die Verbindungen.

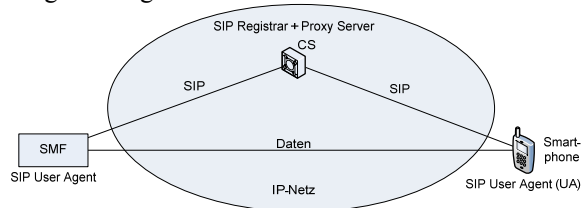
Günstiger ist daher die indirekte Anbindung des SMF an Internet oder NGN über das in vielen Haushalten ohnehin vorhandene IAD, z.B. in Form eines DSL-Routers, eines dem Cable Modem (CM) nachgeschalteten MTA (Multimedia Terminal Adapter) beim HFC-Zugang oder eines LTE-Modems mit WLAN Access Point (Wireless LAN) im Falle von Mobilfunk. Bei dieser Lösung entstehen für den Fall, dass der Nutzer ohnehin eine IP-Flatrate hat, durch die Smart Home-Dienste keine zusätzlichen Kosten für den IP-Verkehr. Hat der Nutzer darüber hinaus auch einen IP-basierten Flatrate-Telefonanschluss bei einem Voice over Internet- oder NGN-Service Provider, so entfallen auch zusätzlich Verbindungsentgelte für Kommunikationsdienste im Zusammenhang mit dem Smart Home.

Die vom Aufwand und von den Kosten her günstigste Gesamtlösung wäre die indirekte IP-WAN-Anbindung via IAD nicht nur des SMF, sondern auch des Smart Meter. Dagegen spricht zum einen die in Kapitel 2 erwähnte Möglichkeit der Außerbetriebnahme des IAD durch den Nutzer und zum anderen der dann höhere Vernetzungsgrad zwischen den öffentlichen IP-Netzen wie Internet und NGN und den Smart Meters bzw. weitergehend möglicherweise auch der Kommunikationsinfrastruktur des Verteilnetzbetreibers für das Smart Grid. Dies scheint aber auch schon bis zu ei-

nem gewissen Grade gegeben, wenn dem Nutzer, wie in [10] beschrieben, die Möglichkeit eingeräumt wird, seine Energieverbrauchsdaten über ein Internet-Portal einzusehen.

Ergänzend soll noch darauf hingewiesen werden, dass auch der Smart Grid-WAN-Betreiber in Bild 3 sein Netz mit Vermittlungs- und Gateway-Funktionalität ausstatten könnte, um selbst Smart Home-Kommunikationsdienste nach Kapitel 3 zu unterstützen. Allerdings steht die Sicherheit dieser erweiterten Funktionalität entgegen.

Wie oben ausgeführt, soll die Diensteplattform, das SMF, in der Lage sein, sowohl selbst Kommunikationsdienste bereitzustellen als auch mit Endgeräten in den Netzen gemäß Bild 3 zu kommunizieren, um z.B. per Anruf und Sprachansage über einen erfolgreichen Ladevorgang des Elektrofahrzeugs zu informieren. Da das SMF auf jeden Fall via IP an eines der externen Netze angebunden ist, bieten sich als Applikationsprotokolle SIP für die Signalisierung und z.B. RTP (Real-time Transport Protocol) für den Nutzdatenaustausch an, d.h. die typischen Protokolle für die Multimedia over IP-Kommunikation. Bild 4 zeigt die hierfür erforderliche Netzinfrastruktur mit Call Server (CS), wobei das SMF hier als SIP User Agent, d.h. als SIP-Endgerät fungiert.



**Bild 4** Smart Home und externe SIP-basierte Kommunikation

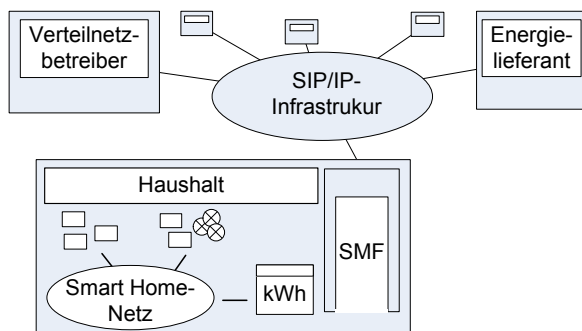
Die Vorteile dieser Lösung sind, dass die meisten öffentlichen und privaten Kommunikationsnetze SIP unterstützen, auf Basis von SIP beliebige Kommunikationsdienste mit verschiedensten Medien realisiert werden können und zudem per SIP over TLS oder auch z.B. SRTP (Secure RTP) eine verschlüsselte, sichere Kommunikation gewährleistet werden kann.

## 5 Vernetzte Smart Home-Diensteplattformen

Die unabhängige energetische Optimierung einzelner Haushalte führt nicht automatisch zu einer Optimierung für das Orts- bzw. Verteilnetz, z.B. mit dem Ergebnis einer geglätteten, höhere Leistungsspitzen vermeidenden Lastkurve im Bereich einer Ortsnetzstation.

Weitaus wirkungsvoller ist hier das Zusammenspiel vieler Haushalte. Daher werden in diesem Kapitel, wie

in Bild 5 dargestellt, die SMFs der einzelnen Haushalte vernetzt. Dies bedeutet, dass eine große Anzahl von Haushalten bzw. SMFs, aber auch Energielieferanten sowie der Verteilnetzbetreiber und ggf. weitere Marktteilnehmer miteinander vernetzt werden. Ziel der Kommunikation im Netzwerk ist ein übergreifendes Energiemanagement mit einer Gesamtoptimierung über viele Haushalte hinweg unter Berücksichtigung aller Energieverbraucher, -erzeuger und -speicher. Zu diesem Zweck werden Informationen z.B. über den aktuellen Verbrauch, die Prognosen, Kennzahlen zu Energieerzeugern und -speichern (auch von Elektrofahrzeugen), Energiepreise, Netzentgelte usw. ausgetauscht.



**Bild 5** Vernetzte Haushalte

In diesem Zusammenhang soll nicht näher auf den Optimierungsvorgang sowie auf den erforderlichen Datenschutz eingegangen werden. Im Fokus steht hier die Kommunikationstechnik. Aus den bereits in Kapitel 4 genannten Gründen wird auch bei der Vernetzung der Haushalte auf IP gesetzt. Darüber hinaus werden Mechanismen für die Registrierung neuer User, für ihre Adressierung und für das notwendige Routing benötigt. Hierfür kommen zentrale, teil- und dezentrale Lösungen infrage. Auf Grund der Vorteile wie Skalierbarkeit und geringe Kosten sowie der Offenheit im Sinne eines „Smart Market“ erscheinen Peer-to-Peer-Konzepte (P2P) [11] in diesem Zusammenhang besonders interessant:

- Hybrid P2P (mit zentraler, ggf. verteilter Intelligenz),
- Super P2P (mit hierarchischer Struktur und sog. Super Nodes),
- Pure P2P (völlig dezentral).

Prinzipiell können hier alle drei P2P-Modelle zur Anwendung kommen, wobei jedoch die Hybrid P2P-Lösung am einfachsten zu realisieren ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn als Applikationsprotokoll SIP zur Anwendung kommt [11]. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Kapitel 4 wird daher auch für die Vernetzung vieler Haushalte zur energetischen Optimierung in einem Verteilnetz der Einsatz von SIP bzw. SIP over TLS vorgeschlagen.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Während für Smart Meter aufgrund der geforderten hohen Verfügbarkeit eine Anbindung über das Stromnetz des Verteilnetzbetreibers geeignet ist, erfordert das personalisierte Haus- und Energiemanagement die Einbindung leistungsfähiger Kommunikationsnetze. Hier bieten NGN-Netze eine sichere und skalierbare Lösung für die Vernetzung von Smart Home-Diensteplattformen untereinander und mit den Akteuren des Strommarktes. Das Projekt e-SCHEMA [9] realisiert eine solche IP-basierte Dienstplattform, mit der der Kunde selbst für ihn maßgeschneiderte Dienste entwickeln, testen und nutzen kann.

## 7 Literatur

- [1] Schwab, Adolf J.: Elektroenergiesysteme. Springer, 2012
- [2] “Smart Grid” und “Smart Market” – Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems. Bundesnetzagentur; Bonn, Dezember 2011
- [3] Lastenheft EDL Elektronische Haushaltszähler – Funktionale Merkmale und Protokolle. Version 1.0. FNN, 13.01.2010
- [4] Lastenheft eHZ Elektronische Haushaltszähler – in Stecktechnik, konstruktive Merkmale. Version 2.1. FNN, 11.01.2010
- [5] Lastenheft MUC – Multi Utility Communication. Version 1.01. FNN, 04.07.2011
- [6] Technische Richtlinie BSI TR-03109: Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems für Stoff- und Energiemengen. Version 0.20. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 10.10.2011
- [7] Schönberg, Ingo: Smart durch Kommunikation. Aus „Smart Energy – Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem“, S. 379-392, Springer, 2012
- [8] Strese, Hartmut; Seidel, Uwe; Knape, Thorsten; Botthof, Alfons: Smart Home in Deutschland. Institut für Innovation und Technik (iit), Mai 2010
- [9] E-SCHEMA-Projekt-Webseite: <http://www.ecs.hs-osnabrueck.de/34736.html>
- [10] Positionspapier zu den Anforderungen an Messeinrichtungen nach § 21b Abs. 3a und 3b EnWG. Bundesnetzagentur, 23.06.2010
- [11] Lehmann, Armin; Eichelmann, Thomas; Trick, Ulrich: Neue Möglichkeiten der Dienstbereitstellung durch Peer-to-Peer-Kommunikation. ITG-Fachbericht 208 Mobilfunk, S. 87-92, Mai 2008