

Energieinformationssystem als neuronales Netz der Energieversorgung

Dr.-Ing. Franz Hein, mpc management project coaching, Esslingen, Deutschland, FHein_ES@web.de

Energieversorgung als Ganzes gesehen

Die beiden kritischen Infrastrukturen (Energieversorgung/ Informations- und Kommunikationstechnik) bilden künftig ein gemeinsames System. Getrennte Betrachtungen sind weder möglich noch sinnvoll. Die Techniken sind in einander verwoben und in ihrer Funktionsweise von der jeweils anderen abhängig. Sie sind wie die beiden Seiten einer Münze. Das Energieinformationssystem beschreibt beide Sichten, den analog/realen und den digital/virtuellen Anteil. Das kann als neuronales Netz der Energieversorgung aufgefasst werden mit deutlichen Ähnlichkeiten zum menschlichen Gehirn.

Energy supply seen as a complete system

Energy supply and IT will become one system of critical infrastructure. It makes no sense to take a separate view on each and it is impossible to do so. Both technical areas are interwoven and depend on each other. They are like two sides of a coin. The energy information system will combine this both facets, the analog/ real and the digital/ virtual part of the whole system. This can be seen almost as a neural network of energy supply with a lot of similarities to the human brain.

1 Warum neuronales Netz?

Laut ETG-Programmausschuss ist der eingereichte Beitrag als Poster zugelassen. Dessen Bestandteile werden beschrieben und die Analogie des Energieinformationssystems zu einem neuronalen Netzwerk wird verdeutlicht

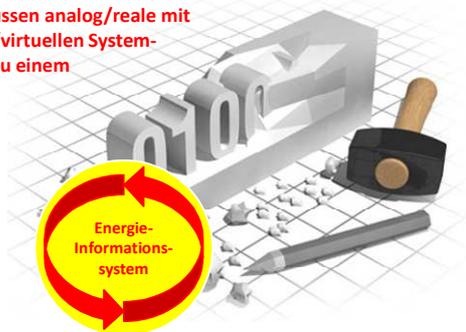
1.1 Der Blick auf das Ganze

Für Haushalte, Firmen, Organisationen, damit für uns alle, ist das Nutzen der Energie das Wichtigste. Da mit dem Umstieg auf rein erneuerbare Energien die heutigen Lagermöglichkeiten für fossile Rohenergien vollständig entfallen und trotzdem zu jeder Zeit der ständig wechselnde Zufluss und variierende Bedarf befriedigt werden muss, ist ein völlig neues Bevorraten der Energie erforderlich. Ein Energieinformationssystem muss deshalb alle Energienutzer, ihr Bevorraten und ihr Mitwirken einbeziehen.

Die Energiewende erfordert ein Umdenken



Wir müssen analog/reale mit digital/virtuellen Systemteilen zu einem

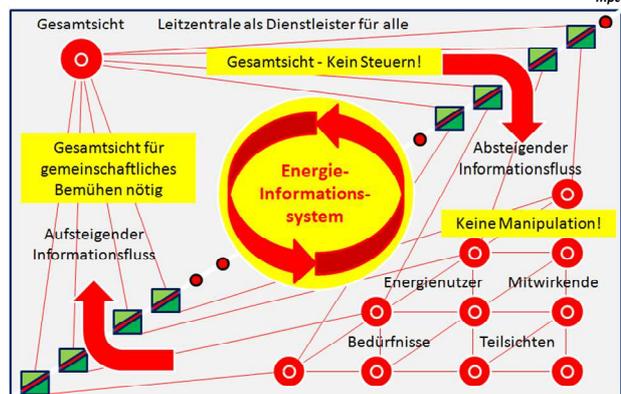


vernetzen, das so zum neuronalen Netz der Energieversorgung wird. Digitalisierung und maschinelle Kommunikation verändern alles!

Bild 1 Digitalisierung und maschinelle Kommunikation verändern grundlegend alles Bisherige

Die erheblichen Fluktuationen beim Energiezustrom von der Sonne in ihren verschiedenen Ausprägungen, „geerntet“ mittels Photovoltaik, Windrädern oder Wasserkraftwerken, bedingen ein breites Mitwirken aller Energienutzer bei der Sicherstellung des Leistungsgleichgewichts. Über die Tagesabläufe hinweg, besonders auch über die Jahreszeiten hinweg, ist ein Mitwirken beim Ein- und auch wieder beim Ausspeichern von Energie erforderlich.

Orchestrieren statt Steuern von außen



© 2015-03-25 Dr. Franz Hein Posterbeitrag zur ETG Fachtagung 2015 in Kassel

Bild 2 Zusammenspiel von Sichtweisen und Verhalten

1.2 Informations- und Leistungsflüsse

Den zentralen Teil des Posters bilden die Informations- und Leistungsflüsse. Das konzentriert sich zunächst auf die Bedürfnisse der Energienutzer. Die vielen unterschiedlichen Bedürfnisse und die einzelnen Sichten der Energienutzer auf ihre eigene Situation hinsichtlich Bedarf, Vorrat und Leistungsflüsse sind so zusammenzufassen, dass in einer dafür eingerichteten Zentrale eine Gesamtsicht erstellt werden kann. Diese Dienstleistung einer Zentrale mündet in der Weitergabe der Gesamtsicht an die

Energienutzer. Damit können diese ihr Verhalten gemeinschaftsdienlich im Sinne des Ganzen selbst steuern.

Die Weitergabe der Gesamtsicht orchestriert das Verhalten der Teilnehmer im Gesamtsystem. Diese haben dafür wie die Mitspieler in einem Orchester einen Verhaltenscodex (im Orchester das Notenblatt). Das begünstigt autonomes Agieren und mindert von außen kommende Manipulationsmöglichkeiten entscheidend. Das wiederum sorgt für die so dringend notwendige Resilienz in einem fragilen System, das auf der ständigen Beibehaltung eines dynamischen Gleichgewichts zwischen zuströmender und aus dem Netz entnommener Energie beruht.

In Bild 2 ist eine Ebene des Energieinformationssystems dargestellt. Dazu gehören die Leistungsflüsse im physikalisch und technisch ausgeprägten Netzwerk. Für die Berechnung dieser Leistungsflüsse sind weitere Informationsflüsse, bestehend aus topologischen Informationen und online-Messwerten sowie aus Planungsgrößen für kommenden Einspeise- und Bedarfssituationen erforderlich.

Das gesamte System besteht aus mehreren Ebenen, die kaskadenförmig geschichtet und physikalisch mittels Übergabestellen, Leitungen und Transformatoren gekoppelt sind. Diese Schichtung gilt auch für die Informationsströme, die sinnvollerweise immer in den Zentralen aggregiert werden, um den notwendigen Informationsaustausch insgesamt handlich und beherrschbar halten zu können. Diese Ebenenstruktur und die Verarbeitungen sind gleichzeitig zur Eindämmung von unzulässigen Informationen oder versuchten Beeinflussungen zu nutzen.

1.3 Strukturen und Zusammenhänge

Die Symbiose von Energietechnik mit der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) durchdringt alle Ebenen der Energieversorgung, im Kleinen wie im Großen. In den einzelnen Ebenen sind die Energiezellen als selbstähnliche Strukturelemente der zentrale und immer in allen Ebenen wiederkehrende Kern mit allen Bestandteilen. Nur hinsichtlich der Dimensionen gibt es Unterschiede.

Bisher schon gab es diese Energiezellen. Sie wurden nur noch nicht so als immer wieder kehrende Strukturelemente erkannt bzw. so benannt. In jeder Netzebene, ob im Transportnetz, Verteilnetz oder Ortsnetz – immer besteht so eine Energiezelle aus einem physikalischen Netz für den Transport elektrischer Energie und einem Informationsnetz für die Kommunikation der Bestandteile untereinander wie auch für die Beobachtbarkeit und Beherrschung. Dazu gibt es Leittechniken, denen Mess- und Zählleinrichtungen sowie Aktoren zugeordnet sind.

Nur in der untersten Ebene, bei den Energienutzern selbst, wurde der gleiche Ausbau bisher noch nicht so bezeichnet oder auch noch nicht vorgenommen. Bis vor kurzem waren Einrichtungen der IKT zu teuer. Eine Beobachtbarkeit endete meist sogar bereits in der Mittelspannungsebene. Nun aber finden sich die Energieeinspeisungen und nicht mehr nur die Energienutzungen vermehrt in der untersten

Netzebene. Die IKT-Einrichtungen sind längst erschwinglich und haben als iPad, iPhone und sonstigen vergleichbaren Komponenten eine massenhafte Verbreitung erfahren. In der Energiewirtschaft muss dieser Umbruch bei der IKT noch in eine neue Sicht, auch der Energienutzer als „mündige“ Mitwirkende, umgesetzt werden.

Selbstähnliche Energiezellen

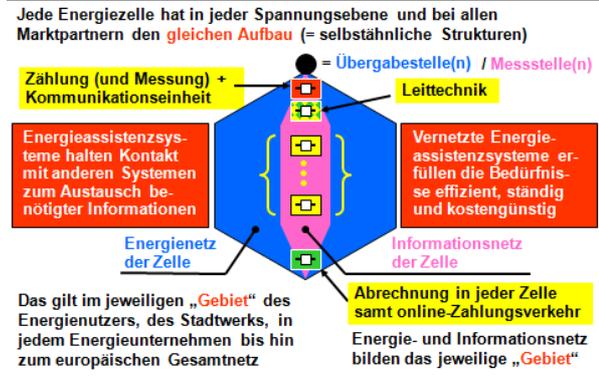


Bild 3 Energiezellen als selbstähnliche Strukturelemente

Nun sind also Energiezellen auch bei den Energienutzern denkbar. Sie haben grundsätzlich den genau gleichen Aufbau, wie die in vorgelagerten Netzebenen. Die Entwicklung in der Automobiltechnik mit den dortigen Fahrerassistenzsystemen muss sich nun fortsetzen in eine ebenso leistungsfähige Ausrüstung der Energienutzer mit Energieassistenzsystemen. Leider hinkt die Energiebranche aber noch erheblich hinter anderen Branchen hinterher und hat höchstens den „Letztverbraucher“ im Blick.

2 Mitwirken bei der Leistung

Das Energieversorgungssystem kann nur dann bestimmungsgemäß funktionieren, wenn ständig das Leistungsgleichgewicht in engen Grenzen eingehalten wird. Das ist vornehmlich Aufgabe der Netzbetreiber. Wegen der extremen Fluktuationen beim Energiezufluss wie auch beim weiterhin nicht einfach zu prognostizierenden Bedarf ist es aber eine gemeinschaftlich zu leistenden Aufgabe. Dazu kommen noch die gezielten Ein- und Ausspeisungen als Ergebnis des autonom vorgenommenen Energiemanagements. Die Netzbetreiber liefern dazu die Gesamtsicht auf die Leistungssituation. Damit werden die Beiträge aller orchestriert, nicht gesteuert oder geregelt.

2.1 Gemeinsam netzdienlich mitwirken

Dieses Mitwirken ist Teil des Verhaltenscodex der Energiezellen. Anhand der in den Energiezellen gemessenen aktuellen Frequenz als Indikator für das Leistungsgleichgewicht zusammen mit der übermittelten Gesamtsicht ergibt eine Plausibilitätsprüfung in jeder Energiezelle, wie ein eigener Beitrag zur Einhaltung des Leistungsgleichgewichts zu leisten ist. Zu diesen autonom zu treffenden Entscheidungen kommen noch Zusagen an die Netzbetreiber, den Energieaustausch mit dem umgebenden Netz bewusst zu variieren. Damit kann den Netzbetreibern eine

als notwendig erkannte Flexibilität verfügbar gemacht werden. Dazu sind weitere Daten über das Informationsnetz auszutauschen.

Sämtliches Mitwirken zur Sicherstellung des Leistungsgleichgewichts verlangt online-Messwerte und Reaktionen im online-Zeitbereich, also innerhalb weniger Minuten bis hinunter in den Millisekundenbereich. Dazu gehören noch Mitwirkungen zur Einhaltung des Spannungsbandes wie auch die Sicherstellung einer stets ausreichenden Kurzschlussleistung. Nur so können die Schutzrichtungen ihre Aufgabe erfüllen, und stets Gefahren innerhalb von Millisekunden abwenden.

2.2 Beteiligen wo immer es sinnvoll ist

Dieses lokale, dezentrale und autonome Mitwirken jeder einzelnen Energiezelle kann durch Beteiligungen an anderen Energiezellen unterstützt werden. „Verbunden werden auch die Schwachen mächtig“ (Friedrich Schiller in Wilhelm Tell). Dazu sind die entsprechenden Messwerte online über das Energieinformationssystem bereit zu stellen. Dieses Verfahren, genannt Istwertaufschaltung [1], gibt es schon seit Jahrzehnten in der Höchstspannungsebene, also im Verbundbetrieb. Infolge der extremen Verbilligung der IKT kann dieses Verfahren nun breit bis hin zu den Energienutzern zum Einsatz kommen. Das erlaubt bisher nicht denkbare Formen der Beteiligungen und Identifikationen der Energienutzer mit „ihren“ Infrastruktureinrichtungen.

Beteiligungen an anderen Energiezellen, deren energetischen Komponenten und deren Dienstleistungen, sind besonders für Beteiligungen an Energiebevorratungsmöglichkeiten nützlich – siehe unter 3.1. Das gilt aber genauso für flexibles Verhalten beim Bezug oder bei Lieferungen von Energie über die entsprechenden Übergabestellen. Das Energieinformationssystem schafft die Voraussetzungen für eine optimale Nutzung aller Ressourcen und nutzt den weiträumig möglichen Energieaustausch.

Für letzteres ist die Beteiligung an Investitionen entscheidend wichtig. Im Vorsorgezeitbereich werden Einrichtungen geplant, geschaffen, ausgebaut, fit gemacht und erneuert, welche in kommenden Zeitbereichen immer rechtzeitig zur Verfügung stehen müssen. Nur so kann auf Dauer die Versorgungssicherheit wie auch die Netzstabilität zusammen mit der Netzsicherheit gewährleistet werden. Der entscheidende Hebel ist dafür die messtechnisch und nicht nur finanziell ausgeprägte Beteiligung.

2.3 Blackoutprävention mit Fangen im Eigenbedarf

Autarkie der Energiezellen ist zwar nicht das Ziel in einem so gut vernetzten Energieversorgungssystem, wie das in Europa. Aber im Falle eines Blackouts führt kein Weg daran vorbei. Zunächst müssen sich möglichst viele der Energiezellen im Eigenbedarf fangen können, müssen unterbrechungsfreie Stromversorgungseinrichtungen wenigstens rudimentär für besonders wichtige Anwendungen eine notdürftige Stromversorgung sicherstellen. Ein solches Fangen im Eigenbedarf benötigt IKT-Komponenten,

die im Millisekundenbereich eine Notstromversorgung sichern. Dieses autarke Verhalten ist erstrebenswert

Wenn dieses in ausreichendem Umfang gelingt, dann ist der selbstorganisierte Netzwiederaufbau künftig der Weg aus einem im Grundsatz nicht zu verhindernden Blackout. Zwar ist weiterhin die Minimierung von dessen Eintrittswahrscheinlichkeit nötig. Aber dieses Vorgehen ist bei weitem nicht hinreichend. Wichtiger ist die Minimierung der Ausfallzeit. Dazu dient der selbstorganisierte Netzwiederaufbau [5]. Er erhöht die Resilienz erheblich.

Keimzellen für wiederaufgebautes Netz



Bild 4 Energiezellen als Keimzelle beim Wiederaufbau

Im Rahmen des Netzwiederaufbaues ist eine wichtige Frage: Kann das umgebende Netz die beabsichtigte Änderung der Übergabeleistung ausregeln, ist es also genügend robust, bleibt es somit weiterhin stabil und ist die Netzsicherheit gewährleistet? Das Ergebnis dieser Prüfung auf Verträglichkeit ist beim Netzwiederaufbau entscheidend dafür, ob er überhaupt gelingen kann. Wenn er gelingt, ist diese Verträglichkeitsprüfung auch im Normalbetrieb ein wesentlicher Bestandteil des netzdienlichen Verhaltens. Überhaupt sind die beim Netzwiederaufbau erforderlichen Fähigkeiten auch für den Normalbetrieb nicht nur nützlich, sondern selbstverständlich von allen Energiezellen entweder direkt oder aber über die Beteiligungen an anderen Energiezellen zu erbringen.

Das Endergebnis eines Netzwiederaufbaues ist der Übergang in den Normalbetrieb. Das festzulegen ist vornehmlich eine Entscheidung der Netzbetreiber in ihrem Gebiet. Kriterien sind: Das Netz ist stabil, robust und sicher betreibbar.

3 Mitwirken bei der Energie

Nur im Normalbetrieb kann Energie über das Netz ausgetauscht, irgendwo geeignet bevorratet, und dann das alles abgerechnet werden. Die Verantwortung für die Versorgungssicherheit tragen im Normalbetrieb die Energienutzer. Die können dafür Lieferanten beauftragen, damit die ihrer Bedürfnisse zusammenfassen und für eine Belieferung sorgen. Auch für die Bevorratung von Energie kann das geschehen. Für den Austausch von Energie zwischen Energiezellen können Händler beauftragt werden, wenn

nicht direkt zwischen Energienutzern ein Austausch vereinbart wird. Dazu können sich die Energienutzer über Internet zusammenfinden.

3.1 Energie immer ausreichend bevorraten

Diese Übernahme der Verantwortung setzt eine Prognose des Bedarfs sowie des Verlaufs der Ein- und Ausspeisungen voraus. Dafür sind neue Prognoseverfahren erforderlich, die vergleichbar mit den Verfahren bei den Wahlprognosen als Grundlage repräsentative Daten benötigen. Solche Daten beizustellen, wäre in den Geschäftsbeziehungen mit Energienutzern zu regeln. Oft stellen diese auch gleichzeitig Energie aus ihren Anlagen bei. Energiezellen, in den nur umgewandelte Sonnenenergie bereitgestellt oder nur Energie bevorratet wird, sind ansonsten wie alle anderen Energiezellen zu behandeln. Die richtige Auswahl der Energiezellen für die Prognoseerstellung bestimmt die Qualität der Prognose. Auf eine massenhafte Erhebung von Zählerdaten kann dann verzichtet werden. Probleme der Beobachtbarkeit des Verhaltens und Datenschutzprobleme wegen der Massendaten werden entscheidend verringert. Nur noch der Schutz der Daten von Geschäftsbeziehungen ist dann gezielt zu gewährleisten.

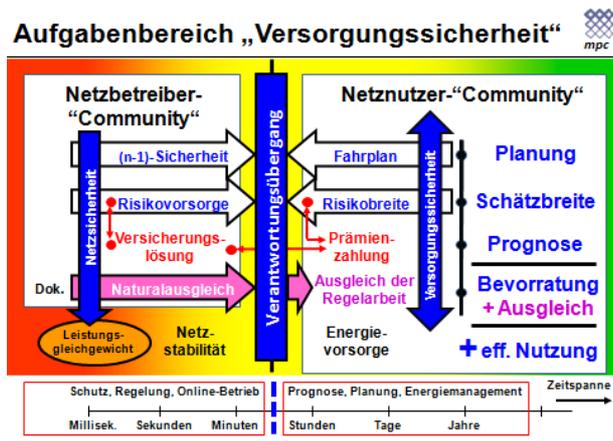


Bild 5 Kooperation Physik&Markt (Versicherungslösung)

Damit die Verantwortung für die Versorgungssicherheit übernommen werden kann, ist eine ausreichende Bevorratung von Energie unumgänglich. Nur so lassen sich Unzulänglichkeiten bei der Prognose ausgleichen. Aber auch so hat jede Prognose eine Schätzbreite, welche die Qualität der Prognose kennzeichnet.

Prognosen und gezielte Energieverlagerungen sind Grundlagen der Planungen für Ein- und Ausspeisungen von Energie für den Prognosezeitraum, meist für den folgenden Tag. Das ergibt die Fahrpläne für den Folgetag. Anhand dieser Fahrpläne ist es Aufgabe der Netzbetreiber, die Einhaltung der (n-1)-Sicherheit zu prüfen. Nur wenn dies gegeben ist, können die Fahrpläne als Sollgrößen für Bezug und Lieferung vereinbart werden. Ansonsten müssen die Energieeinsatzplanungen solange verändert werden, bis die Netzbetreiber zustimmen können. Die dazu erforderlichen Netzberechnungen sind Teil einer auch noch im Nachgang prüfbar dokumentierten aller

Vertragsgrundlagen zwischen den für Versorgungssicherheit und Netzsicherheit verantwortlichen Vertragspartnern.

Zusätzlich zu den endgültigen Fahrplänen sind die dazugehörigen Planungsunsicherheiten den Netzbetreibern in der gleichen Weise wie die Fahrpläne mitzuteilen. Die Netzbetreiber können mit Methoden, die in der Versicherungswirtschaft üblich sind, das daraus folgende Abweichungsrisiko zu ermitteln. Das Ergebnis sind Bandbreiten rund um die Fahrpläne nach oben und unten, mit denen die Netzbetreiber rechnen und auf die sie sich mit der Besorgung von „Flexibilitäten“ einrichten müssen. Es muss neben der Netzsicherheit eben auch noch die Netzstabilität von den Netzbetreibern sichergestellt werden.

Die Besorgung der „Flexibilitäten“ kostet und muss insgesamt von den Energienutzern bezahlt werden. Dafür sind Prämien (wie bei der Kfz-Versicherung) die Grundlage, deren Ermittlung wiederum mit Methoden der Versicherungswirtschaft erfolgt. Wie dort sind bei Einhaltung der gemeldeten Schätzbreite Nachlässe bei den Prämien fällig und bei Übertretungen entsprechende Prämien erhöhungen. Das ergibt dann einen fairen Rahmen, wenn die Netzbetreiber zwar einen Grundstock an Geld für die Besorgung der Flexibilitäten halten müssen, dann aber mittels Nachberechnung der Prämien insgesamt keinen Gewinn aus dem Versicherungsgeschäft ziehen.

Die „Flexibilitäten“ sind im Übrigen kein Produkt, auch wenn sie „besorgt“ werden müssen. Die Netzbetreiber benötigen dazu Zusagen eines netzdienlichen Verhaltens von Energienutzern in ihren Energiezellen. Dieses Verhalten muss autonom erfolgen – nicht durch Fernsteuerung oder über ein von außen kommendes Regelsignal, denn solche „Manipulationen“ von außen können immer missbraucht werden.

Missbräuche können nicht vollständig ausgeschlossen werden. Nur ein autonom vorgenommene netzdienliche Verhalten mit örtlich festgestellten Messwerten schränkt einen Missbrauch deutlich ein. Nur bei einem solchen Vorgehen kann der mitwirkende Energienutzer seiner Verantwortung für sein Verhalten (und seine Einrichtungen) gerecht werden. Für von außen kommende Signale kann er das nicht. Das als „Flexibilität“ zugesagte Verhalten soll helfen, das Leistungsgleichgewicht durch einen gegenläufig variierenden Bezug bzw. eine gegenläufige Einspeisung in engen Grenzen zu halten. Da der fahrplanmäßige Energieaustausch vereinbart wurde, kann im Nachhinein anhand der gemessenen Werte für die Frequenz und für den Energieaustausch dokumentiert werden, ob und wie die zugesagte Flexibilität „geliefert“ worden ist. Die Einhaltung der Zusagen ist wichtig!

3.2 Energieaustauschen wenn lohnend

Jedwede Planung wird immer durch die Wirklichkeit ersetzt. Dabei ergeben sich aus den aufintegrierten Abweichungen zwischen den vereinbarten Fahrplänen und den tatsächlichen Fahrweisen Energiemengen für jeden Ver-

antwortlichen der gemeldeten Fahrpläne. Diese Energiemengen werden als Naturalausgleich bezeichnet und sind unmittelbar bei der folgenden Einsatzplanung vollständig wieder durch entsprechend gegenläufige Fahrpläne auszugleichen. Dieser sofortige Ausgleich verhindert jegliche Spekulationen oder gar bewusst vorgenommene Verschätzungen. Der Bedarf an zu besorgenden Flexibilitäten wird so klein gehalten und Preisspekulationen erübrigen sich, da Fluktuationen bei der Energieeinspeisung die Wochentagsabhängigkeiten bei den Prognosen des Energiebedarfs vermutlich immer deutlich übertreffen.

Den Naturalausgleich gab es im Verbundbetrieb früher schon, beispielsweise in der UCTE und noch früher (UCPTE). Allein der Naturalausgleich wie auch die sonstigen Energieeinsatzplanungen machen einen Energieaustausch zwischen den Energiezellen in aller Regel lohnend. Zudem sind die Bevorratungsmöglichkeiten der einzelnen Energiezellen deutlich unterschiedlich ausgeprägt. Dieser Austausch kann nur über ein entsprechend gut ausgebautes und leistungsstarkes Netz erfolgen. Dies ist eine der wesentlichen Aufgaben in allen Netzebenen.

Zusammen mit den immer unterschiedlichen Energiebereitstellungen und Energiebedürfnissen (örtlich, abhängig vom Ausbau und auch über die Zeit hinweg) macht der Energieaustausch die Netzbelastung aus. Daran muss sich künftig die Ermittlung der Netznutzungsentgelte orientieren. Hohe Leistungen und weite Transportentfernungen müssen mit ausreichend empfundener Gerechtigkeit berücksichtigt werden, ohne den Berechnungsaufwand unnötig in die Höhe zu treiben. Eine Sozialisierung der Verluste im Netz ist unsinnig und führt zu gravierenden Fehlallokationen der Investitionen.

3.3 Energie lokal und sofort unmittelbar abrechnen

Hier muss nochmals auf das Bild 3 verwiesen werden. Da in einer Energiezelle bei entsprechender Zählung alle notwendigen Daten für eine Abrechnung vorliegen, kann sie auch dort erfolgen. Es müssen dazu nur noch die jeweils vereinbarten Preise übermittelt werden. Das ist genau das Gleiche, wie an einer Tankstelle. Auch dort sind lokal die Mengen- und Preisdaten vor und damit können unmittelbar nach dem Tankvorgang die Rechnungen erstellt werden. Bei konsequenter Umsetzung der Ideen für ein Energieinformationssystem können sämtliche Abrechnungen in einer Energiezelle durchgeführt werden. Dafür liegen auch die tatsächlichen Leistungsverläufe vor und können zusammen mit den gemeldeten Abweichungsschätzungen verarbeitet werden. Es sind nur noch wenige Daten von außen erforderlich, um lokal vollständig abrechnen zu können.

Wie bisher verplombte Zähler die Vertrauensbasis für die Abrechnungen zusammen mit den Ablesungen waren, können künftig entsprechende, gegen Manipulation gesicherte Abrechnungsprogramme in den Energiezellen die Abrechnungen vornehmen. Selbst der Zahlungsverkehr kann über maschinelle Kommunikation erledigt werden.

Die Zahl der auszutauschenden Daten wird drastisch verringert. Plausibilitätsprüfungen können automatisiert und ausreichend oft das in diese Einrichtungen gelegte Vertrauen rechtfertigen oder Alarm schlagen, wenn ein Manipulationsverdacht oder sonstige Ungereimtheiten entdeckt werden. Der Vorteil für den Schutz personenbezogener Daten ist evident. Alles das ist Teil des notwendigen Umbruchs, siehe in [2].

4 Effizienter Umgang mit Energie

Die in [2] erwähnten Energieassistenzsysteme sind hervorragend geeignet, als Automaten die Menschen bei der effizienten Energienutzung zu unterstützen. Im Benehmen mit den anderen IKT-Komponenten kann damit rund um die Uhr und unter Berücksichtigung weiterer Informationen von außerhalb auf eine Nutzung geachtet werden, welche die eigene Energiebereitstellung genauso berücksichtigt wie die Möglichkeiten, Energie zu bevorraten. Die Variationen bei der Energienutzung sowie die Möglichkeiten, bevorratete Energie lohnend zurückzuspeisen, ergänzen den effizienten Umgang mit Energie [3].

Bisher wurden in der Energiewirtschaft noch nicht annähernd erkannt und noch weniger genutzt, welche immensen Möglichkeiten und Umwälzungen sich aufgrund der Digitalisierung und der maschinellen Kommunikation der Geräte untereinander ergeben. Die alleinige Fixierung auf die Zählung hat den Blick auf die wirklich vorteilhaften Einsatzgebiete verstellt. Es ist dringend an der Zeit, die Entwicklungen in anderen Branchen auf die Gegebenheiten der Energieversorgung zu transformieren [4].

Wir brauchen dringend eine Energiewende-Fitness die beim Umdenken anfängt und in ein neues Handeln mündet. Der Umgang mit Energie darf in der Bevölkerung sich nicht mehr auf das „Verbrauchen“ und „Konsumieren“ beschränken. Vielmehr muss der Energieumsatz bewusst und sorgfältig gestaltet werden. Dazu bieten die Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik unglaublich viele Möglichkeiten, die in ihrem Ausmaß erst langsam erkannt werden. Die Gefahren werden allerdings auch total unterschätzt bzw. ignoriert [5].

Wir stehen nicht nur vor einem totalen Wechsel der Grundlagen bei der Energieversorgung, sondern vor einer riesigen Transformation, die sich im Internet bereits deutlich abzeichnet. Bis zum Jahre 2020 werden laut Schätzungen über 26 Milliarden Geräte in einem „Internet of Things“ untereinander Daten austauschen. Das ist eine neue industrielle Revolution. Für das Energieinformationssystem mit den darin befindlichen Energieassistenzsystemen bietet das die Grundlage für einen völlig neuen Umgang, auch für eine effizientere Nutzung der Energie. Zusammen mit dem elektromagnetischen Feld des Energietransportes bieten das „Daten“-Feld und die maschinelle Kommunikation enorme Chancen, die Herausforderungen der Energiewende zu meistern [6].

Die Analogien zu den neuronalen Netzen wie die in unserem Gehirn sind offenkundig. Auch im Energieinformati-

onssystem gibt es Sensoren und Aktoren, die über mehrere Ebenen mit immer wieder neuen Verarbeitungen Sichten mit unterschiedlichen Blickwinkeln zusammenfassen, auswerten und in Sichten der nächsten Ebene einbringen. Vergleichbar ist das auch mit den neuartigen Kameras, die einzelne sehr kleine Bildelemente so zusammenfassen, dass dreidimensionale „Fotos“ entstehen – siehe die Methode des „Lichtfeldes“ [7]. In unserem Gehirn führt das weitgehend parallele Verarbeiten zum Bewusstsein.

Auch in der Energieversorgung muss bewusst werden, in welchem Zustand das Gesamtsystem ist und welche Zustände die einzelnen Systemteile haben. Das gleicht den Denkprozessen im Gehirn, bei denen die in Bereiche und Ebenen gegliederten Regionen durch ihre so umfassend parallele Verarbeitung miteinander Informationen austauschen, um ein Gesamtbild (das Bewusstsein) zu erzeugen. Das erst liefert die Beurteilungsmöglichkeit, ob wir uns im Gesamtsystem und auch in den unterlagerten Netzebenen im Normalbetrieb befinden. Einen „Schalter“ gibt es dafür nicht, auch wenn dies marketing-mäßige Aussagen Glauben machen möchten (siehe „Ampelsystem“).

Die Digitalisierung erfordert auch ein Umdenken



Digitalisierung ist nicht . . .



. . . ein einfach weiter so
und die maschinelle Kommunikation ändert noch viel mehr!
Die Menge gekoppelter Systeme stellt alles in den Schatten.

Bild 6 Totales Umdenken ist dringend nötig

5 Schlaues Energiemanagement

Der alles entscheidende Faktor ist allerdings nicht das das physikalische Netz oder das Energieinformationssystem, trotz der in dieser Ausarbeitung herausgestellten Chancen einer durchgreifenden Neugestaltung des Energieversorgungssystems als Ganzes. Noch entscheidend wichtiger ist das nun so notwendige Bevorraten der Energie. Bisher wurden einfach fossile Rohenergien in sehr kompakter Form zur Bevorratung genutzt. Das muss sich genauso drastisch ändern, wie das komplette Verhalten infolge der Digitalisierung und maschinellen Kommunikation im künftigen Energieinformationssystem.

Allerdings sind die Dimensionen der notwendigen Bevorratung so immens und die bisher zur Verfügung stehenden Komponenten mit ihren Möglichkeiten und Dimensionen dagegen so gering, dass hier ein Schwerpunkt für den Ausbau gesetzt werden muss. Die aufgezeigten Möglich-

keiten neuer Techniken können begleitend helfen. Aber die Energiespeichermöglichkeiten müssen mit anderen Technologien und Komponenten extrem gesteigert werden. Wenn der Zuwachs an Leistungsfähigkeit und Speichermöglichkeiten in der IKT in den letzten Jahren betrachtet wird, könnten uns ggf. neue Technologien und Ideen auch bei der Energiebevorratung Hoffnung schöpfen lassen. Die Entwicklungen in der IKT konnten so noch vor ein paar Jahren auch nicht geahnt werden.

Eine Energiebevorratung - auch lokal bei den Energienutzern - und das zahlreich sowie in der Fläche, kann in neue Dimensionen führen. Zusammen mit einem schlaun und weitblickenden Energiemanagement in den Energiezellen wäre dann nicht nur das Energiesystem resilienter. Die maschinelle Vernetzung untereinander könnte gewährleisten, dass eine bedarfsgerechte Energieversorgung auch robust genug wäre, weil nicht allein die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ausfalles minimiert wird, sondern vor allen Dingen die Ausfallzeit. Zudem bieten so Zentren keine geeignete Angriffsfläche (siehe Resilienz [8]).

6 Literatur

- [1] F. Hein, Wie funktioniert der Energiemarkt. Vortrag bei den Esslinger Energie-Gesprächen am 5.10.2010, http://www.esslingerenergiegespraeche.de/files/downloads/veranstaltungen/20101005/Vortrag_Hein.pdf
- [2] F. Hein, Umbruch im Energiemarkt als das Erklimmen einer neuen Kulturstufe, ETG-Kongress 2011, paper 2.6, <https://www.vde-verlag.de/proceedings-de/453376053.html>
- [3] M. Corban, Energieversorgung ist kein Spekulationsobjekt, Automatisierungstreff 2013, Böblingen, Trend-Session 1: Ethik einer neu gestalteten Energieversorgung, <http://www.wirautomatisierer.de/home/-/article/32536721/38297032>
- [4] F. Hein, Die Marktkommunikation neu denken, Beitrag in der Jubiläumsausgabe „20 Jahre Energie & Management“, 1. Juli 2014, Seite 44-45
- [5] F. Hein, Orchestrieren statt Steuern von außen, Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze, 2015, Rolf Rüdiger Cichowski (Hrsg.), Seite 57-70
- [6] F. Hein, Vortrag an der SRH Hochschule Heidelberg, 14.01.2015, Schlaue Stadt als zukunftsfähige Energiezelle, <http://www.herbert.saurugg.net/energiezellensystem/die-schlaue-stadt-als-zukunftsfaeehige-energiezelle>
- [7] LichtFeld-Fotografie (Wikipedia), <http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtfeld>, <http://lightfield-forum.com/was-ist-das-lichtfeld/>
- [8] Resilienz – Einstieg in einer Reihe von Beiträgen, <http://www.herbert.saurugg.net/2014/begriffe/resilienz>