



JPR-Focus Nr. 02/23

Der Newsletter von JPR Concepts & Innovation im neuen Format und weiterhin kostenlos.

Erscheint in drei Sprachen – Deutsch, Französisch, Englisch – nun 3- bis 4-mal im Jahr.

Vertiefte, ganzheitliche Gesichtspunkte zu aktuellen Fragen.

Texte aus diesem Newsletter dürfen gern in anderen Newsletter und Webseiten verwendet werden. Ein Hinweis auf den "JPR -Focus" als Quelle ist jedoch notwendig.

Liebe Leserinnen und Leser

Herzlich willkommen zur zweiten Nummer des JPR-Focus im Jahre 2023.

Die Energiewende wurde für unsere heutigen Verhältnisse, vor sehr, sehr langer Zeit beschlossen. Heute, hat sie als Schlagwort ausgedient und wurde durch andere Begriffe wie Klimawandel und Dekarbonisierung ersetzt.

Zu Anfang schien das Zeithorizont 2050 uns viel Zeit zu lassen. Inzwischen ist die Thematik des Klimawandels dringender geworden. Dazu wurde der Umfang der Aufgabe als weit über die Frage der Energieversorgung hinausgehend festgestellt. Der wahre Umfang wird allerdings heute noch nicht voll erkannt. Nicht zuletzt haben die Ereignisse in der Ukraine nochmals die Dringlichkeit hochgeschraubt.

Für viele ist das Umsetzungstempo völlig ungenügend. Die Gründe dafür sind vielfältig. Zwei sind hervorzuheben. Einerseits die Fehleinschätzung der Komplexität der Aufgabe. Man ist noch in den Gedanken des vorigen Jahrhunderts gefangen, wonach nur ein paar Lösungen die Antwort zu allen Fragen bringen können. In der Zukunft werden wir eine Vielfalt an Kombinationen ausdenken müssen. Andererseits sind die Änderungen viel tiefgreifender als gedacht und demzufolge eine andere, breite Vorgehensweise erfordern.

Der folgende Bericht soll eine gewisse Aufklärung und eine mögliche Lösung zeigen.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.

Herzliche Grüsse
Ihr Jean-Pierre Rickli

Das künftige Stromnetz

1. Einleitung

Die Energiewende wurde vor einem guten Jahrzehnt beschlossen. Sie baute auf den folgenden Pfeilern:

- Umschaltung der Energieversorgung – Wärme und Strom - weg von den fossilen und nuklearen Energiequellen zu den erneuerbaren Ressourcen hin.
- Abschaltung der existierenden Kernkraftwerke sobald den sicheren Betrieb nicht mehr gewährleistet wäre. Das sollte spätestens in 2035 der Fall sein. Neue Kernkraftwerke werden keine gebaut.
- Da dadurch eine Produktionslücke vor auszusehen war, sollte sie durch Einsparungen in der Grössenordnung von 30% ausgeglichen werden.
- Die Mobilität wurde bewusst ausser Acht gelassen, da von der Schweiz aus, nicht direkt zu beeinflussen ist, obwohl sie zu etwa 30% des Verbrauchs an fossilen Energien beiträgt.

Mittlerweile, man hat sich auf dem Weg begeben und die Umsetzung eingeleitet. Die anfänglich gedachte Autobahn hat sie als steiniger, enger Weg entpuppt. Zu dieser unglücklichen Entwicklung haben viele Faktoren geführt. Die besonders relevanten sind hier in loser Reihenfolge aufgelistet:

- Verwendung von Begriffen, die die Kompetenzen und Zuständigkeiten nicht widerspiegeln. Wir haben auf Bundesebene ein Energiegesetz. Da der Bund nur für den Strom zuständig ist, ist dieses Gesetz eigentlich nur ein Stromgesetz. Das Gebäudewesen und somit auch die Gebäudeheizung ist den Kompetenzen der Kantone unterstellt. Beide Ebenen verwenden aber nur das Wort Energie und verstehen darunter etwas Spezifisches. Dieses Bundesenergiegesetz deckt somit grob nur einen Drittel unseres Energieverbrauchs. Ein Drittel ist in den Kompetenzen der Kantone und der restliche Drittel wurde ausgenommen. Wenn eine Anlage eine gewisse Grösse hat und Wärme wie auch Strom produzieren soll, hat der Bewilligungsprozess Bundesstellen wie auch die des entsprechenden Kantons durchzulaufen.
- Die Energieversorgung wird als strategisch wichtiges Thema betrachtet. Diese erhöhte Bedeutung hat dazu geführt, dass Vieles auf Gesetzesebene festgelegt wurde. Diese Gesetze haben eine zentralisierte Energieversorgung als Basis und stehen oft einer schnellen Umstellung auf erneuerbaren Energiequellen auf dem Wege.
- Einsparungen in der Grössenordnung von 30% lassen sich nicht mehr einfach durch blosse Effizienzsteigerung erreichen. Wie bereits in einem früheren JPR-Focus gezeigt (siehe JPR-Focus Nr. 01/19), ist das Potenzial der Einsparungen durch Effizienzsteigerung relativ klein – das heutige Niveau der Effizienz ist bereits sehr hoch; Verbesserungen sind nur mit einem stet grösseren Aufwand zu erreichen – und auch einmal ist das Maximum des Möglichen erreicht. Somit sind solche anvisierten Einsparungen nur durch den Verzicht zu erreichen. Der beobachtete allgemeine Trend ist allerdings dem entgegengesetzt. Somit, bei der praktischen Umsetzung, ist ein Inventar der verbrauchten Energie der allererste Schritt gefolgt durch eine Infragestellung von jeder Position, ob sie notwendig ist oder nicht. Niemand redet gerne über so etwas.
- Die ganze Diskussion wird immer nur auf der Ebene der Strommenge, d. h. die kWh, MWh oder sogar TWh geführt. Das ist sicher für den Markt und den Handel wichtig. Für den

Netzbetrieb jedoch, eher irrelevant. Wichtig ist dort die Leistung, die gerade abgerufen wird oder werden kann. Darüber wird im Allgemeinen wenig geredet. Wieso? Aus Ignoranz und auch weil man kritische Themen lieber als «von Spezialisten zu lösenden Details» abtut statt sich die Finger zu verbrennen. Mehr dazu später.

- Auf Grund der Eigenschaften der erneuerbaren Energiequelle – tiefe Energiedichte, zeitlich begrenzte Verfügbarkeit, lokal, Produktion nicht oder nur beschränkt auf den Verbrauch steuerbar – ist ein Wechsel von den bisherigen Energieformen zu den erneuerbaren für den Abnehmer bzw. den Verbraucher nicht einfach eine Umschaltung auf einem anderen Lieferanten, wie viele es noch denken. Tiefgreifende Anpassungen sind oft notwendig.
- Mit solchen notwendigen Anpassungen und einem angepeilten Anteil von 40% sind wesentlichen Änderungen am Stromnetz zu erwarten. Eine Neubetrachtung ist notwendig und kleine Änderungen vom heutigen Stand ausgehend, können kaum erfolgreich sein.
- Die Erkenntnis, dass bei weitem nicht nur die Stromproduktion auf der Basis von fossilen Energiequellen für die Klima-Misere allein verantwortlich ist, hat dazu geführt, dass immer mehr Sektoren in die Thematik eingeflossen sind – oft durch die Hintertür - wie zum Beispiel die Mobilität und ihre Umstellung auf elektrische Antriebe. Die Problematik ist dadurch keineswegs einfacher geworden, da ihr Anteil von 30% auf einmal auch vor allem mit Strom abgedeckt werden muss. Die Flugmobilität bleibt weiterhin ein Thema für sich. Lösungsansätze sind noch in weiter Ferne. Nur Ideen für gewisse Anwendungen liegen vor.
- Die Energiewende ist ganz klar in den Hintergrund geraten. Heute spricht man von der Dekarbonisierung. Damit wird die nächste Pandora-Büchse geöffnet. Es wird nicht mehr lange dauern, bis man wirklich realisiert, dass Kohle, Erdöl und Erdgas nicht nur Energieträger sind, sondern auch Rohstoffquellen, welche auch ersetzt werden müssten. Wasserstoff ist der heisse Anwärter dazu. Da sind wir wieder beim Strom, der für die Elektrolyse gebraucht wird. Die Spirale dreht sich weiter und das Stromnetz weiss eigentlich noch nichts davon.
- Das Denken und Handeln in der Politik und Wirtschaft ist noch stark vom Glauben geprägt, dass es in der Zukunft nur eine oder ein paar wenige Lösungen geben wird. Dass die Zukunft durch eine Vielzahl an Lösungen und Kombinationen gekennzeichnet wird, ist noch nicht angekommen. Es gibt dadurch sehr viele Grabenkämpfe für die jeweils vertretene Lösung.
- Die realitätsnahe Einschätzung der Ressourcen-Verfügbarkeit und der Produktions-Kapazitäten gibt es nicht. Die Einschätzung wird politisch jeweils an die zeitliche Erreichung der Ziele angepasst.
- Eine übergeordnete Betrachtung «top-down» des Problems fehlt, genauso wie ein übergeordnetes Konzept.

Wie wir sehen, haben wir bereits eine ansehnliche Fuhre an Fragen vor uns, die wir nicht einfach mit etwas Kosmetik an das Bestehende lösen können. Ein strukturiertes gesamtheitliches Anpacken ist notwendig. Der vorliegende Bericht soll etwas dazu helfen und Lösungsansätze aufzeigen.

2. Der heutige Netz-Aufbau und seine Funktionalitäten

Die Auswirkungen der Dekarbonisierung auf das Stromsystem sind nicht gleich stark auf alle Teile des Systems. Manchmal wird der physische Teil nicht beeinflusst, sondern nur die Transportleistung

oder die Kundschaft, manchmal geht es mehr um die Aufgaben selber. Damit man diese Auswirkungen besser einschätzen kann, soll hier ein kurzer Beschrieb des heutigen Netzes und seiner Funktionalitäten gegeben werden.

Das Schweizer Stromnetz ist vom Prinzip aus sehr ähnlich aufgebaut wie die meisten Netze auf der Welt. Es besteht aus verschiedenen Spannungsebenen für einen effizienten Stromtransport und eine gute Verteilung. Der Wechselstrom mit der üblichen Frequenz in Europa von 50 Hertz kaskadiert von den höheren Spannungsebenen bis zu der untersten, das Verteilungsnetz.

Sieben Spannungsebenen sind definiert. An den obersten 5 (Ebene 1 bis 5) sind Kraftwerke angeschlossen. Diese Ebenen dienen dem Stromtransport international, national und über-regional. Das Prinzip der Lastregelung dieser Ebenen über die Frequenz ist relativ einfach wenn auch dessen Umsetzung nicht immer so leicht ist, vor allem im stark dynamischen Umfeld. Die Netzfrequenz ist durch die Drehzahl der angeschlossenen Produktionsmaschinen gegeben. Sinkt die Last im Netz, so erfahren die Produktionsmaschinen weniger Widerstand, was sich in einer Erhöhung der Drehzahl bzw. der Frequenz widerspiegelt. Dann braucht es nur die Zufuhrorgane entsprechend zu schliessen und die Leistung wird angepasst. Umgekehrt bei einer Erhöhung der Last im Netz wird die Drehzahl bzw. Frequenz tiefer und dann müssen die Zufuhrorgane geöffnet werden. Als Alternative zur Regelung der auf der betroffenen Ebene einspeisenden Maschinen, ist eine Regelung der Leistung von der höheren Spannungsebenen möglich.

Es ist eine sehr direkte und in sich geschlossene Art die Leistung zu regulieren. Auf dieser Art wird eine Änderung des Strombedarfs fast augenblicklich durch eine Anpassung der Produktionsleistung ausgeglichen. Auch grosse Änderungen können auf dieser Weise abgefangen werden, sofern eine gewisse Planbarkeit vorhanden ist. Die grosse Trägheit der rotierenden Massen gleicht sehr kurzen Ereignisse aus und gibt bei länger dauernden Problemen etwas Zeit zu reagieren bis die Massnahmen greifen. Diese Situation wird sich in der Schweiz dank dem grossen Anteil an Hydro-Kraftwerke nicht gross ändern.

Da sind wir beim bereits angesprochenen Thema der eingeschränkten Betrachtung auf die Energiemenge (kWh, MWh, GWh, TWh) der Energieproblematik angekommen. Für die Netzbetreiber ist die momentan ausgetauschte Leistung für die Netzstabilität wichtig und sie kann sich innerhalb sehr kurzer Zeit ändern. Darüber wird sehr wenig gesprochen. Vielleicht weil es eben heute sehr gut gelöst ist. Hier zwei Beispiele:

- Es ist frühmorgens, alles schläft, auch die Sonne und der Stromverbrauch in den Haushalten ist praktisch auf Null. Innerhalb einer halben Stunde gehen alle Radiowecker los. Die Schweiz erwacht – egal ob Sommer- oder Winterzeit – die Räume werden erhellt, Wasser für den Tee oder die Milch werden erhitzt, die Kaffeemaschinen starten. Es wird geduscht, die Haare getrocknet. Alles elektrisch wohlverstanden. Fernseher oder Radios werden eingeschaltet, um das Neueste aus der Nacht zu erfahren und die Wetterberichte für den Tag zu kennen. Diese Spitze an Verbrauchsleistung, welche etwa 2 Stunden andauert, bedeutet die Zuschaltung von Kraftwerksleistungen; auf die 24 Stunden des Tages, sind diese 2 Stunden, vom Energieverbrauch her gesehen, nur ein Zwölftel davon.
- Ein grosses sportliches Event findet statt: ein WM-Länderspiel im Fussball. Der Match nähert sich der Halbzeit. Fernseher und eine gedimmte Beleuchtung sind an. Der Schiedsrichter pfeift das Ende der Halbzeit und innerhalb von Sekunden werden Räume

erhell, Herde für das Aufwärmen von Wasser eingeschaltet, Kaffeemaschine sind im Hochbetrieb, die Leute stehen vor den Toiletten Schlange. Für diese Mehrleistung wird Kraftwerksleistung gebraucht. Nach exakt einer halben Stunde ist der ganze Spuck vorbei; bis Matchende wo der Verbrauch wieder in den Himmel steigt. Unsicherheiten bei der Planung sind Nachspielzeit und Ergebnis. Der Betreiber hat nur ein paar Minuten Zeit um den genauen Anfang der Spitze zu kennen und deren Dauer hängt davon ab ob die Nationalmannschaft gewonnen hat und noch viel zu diskutieren und zu feiern ist, oder ob die Leute, frustriert, schnell ins Bett gehen werden.

Die Mittelspannungsebene (Ebene 6) hat eine doppelte Funktion. Einerseits nimmt sie die Leistung der angeschlossenen Kleinkraftwerken, daher ist sie ebenfalls Frequenz geregelt. Andererseits dient sie der Verteilung des Stromes zu den industriellen Verbrauchern, zu den grösseren Verbrauchern wie die Krankenhäuser und zu allen Mittelspannungsstationen zur Versorgung des Verteilnetzes (Ebene 7).

Die Ebene 7 ist gemäss dem Prinzip der kaskadierenden Stromflüsse als reine Verbraucherebene konzipiert. Da die Last dieser Ebene nicht über Produktionsmaschinen geregelt werden kann, muss sie über die Spannung gemacht werden. Nach den Gesetzen der Elektrizität ist die Spannung in der Nähe der Versorgungsstation am höchsten. Von da aus, mit der Last und der Distanz nimmt sie stetig ab. Somit wird die Spannung an den Mittelspannungsstationen geregelt.

Allerdings, mit dem Aufschwung der Photovoltaik, ist das Prinzip der reinen Verbraucherebene nicht mehr strikt eingehalten worden. Das hat zu Konstellationen geführt, wo lokale Überspannungen aufgetreten sind, mit entsprechender Konsequenz auf die Lebensdauer der angeschlossenen Geräte.

Das Versorgungsnetz der Bahnen nimmt hier eine besondere Stellung ein. Seine Frequenz ist anders, $16 \frac{2}{3}$ Hertz, und demzufolge ist es getrennt vom allgemeinen Netz geführt. Es ist von der jetzigen Betrachtung ausgeschlossen obwohl, wenn das Angebot der Bahnen grösser wird, eine Erweiterung der heutigen Verknüpfungen zwischen beiden Netzen in Betracht gezogen werden müsste.

3. Wo und wie wird der Strom zukünftig produziert?

Die einzige erneuerbare Energiequelle in der Schweiz für eine signifikante Stromproduktion auf Kraftwerksniveau ist die Wasserkraft. Sie wird weiterhin die Netzebenen 1 bis 5 bedienen. Da ändert sich eigentlich nicht viel. Einen signifikanten Ersatz für die ausfallende Produktion aus den Kernkraftwerken wird es aber auf diesen Ebenen nicht geben. Trotz den Beteuerungen von Promotoren von Solarkraftwerken in den Bergen, wird ihre Bedeutung auf diesen Ebenen für die künftige Stromversorgung eher klein sein. Vielleicht, werden sie ein paar Prozente der ausfallenden Produktion der Kernkraftwerke ersetzen können.

Die andere anzapfbare erneuerbare Quelle ist die Photovoltaik. Diese ist aber in der Schweiz nur sehr lokal nutzbar, dort wo Menschengesiedlungen sind. Ihr Potenzial ist relativ gross und muss effizient genutzt werden. Verschiedene Studien und Ausführungen von Häusern mit hohem

Energiestandard zeigen, dass sie etwa 70% der Bedürfnisse der Haushalte – Wärme und Strom – abdecken könnte.

Andere Energiequellen wie die Windkraft, die Biomasse, die tiefe und mittlere Geothermie werden ihren Beitrag sicher auch leisten, jedoch nur lokal oder im besten Fall regional, dort wo die Photovoltaik sich als ungenügend erweisen würde.

Die Windkraft für die reine Stromproduktion. Für die Biomasse wird es zwei Schwerpunktanwendungen. Eine ist die kombinierte Prozesswärme und Strom. Einige Industrien benötigen Prozesswärme auf einem Temperaturniveau, das nur durch Kombustion oder Oxydation (Wasserstoff) zu erreichen ist. Eine effiziente Energieumwandlung besteht darin diese Wärmeproduktion mit der Stromproduktion zu kombinieren. Die andere Anwendung sind Fernwärmeanlagen. Die Biomasse ermöglicht die saisonale Verschiebung, die Produktion von Wärme für die Gebäudeheizung und auch die Stromproduktion zur teilweisen Kompensation der reduzierten Stromproduktion durch die Photovoltaik.

Eine besondere Stellung hat die Geothermie. In der Schweiz wird auf Grund des tiefen erreichbaren Temperaturniveaus, die mittlere Geothermie nur für die Fernwärme zur Anwendung kommen. Bei der tiefen Geothermie ist zwar eine Stromproduktion möglich. Diese wird aber nicht für die Einspeisung, sondern primär für den Eigenbedarf zum Betrieb des Fernwärmenetzes gebraucht. Eine Einspeisung ins Netz wäre nur in der Sommerzeit denkbar. Das könnte allerdings zur Deckung eines höheren Bedarfs, wenn die Photovoltaik aus Witterungsgründen ungenügend wäre, in den frühen Morgenstunden von Vorteil sein.

4. Wie kann man die zukünftige Produktion ins Netz integrieren?

4.1 Grundlagen

Wir haben gesehen, dass eine Lücke von etwa 30 % bei der Umstellung von den fossilen zu den erneuerbaren Energiequellen vorliegt und zwar bereits bei der Beschlussfassung der Energiewende. Damals waren die ca. 30 Prozenten der Strassenmobilität nicht einmal berücksichtigt. Mittlerweile, sind sie bei der Dekarbonisierung mit dabei. Da geht es eigentlich nur um Strom als Ersatz, egal ob der Strom aus der Batterie oder aus einer «Power to X» Lösung kommt. Da geht es um enorme Strommengen.

Die Dekarbonisierung bei der Industrie wird andere Stromversorgungslücken offenbaren. Es ist somit ein Gebot der Stunde, den Strom möglichst effizient einzusetzen.

Bei der Handhabung vom Strom im Netz entstehen Verluste an verschiedenen Stellen:

- Beim Transport
- Bei der Spannungsumwandlung
- Bei der Umwandlung von Gleichstrom zum Wechselstrom und umgekehrt
- Bei der Umwandlung in einer anderen Energieform
- Bei der Speicherung und der Wiedergewinnung vom Strom.

Es wird viel über die Effizienz geredet und geschrieben. Dabei wird oft übersehen, dass die grössten Einsparungen erreicht werden, wenn Aktionen und Verbrauch ganz ausgelassen werden. Ganz

einfach, den Schalter auf «aus» zu lassen. Noch besser bei vielen Geräten ist es, wenn der Schalter ganz vorne steht und nicht, aus Kosten- oder Komfortgründen, nach Funktionen, die weiterhin im Hintergrund laufen und Strom konsumieren. Dann hat man wirklich 100% eingespart. Hingegen, mit der Optimierung von Funktionen oder Abläufe kann man oft nur ein paar wenige Prozente herausholen und zwar ohne Berücksichtigung des Aufwands für die Optimierung. Selbstverständlich, nicht alle Aktionen lassen sich vermeiden. Dann, erst dann, muss die Optimierung erfolgen.

Die Anwendung dieses Prinzips hat für Folge, dass der Strom möglichst am Produktionsort verbraucht werden soll. Dann könnten unter Umständen noch mehrere Umwandlungen vermieden werden.

4.2 Einbindung an die Ebene 7

Diese Ebene wird in der Zukunft eine zentrale Rolle spielen. Nach übereinstimmenden Meinungen von verschiedenen Studien, wird der Hauptanteil der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen auf dieser Ebene stattfinden und zwar im etwa gleichen Umfang wie der des individuellen Verbrauchs.

Das bedeutet, unter Berücksichtigung der Grundsätze der Effizienz, dass die lokale Produktion zuerst dort verbraucht wird, wo sie entstanden ist. Kann die Produktion nicht unmittelbar konsumiert werden, jedoch in greifbarer Zeitnähe, so ist sie möglichst lokal zu speichern.

Des Weiteren funktioniert die Lastregelung über die Frequenz nicht mehr wie im bisherigen Netz. Der grösste Teil der Produktion erfolgt als Gleichstrom und die Frequenz ist kein Indikator für die Last mehr. Sie ist lediglich für die verschiedenen Verbraucherantriebe im Netz notwendig. Da, heute, der Wechselstrom in vielen Geräten zuerst in Gleichstrom vor der Verwendung verwandelt wird, stellt sich die Frage wie lange die Umwandlung in Wechselstrom noch nötig sein wird.

Auch die einfache und eindeutige Lastregelung über die Spannung von der Mittelstation aus hat ausgedient. Überall im Netz können je nach Produktions- und Verbrauchskonstellationen Über- oder Unterspannungen auftreten. Diese müssen dann dezentral, lokal behandelt werden. Die Lastregelung lokal wird sich nicht mehr allein auf die Stromproduktion oder die -zufuhr auswirken. Sie wird beide Seiten beeinflussen. Bei einer Überproduktion – hohe Spannung – wird der Strom zuerst gespeichert und dann anderen zur Verfügung gestellt. Bei einer Unterproduktion, werden die Speicher geleert oder der Strom von anderen bezogen.

Aus all diesen Überlegungen ergibt sich die Struktur der künftigen Netzebene 7. Diese Ebene wird aus vielen Inseln bestehen. Jede davon wird zumindest eine Produktionsanlage, eine Speicheranlage, einen Anschluss an einer benachbarten Insel und eine Steuerung/Regelung die nach bestimmten Kriterien bestimmt wo der Strom nach Deckung des Inselbedarfs (Verbrauch und Speicherung) geleitet oder von wo zur Deckung des Bedarfs bezogen werden muss.

Die kleinste Insel wäre ein Haus. Diese kleinen Inseln werden dann zu einer grösseren Insel, der Strassenzug oder dem Quartier zusammengeschlossen. Diese wiederum zu einer grösseren Einheit bis zum Anschluss and die Ebene 6, die Mittelspannungsstation.

Ein solcher Aufbau würde einen schnellen, direkten Ausgleich von Bedarfsschwankungen, auch solche wie die im Kapitel 2 beschriebene, ohne grossen Stromtransport ermöglichen. Wenn die Speicherung auf etwa 70 bis 80 % der Referenzgrösse ausgelegt wird, kann eine gute Versorgungssicherheit mit einem effizienten Einsatz der wertvollen Materialien, welche für die Fabrikation der Speicher notwendig waren.

Die Aktivität auf dieser Ebene wird dann sehr dynamisch mit wechselnden Flüssen und auch mit wechselnden Flussrichtungen sein. Wenn das Solarpotenzial wirklich ausgeschöpft wird, könnte diese Netzebene als autark betrachtet werden und Strom nur in Ausnahmefällen mit der Mittelspannungsebene austauschen.

Der Netzbetreiber ist dann nicht mehr in erster Linie für die Versorgung zuständig, sondern für einen effizienten Austausch zwischen der nahen und der fernen Nachbarschaft und die ebenso effiziente Verwaltung der Überschüsse durch Speicherung oder Zurverfügungstellung auf überregionaler Ebene.

Die bidirektionale Messung der Stromflüsse und der Schutz werden dann zu komplexen Aufgaben.

4.3 Einbindung an die Ebene 6

Auf Grund des stark lokalen Charakters und der begrenzten verfügbaren Leistung der erneuerbaren Energiequellen in der Schweiz, werden die Kraftwerksanlagen auf der Basis von erneuerbaren Energiequellen vor allem an dieser Ebene angeschlossen. Sie wird zukünftig in erster Linie die industriellen Verbraucher zu versorgen haben und den interregionalen Ausgleich sicherstellen. Somit wird eine hohe Dynamik auf dieser Ebene stattfinden. Viele «Power-to-X» Anlagen werden wahrscheinlich von dieser Ebene aus für den saisonalen Ausgleich gespeist. Das wäre auch vernünftig, denn der saisonale Unterschied im Stromverbrauch wird sich stark auf dieser Ebene 6 auswirken.

Da die Überschüsse, die lokal nicht ausgeglichen werden konnten, in dieser Ebene für den regionalen bzw. den überregionalen Ausgleich eingespeist werden, wird die erwähnte Dynamik durch die bidirektionale Stromflüsse noch verstärkt.

4.4 Einbindung an die Ebenen 1-5

Auf dem ersten Blick scheinen die Möglichkeiten Strom aus erneuerbaren Energiequellen auf diesen Ebenen ziemlich beschränkt zu sein. Bei einer näheren Betrachtung kommen folgende Gedanken im Spiel.

Der von Flusslaufkraftwerken wie auch der von Wind- und Solarkraftwerken produzierte Strom hat Priorität bei der Nutzung. Ist die Netzbelastung jedoch so tief, dass solche Kraftwerke zurückgefahren werden müssten, sollen sie auf Last belassen und der Stromüberschuss gespeichert werden. Da stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: Pumpspeicherung, eine «Power to X» Lösung und allenfalls eine Batterie. Wenn eine Speicherung in der Nähe einer Produktionsanlage installiert wird, könnten sogar Stromtransportverluste vermieden wie auch, möglicherweise, Spannungsumwandlungsverluste. Da viele andere Faktoren mitspielen, ist jeweils eine detailliertere Betrachtung notwendig.

Die Abdeckung der regelmässigen und vorauszu sehenden Bedarfsspitzen wird zukünftig in erster Linie direkt auf der Ebene 7 wahrgenommen. Das ist eine willkommene Entlastung, da es verbleiben die Bedarfsspitzen der Industrie, welche nun mit einem stark reduzierten Park an steuerbaren und abrufbaren Wasserkraftwerken abzudecken ist. Die unregelmässigen und vor allem die unerwarteten Ereignisse grösseren Ausmasses verbleiben als Aufgabe dieses reduzierten Maschinenparks.

Die Wahl der «richtigen» Lösung hängt von vielen Faktoren ab wie fragliche Überschussleistung, Netzzustand, aktuelle Markt- und Verbrauchsdynamik, Füllzustand der Speicherseen, Bedarf an saisonaler Lastverschiebung, Ladezustand der Batterien, etc.

Die Hauptlieferanten von diesen Ebenen werden in erster Linie die Wasserkraftwerke sein. Vom internationalen Transport abgesehen, werden die anderen Produzenten aus erneuerbaren Quellen eher eine marginale Rolle spielen.

5. Zu lösende Aufgaben für die Implementierung

Jetzt wo wir sehen wohin die Reise geht, ist es möglich die vor uns stehenden Hürden und Aufgaben zu erkennen und Wege zu finden, um sie zu lösen.

Die ganze Stromwirtschaft ist stark reguliert. Die Netzebenen, ihre Aufgaben, die Entgelte sind in Gesetzen geregelt. Nun, müssen Juristen mit Netzspezialisten der Betreiberfirmen zusammensitzen, das im Laufe der Zeit entstandene Geflecht der Gesetze und Verordnungen erkennen und an den neuen Anforderungen anpassen. Das wird ein erster Schritt sein für eine bessere Planungssicherheit des neuen Netzes.

Die Pflichten und Rechte von Bauherren, Eigentümer und Mieter sind in verschiedenen Werken definiert; viele auf kantonaler Ebene. Viele Gebührenverordnungen nutzen diese Begriffe. Einige von diesen Regelungen berücksichtigen die Möglichkeiten eines Austauschs von Leistungen und eines gemeinsamen Besitzes nicht. Manche stehen sogar voll im Weg. Auch hier sind ein gründliches Durchkämmen und eine Überarbeitung notwendig. Eine interkantonale Koordination wäre hier empfehlenswert.

Wir haben mehrmals gesehen und erfahren, dass der grenzenlose Überfluss in der Energieversorgung eine Mär ist und noch mehr mit einer Versorgung auf der Basis von erneuerbaren Energien. Ferner sind die lokalen Gegebenheiten sehr unterschiedlich. Es gibt Lagen mit sehr günstigen Voraussetzungen. Bei anderen sind sie aber viel weniger gut: starker Schattenwurf, schlechte Ausrichtung, ungeeignete Dachformen, etc. Daher soll der Grundsatz gelten, dass alle Möglichkeiten an einem Ort möglichst voll auszunutzen sind, damit für die weniger optimalen auch etwas verteilt werden kann.

Dort wo im Winter Strom für die Heizung gebraucht wird, für die Wärmepumpe zum Beispiel, ist der Einbau von Sonnenkollektoren mit einer Wärmespeicherung unbedingt zu überprüfen. Die Nutzung dieser Wärme könnte mehr Strom einsparen als die PV-Module auf dieser von den Sonnenkollektoren besetzten Fläche im Winter produzieren würden.

Will man sorgsam und verantwortlich mit dem Energieverbrauch umgehen, ist als allererster Schritt bewusst über die eigenen Bedürfnisse zu werden. Da wir alle sehr unterschiedlich sind, haben wir auch unterschiedliche Bedürfnisse. Auch wenn unter dem Strich die Unterschiede in Watt oder Watt-Stunden nicht gross sind, ist es wichtig für die eigene Akzeptanz und das gute Gefühl versorgt zu sein, dass man diese Übung durchgemacht hat.

Diese Verbrauchszahl ist dann die Basis für die Dimensionierung der Speicherkapazität. Sie hängt von den Lebensumständen von den Bewohnern ab. Als Startwert für eine Optimierung kann man etwa 70 % vom täglichen Verbrauch nehmen. So sind 2-3 Tage schlechtes Wetter zu überbrücken. Die Abdeckung regelmässigen Bedarfsspitzen gehört auch dazu. Der Platz für die Speicherung soll allerdings flexibler gehalten werden, denn die Lebensumstände können ändern und somit auch der Speicherbedarf. Es ist auch möglich, dass die eigene Produktion zu keinem Überschuss führt, der für die Speicherung ausreicht. Dann muss der Speicher vom Netz geladen werden oder das Netz die Speicherung zur Verfügung stellen.

Der Strom der nicht unmittelbar verbraucht oder nicht für eine zeitnahe Verwendung gespeichert wurde, wird dann in das Netz gespeist und steht für eine Verwendung durch andere zur Verfügung. Das Umgekehrte ist auch möglich. So entsteht in nächster Nähe im Netz ein reger Austausch. Wiederum muss der statistischer Wert über ein paar Tage wieder in einem Speicher gelagert werden. Dieser Speicher steht an der Übergangsstelle zum nächsten ähnlich aufgebauten lokalen Kleinnetz. Solche Kleinnetze könnten sich wiederum in einem grösseren Netz ausgleichen wo wiederum eine gewisse Speicherkapazität vorhanden wäre. Ein solcher Aufbau der Speicherkapazität von unten nach oben kann wesentlich zur Netzstabilität wie auch zu einer besseren Betriebs- und Versorgungssicherheit beitragen. Ferner, eine so aufgebaute Speicherkapazität wird kleiner sein als eine, alle Fälle abdeckende zentrale Speicherung. Dadurch werden wertvolle und kritische Materialien verantwortungsvoll eingesetzt nicht zuletzt, weil das bestehende Netz praktisch ohne Änderungen weiterverwendet werden könnte.

Optimierungswerkzeuge für alle diese Aufgaben müssen entwickelt werden.

6. Geschäftsoportunitäten für die Netzbetreiber

Wie wir es in den vorigen Kapiteln gesehen haben, wird sich in erster Linie das Geschäftsumfeld der Akteure auf das Verteilnetz ändern. Einerseits wird sich der Schwerpunkt der Aktivitäten von der blossen Stromlieferung weg zum dynamischen Management der Stromflüsse in beiden Richtungen und deren Speicherung im Netz verschieben.

Das bedeutet, dass die heute primäre Einnahmenquelle, die Stromlieferung, stark kleiner wird. Dafür kommen andere, neue Aufgaben und die Komplexität des Geschäfts wird zunehmen. Das Geschäftsmodell – den Strom möglichst günstig zu kaufen, die Kosten für die Wartung und womöglich die Erweiterung des Netzes zu ermitteln und daraus, unter Berücksichtigung eines angemessenen Aufwands für die Verwaltung, den Verkaufspreis zu bestimmen – ist unter den neuen Bedingungen völlig ungenügend.

Die Kosten für die Netzinfrastruktur werden nicht tiefer sein, im Gegenteil. Es wird nicht mehr ausreichen den eingekauften Strom an den Eingangsstellen und den gelieferten and den

Verbrauchern zu messen und letzterer entsprechend zu verrechnen. Alle Stromflüsse werden in beiden Richtungen erfasst werden müssen und zwar, absolut, da je nach Flussrichtung die Preisstruktur anders sein könnte. Dazu, durch den Austausch und den Ausgleich der Bedürfnisse, könnten lokale Stellen oder Netzstränge überlastet werden. Solche Situationen müssten dann rechtzeitig erkannt und Korrekturmassnahmen eingeleitet werden was zusätzliche Messstellen und möglicherweise Verbindungen notwendig machen wird.

Das Verteilnetz wird somit die Grundversorgung koordinieren, optimieren, und bei Störfällen und ungewöhnlichen Wetterlagen sowie bei saisonalen Unterschieden im Verbrauchsverhalten sicherstellen. Wenn einzelne Akteure solche diese Aufgaben unterstützen, müssen ihre Leistungen gemessen und entsprechend honoriert werden. Dafür sind entsprechende Messstellen und Tarifstrukturen zu schaffen.

Viele Verbraucher werden durch diese neuen Aufgaben überfordert. Die Netzbetreiber könnten dann «Contracting-Lösungen» anbieten.

Auf die höheren Netzebenen (Ebene 1-5) werden die Änderungen weniger umfassend sein. Sie bleiben im Wesentlichen, nur ihre Prioritäten ändern sich. Die Strommenge wird kleiner, weil die Produktion der Kernkraftwerke durch die Solarproduktion auf der Ebene 7 ersetzt wird. Dafür bekommen die Netzdienstleistungen mehr Bedeutung und können nicht mehr im Gesamtvolumen verschwinden. Dadurch muss die ganze Kosten- und Einnahmenstruktur überarbeitet werden.

Alle diese Massnahmen kosten etwas. Die Talsohle des Energiepreises ist längst überschritten. Höhere Stromkosten sind somit unvermeidbar. Damit müssen wir rechnen und uns mit unserer Lösungswahl entsprechend darauf einstellen. Inwieweit der Verbrauch davon beeinflusst wird, ist noch offen.

7 Sonderfälle

Der Bahnstrom wurde bereits erwähnt. Ob der durch den Ausbau des Transportleistung erhöhte Strombedarf von den SBB durch die Produktion der eigenen Kraftwerke ausgeglichen werden kann, wurde nicht angeschaut. Ein Ausbau der eigenen Produktionsanlagen ist allerdings fraglich. Somit, müsste das 50 HZ-Netz für den Ausgleich sorgen.

Die Abdeckung des Energiebedarfs des Flugverkehrs ohne Fossil-Brennstoffe ist noch offen. Der Wasserstoff wird es aus meiner Sicht kaum sein. Das Abfallprodukt der Brennstoffzellen oder der direkten Oxidierung – das Wasser – ist auf Bodenhöhe zwar harmlos. In der höheren Atmosphäre, wo es als Wasserdampf ausgelassen würde, ist es sehr schädlich – Zerstörung der Ozonschicht, starker Treibhausfaktor – was eine Anwendung für den Antrieb von Fluggeräten praktisch ausschliesst. Es verbleibt somit nur das Flugkerosin aus der Synthese von Wasserstoff, aus der Luft extrahierten CO₂ und Wasser. Die Produktionsmengen sind allerdings so gigantisch, geschweige die Kosten, dass eine Produktion in der Schweiz undenkbar ist.

Bei der Strassenmobilität sind manche Tagträume durch die Ereignisse in der Ukraine bereit geplatzt. Genügend Strom für die Elektro-Fahrzeuge gibt es heute nur, wenn genügend Erdöl und Erdgas zur Verfügung stehen. Ist das nicht der Fall, muss man, in erster Linie im Winter, auf eine

extrem milde Witterung und auf das Stromsparen von allen setzen, damit die paar wenige E-Autos Strom verbrauchen können, sofern sie nicht durch eine eigene Solaranlage geladen werden können.

Es ist zu achten, dass Elektro-Autos im Sinne des Umweltschutzes nur einen Sinn haben, wenn der für sie erzeugte Strom aus der Photovoltaik oder zumindest klima-neutral sei. Somit ist bei uns die primäre Versorgungsebene für diesen Strom die Ebene 7. Ansonsten, bleibt der Weg auf einem ähnlichen Prozess wie das Flugkerosin produzierten Methanol zu setzen. Freilich, vom Ausland importiert.

Zentrale Ladestationen werden von der Ebene 6 gespeist. Diese Ebene könnte in der Zukunft der Flaschenhals der Energieversorgung sein. Nicht zuletzt, weil der Strom zusammen mit der Wärme für die Gebäude, im Winter, über Wärme-Kraftanlagen produziert und zur Verfügung gestellt und die Wärme über Fernwärmenetze verteilt wird.

Als Rohstoffersatz für die nicht mehr genehmen fossilen Produkten, kommt heute praktisch nur Wasserstoff in Frage. Das wird wohl in erster Linie im Ausland geschehen, wie für die Treibstoffe für die Mobilität.

Selbstverständlich, lokale Insel- und vor allem Nische-Lösungen werden im Inland an besonders geeigneten Stellen möglich sein.

8 Schlussfolgerungen

Folgende Erkenntnisse sind aus diesem Bericht zu entnehmen:

- Das Verteilnetz wird im Wesentlichen autark sein und mit Solarstrom betrieben. Es wird in erster Linie für den Ausgleich zwischen den Produzenten/Verbraucher (Prosumer) und zwischen Netzzellen und für eine angepasste Teilspeicherung sorgen. Bei Strommangellagen wird es über die Mittelspannungsstationen Strom von den höheren Ebenen beziehen.
- Die Produzenten/Verbraucher werden sorgen, dass sie möglichst viel Strom produzieren können und, gleichzeitig, so wenig als möglich selber konsumieren, damit der Stromüberschuss für anderen zur Verfügung gestellt werden kann, nachdem der angemessene Eigenbedarf gespeichert wurde.
- Die Speicherung gehört zum Strompreis, entweder auf die eigene Anlage oder im Netz.
- Die Geschäftsmodelle der Netzbetreiber müssen neu definiert werden. Die Aufgaben bleiben im Wesentlichen, ihre Prioritäten jedoch verschieben sich stark wie auch die Einnahmen- und die Kostenstruktur.
- Die Gesetzstruktur – Bund und Kantone – muss überprüft werden. Viele Regelungen sind nur für eine zentrale Versorgung mit fossilen und nuklearen Energiequellen gültig. Eine gründliche Überarbeitung ist erforderlich. Erst dann, sind die oben erwähnten im Netz möglich.
- Es wird eine Vielzahl an Lösungen und Technologien geben, unterschiedlich je nach Region, Anforderungen und Bedürfnisse. Die Welt wird erfrischend vielfältig und vielschichtig.

Ich hoffe mit diesem Aufsatz für etwas Klarheit in diesem Feld gesorgt zu haben. Es ist zwar ernüchternd festzustellen, wie wenig Weitblick die medienkräftigen Aussagen von Firmen, Politik

und Experten gezeigt haben. Es steckt nicht unbedingt ein schlechter Wille dahinter; sicher aber viel Ignoranz und viele Interessenkonflikte. Vielleicht die hier aufgeführten Vorstellungen können weitere Ideen mit sich bringen und uns tatsächlich näher an das Ziel bringen.

Ihr Jean-Pierre Rickli

Lassen Sie Ihre Freunde und Bekannten an diesem Newsletter teilnehmen. Einfach weiterleiten oder besser anmelden lassen!

Frühere Ausgaben des JPR-Focus finden Sie im News/Archiv unserer Webseite oder direkt mit <http://www.jpr.ch/newsarchiv.cfm>

JPR Concepts & Innovation

J.-P. Rickli

Coaching - Wissensmanagement - Innovation - Energie

Höchstrasse 47

8610 Uster

Tel.: +41 (0) 44 9404642

E-Mail: jprickli@JPR.ch

Ab- oder Anmeldung: einfach über die Webseite www.jpr.ch oder per E-Mail an jprickli@JPR.ch