

1. Ausgangssituation

Dieses Dokument basiert weitgehend auf der Situation in Deutschland 2015. In anderen Umfeldern mögen Zahlenwerte abweichen, die Zusammenhänge bleiben aber bestehen. Mit wachsender erneuerbarer Erzeugung werden Leitungskapazitäten und Spannungshaltung die ersten Barrieren. Das Netz wurde nicht für verteilte Erzeugung und bidirektionalen Transport entworfen. Diese Themen werden hier aus zwei Gründen aber nicht vertieft:

- Methoden, um sie zu beherrschen, sind hinreichend bekannt (regelbare Ortsnetztrafos, reaktive Einspeisung, mehr Mittelspannungsstationen).
- Das Ausbauziel Erneuerbarer liegt weit über den ~20%, bei denen diese Effekte beginnen. Die Behebung von Netzengpässen muss daher in jedem Fall erfolgen.

Wir betrachten ein Netzgebiet (Minigrid), das mit anderen Netzen verbunden ist oder auch nicht. Ein solches Minigrid bringt typischerweise vier Herausforderungen mit sich:

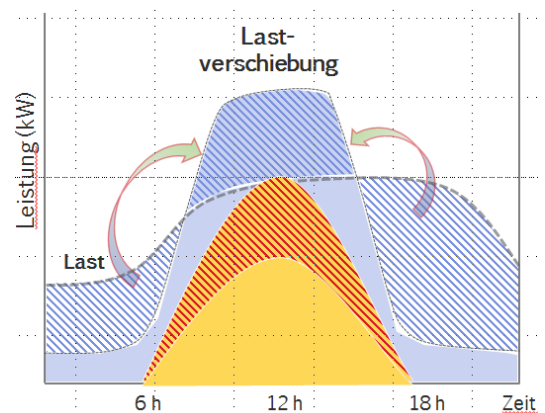
1.1. Erneuerbare Erzeugung erreicht die Spitzenlast

Sonne und Wind sind volatil. Die Konsequenzen sind, vereinfacht dargestellt: Photovoltaikkraftwerke (PV) liefern in sonnigen Gebieten Deutschlands ca. 1.100 h Nennleistung in den 8.760 h des Jahres und decken somit 1/8 der Zeit ab. Bei konstanter Last und 100% PV-Spitzenlastabdeckung deckt PV damit 12,5% des Durchschnittsbedarfs. Für höhere Anteile am Morgen, Abend und bei Bewölkung wird eine höhere Kapazität installiert und die Spitzenerzeugung abgeregelt (nicht genutzt). Da variable Kosten von Sonnen- und Windstrom praktisch null sind, steht diese Energie kostenlos zur Verfügung.

→ Mehrverbrauch bei Erzeugungsspitzen ohne zusätzliche Erzeugungskosten

1.2. Flexible Lasten lassen sich verschieben

Viele kleine flexible Verbraucher (<10kW) kommen hinzu, wenn die 70% fossiler Primärenergie (PE) in Verkehr und Heizung „dekarbonisiert“ wird (Stromerzeugung erfordert 30% der PE). Elektrofahrzeuge ersetzen solche mit Verbrennungsmotoren, Wärmepumpen die Öl- und Gasbrenner. Beide werden mit Strom versorgt. Elektroautos stehen >95% der Zeit still und bieten daher großes Flexibilitätspotential beim Laden. Die Flexibilität von Wärmepumpen kann durch Wärmespeicher oder Anschluß an Wärmenetze



kostengünstig erhöht werden. Mit einem Wärmespeicher für einen halben Tag kann man die PV-Spitzenenerzeugung am Mittag aufnehmen und die Abendlast reduzieren.

→ Flexible Lasten nutzen Erzeugungsspitzen für weniger Bedarf an Reserveleistung.

1.3. Flexible Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) für Energieeffizienz und Reserveleistung

Fossile und Biokraftstoffe werden noch für einige Zeit benötigt. KWK setzt sie effizient in Strom, Wärme und Kälte um. Je näher das am Verbrauchsort geschieht, desto geringere Wärmeverluste, höhere Effizienz und kleinere Einheiten. Flexibilität großer (industrieller) KWK kann über Aggregation genutzt werden, Lösungen für KWK im Hausbereich fehlen noch (<10kW für Einzelhäuser oder Wohnungen). Wie bei Wärmepumpen steigern Wärmespeicher und -netze die Flexibilität, so dass mit geeigneten Geschäftsmodellen Reserveleistung erzeugt und fehlende erneuerbare Erzeugung ersetzt werden kann.

→ Dezentrale KWK füllt Lücken in erneuerbarer Erzeugung und liefert Reserveleistung.

1.4. Kooperativer Betrieb dezentraler Batteriespeicher

Pioniere installieren aus Autonomiestreben oder technischem Interesse Solarbatterien. Dies wird attraktiver, wenn Erneuerbare im Vergleich zu Netzstrom mit dessen Umlagen billiger werden. Doch was für den Batteriebesitzer attraktiv ist, stört das Netz: Je kleiner, desto wirtschaftlicher sind diese kapitalintensiven Komponenten. An sonnigen Tagen sind die Batterien bereits mittags voll und PV-Strom wird schlagartig ins Netz eingespeist. Besser wäre es, netzdienliche Batteriesteuerung für den Besitzer attraktiv zu machen.

→ Dezentrale Batteriespeicher stützen das Netz nur, wenn dies ihren Besitzern nutzt

2. Lösungen auf dem Weg zu mehr Erneuerbaren

Auf dem Weg von der Vergangenheit (wenige große Kraftwerke stellen Flexibilität bereit) in die Zukunft (viele kleine Akteure sind einbezogen) kann das bisherige System erweitert oder ein neues „Betriebssystem“ eingeführt werden. Es ist aus vielen Gründen vorzuziehen, den Paradigmenwechsel „Verbrauch folgt Erzeugung“ dort schnell zu implementieren.

2.1. Erweiterung der bisherigen Betriebsweise

Bisher folgt der Erzeugungsfahrplan dem vorhergesagten Verbrauch, Regelenergie gleicht Abweichungen aus. Mit zunehmendem Anteil Erneuerbarer folgt der Fahrplan fossiler Kraftwerke der Differenz aus Verbrauch und erneuerbarer Erzeugung. Sobald die Spitzenerzeugung die aktuelle Last übersteigt, kann diese Differenz auch negativ werden. Gleichzeitig sinkt mit der fossilen Erzeugung die Verfügbarkeit von Regelenergie. Flexibilität muß dann über Aggregatoren oder virtuelle Kraftwerke (VPP) bei den Kunden gefunden werden.

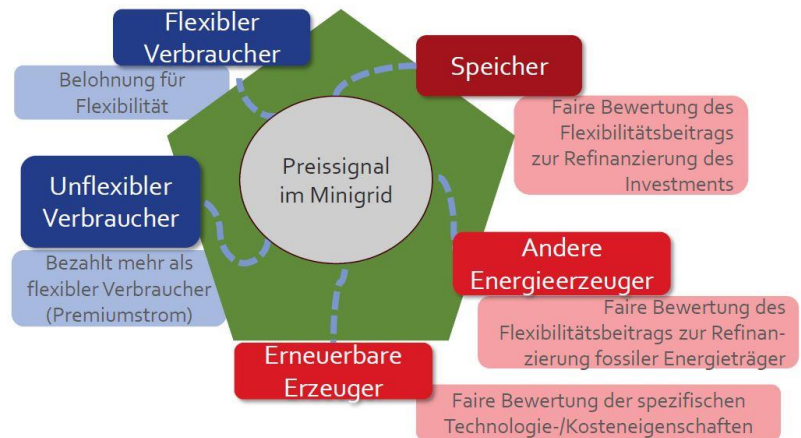
2.2. Einführung eines neuen „Betriebssystems“

Ein „neues“ Betriebssystem wird entworfen, um zukünftige Anforderungen zu erfüllen und die Migration aus dem heutigen System zu erlauben. Echtzeitmärkte mit variablen Preisen für Erzeugung und Verbrauch sind für die Integration vieler Akteure besonders geeignet. Gleichzeitig überwinden sie die heutigen Barrieren für einen effizienten Flexibilitätsmarkt: Begrenzungen durch Ort (Regelleistung/Strombörse), Größe (ab ca. 100 kW), Verfügbarkeit

und Vorhersagbarkeit von Flexibilität. Wenn dezentrale Akteure auf offen kommunizierte Preise reagieren, müssen zudem keine privaten Daten übertragen werden (Datenschutz).

2.3. Flexible Minigrids

Strompreise, die Knappheit oder Überfluss abbilden, befähigen und motivieren flexible Akteure. Mit ihrer Reaktion unterstützen sie das Netz und werden durch bessere Preise belohnt. Obwohl sie dringend benötigt werden, werden Entwicklung und Einsatz flexibler Geräte durch die Abwesenheit von Geschäftsmodellen so lange behindert, bis ein neues Marktdesign entworfen und umgesetzt ist. Viele Smart-Grid-Projekte bemühen sich noch nicht einmal um Flexibilität der Haushalte, da ihre Transaktionskosten den Wert der Flexibilität übersteigen. Unser Ziel ist, Pilotlösungen auch hierfür bald zu ermöglichen, um die installierte Basis schneller zu flexibilisieren. Wo Echtzeitpreise Flexibilität aktivieren, kann der nächste Schritt zur Integration Erneuerbarer gegangen werden.



Die Akteure sind durch gestrichelte Linien mit dem zentralen Preissignal verbunden, was die Interaktion andeutet. Die flexiblen Verbraucher erhalten eine Belohnung für ihre Flexibilität, während unflexible Verbraucher einen höheren Preis zahlen. Die Energieerzeuger (Speicher, andere, erneuerbar) erhalten eine faire Bewertung ihres Flexibilitätsbeitrags zur Refinanzierung ihrer Investitionen oder Technologien.

3. Der Ansatz von Easy Smart Grid

3.1. Projektauswahl

Damit Minigrids von einem höheren Anteil Erneuerbarer profitieren können, sollten sie eine gute Mischung von volatiler Erzeugung und Flexibilität sowie eine geeignete geographische und rechtliche Struktur aufweisen. Die Nutzer sollten variable Preise akzeptieren, mittels derer lokaler Stromaustausch möglich wird.

3.2. Preisbestimmung

Idealerweise reflektieren Strompreise die Flexibilität aller beteiligten Parteien. Kann man dies aus praktischen und regulatorischen Gründen nicht sofort erreichen, ist Stromtausch und zeitliche Verschiebung auch durch variable Preiskomponenten (Bonus/Malus) möglich. Bei einem zentral gesteuerten System kann solch ein Preis vom Betreiber oder einem Aggregator gesetzt werden. Wenn es an ein größeres Netz gekoppelt ist, kann eine variable Preiskomponente auch den Fluß der Energie in das Minigrid oder aus diesem heraus spiegeln. Eine variable Preiskomponente mobilisiert also Flexibilität, indem innerhalb des Minigrids Austausch erfolgt. Sie kann so festgelegt werden, dass sie für den Netzbetreiber nicht zu Mehreinnahmen oder -ausgaben führt (Nullsummeneffekt).

3.3. Preiskommunikation

Der Preis muss kosteneffizient, zuverlässig und manipulationssicher übertragen werden. Je schneller dies erfolgt (Sekunden statt Minuten), desto stabiler das Netz (keine Latenz- oder Totzeiten). Easy Smart Grid kann bei entkoppelten Netzen direkt genutzt werden. In einem gekoppelten Netz kann der Preis auch mit konventioneller Technologie bei niedriger Datenrate an die Netzteilnehmer gesandt werden.

3.4. Preisreaktion

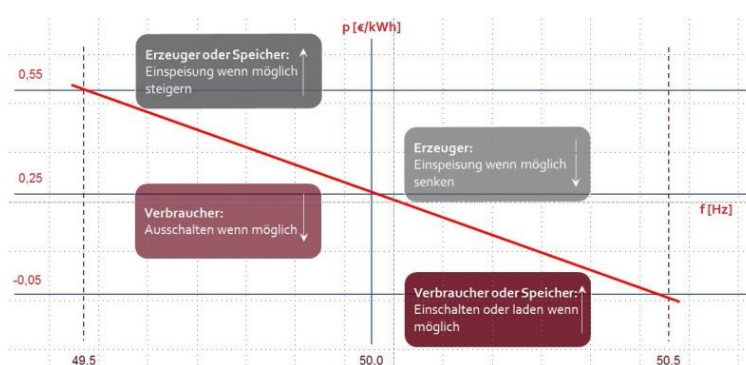
Basierend auf eigenen Algorithmen und Informationen zur Flexibilität, Nutzerpräferenz und Preisvorhersagen (abgeleitet z.B. aus historischen und aktuellen Preisen) treffen flexible Akteure Entscheidungen. Auch Stromzähler empfangen die Preise und zählen den bewerteten Verbrauch bzw. Einspeisung. Schnelle und bidirektionale Kommunikation wie bei konventionellen Smart-Metern sind aber nicht nötig. Verdichtete Verbrauchsdaten werden gelegentlich zur Abrechnung übermittelt, andere private Daten aber nicht (Datenschutz).

3.5. Preisprognosen

Wo bisher Prognosen (erneuerbarer) Erzeugung zur Erstellung der Fahrpläne fossiler Kraftwerke dienten, prognostizieren sie nun Preise für flexible Netzteilnehmer. Dominiert Erzeugung aus Sonne und Wind, bestimmen Verbrauch und Wetter den Preis (Wettervorhersagen können von neutralen Dritten geliefert werden). Solche Vorhersagen können Einfluss auf den Gewinn von Netzbetreibern oder Aggregatoren haben, daher sind interne Interessenkonflikte zu vermeiden.

4. Projektinitiierung und -entwicklung in Richtung “Easy Smart Grid”

In einem Minigrd wird der Austausch zwischen Akteuren wie Erneuerbaren Erzeugern, variablen Lasten und KWK sowie Batterien mit dem Ziel organisiert, möglichst wenige Schwankungen nach außen weiterzugeben. Ein Bereich für die Preiskomponente wird festgelegt, danach die Methode der



Preisermittlung. Wir schlagen vor, dazu den Leistungszu- und -abfluss (für Preiserhöhung bzw. -senkung) zu nutzen. Diesen kann man an wenigen Punkten (z.B. Mittelspannungstationen) ohne Auswirkung auf das Umfeld messen. Variable Preise gelten zuerst für Akteure mit dem größten Bedarf oder Potential für Flexibilität. Diese werden mit Steuerungstechnik ausgestattet und bei der Implementierung begleitet.

Dieser Stromaustausch reduziert Preisspreizung und Volatilität. Immer mehr Akteure werden einbezogen (Erzeuger erneuerbarer Energie, Lieferanten von Flexibilität), Flexibilität und EE-Anteil wachsen. Nun kann das Minigrd in die nächste Stufe überführt werden: Echtzeithandel und Kommunikation mittels Easy Smart Grid Technologie.

Das Minigrd wird mit anderen Netzen über Frequenzumrichter gekoppelt. In diesem Umfeld kann die Technologie für selbstbalancierende oder gekoppelte Minigrds entwickelt, getestet und danach zu anderen Minigrds ausgerollt werden, die von einer erprobten Technologie für effektive und effiziente Smart-Grid-Lösungen profitieren.