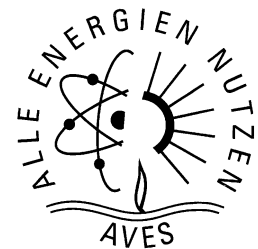


# AVES Pfannenstil

Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES)  
Regionalgruppe Pfannenstil  
c/o Dr. Hans R. Moning AG, Gotthardstrasse 10, 8800 Thalwil  
Postkonto 80-10120-3  
www.aves-zh.ch



---

BULLETIN Nr. 67

November 2012

---

Liebe Leserin, lieber Leser

Dominantes energiepolitisches Thema ist zurzeit der Ausstieg aus der Nuklearenergie. Mit Aussteigen verbinden wir – auch in der Energiepolitik – Vorstellungen wie Loslassen, Entlastung von Problemen und Verantwortung wie auch Erleichterung. Aussteigen ist also mit vorwiegend positiven Emotionen verbunden. Mit sicherem "Wahlchancen-Instinkt" hat die Politik den Fokus darauf gerichtet. Doch nach dem Ausstieg geht das Leben weiter. Der Ausstieg ruft unverzüglich nach einem Einstieg in eine neue energiepolitische Zukunft. Dieser Einstieg bedeutet: neue grosse Unwägbarkeiten, Suche nach Lösungen für komplexe Probleme, neue Verpflichtungen und Verantwortung sowie neue – nicht zuletzt finanzielle – Belastungen. Auch Einschränkungen und Verzicht auf liebgewonnene Annehmlichkeiten dürften nicht zu vermeiden sein. Und ohne Eingriffe in die Natur und die Landschaft wird die Energiewende kaum über die Bühne gehen. All das wird sich in Kürze mit Vehemenz in das energiepolitische Wahrnehmungsfeld vordrängen. Mit dem vorliegenden Bulletin möchten wir unseren Leserinnen und Lesern eine sachliche, illusionsfreie Schilderung der Optionen der künftigen Stromversorgung in die Hand geben und damit zu einer vernünftigen Energiepolitik beitragen.

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) hat eine fundierte Zusammenstellung des Basiswissens über die verschiedenen Technologien der Stromerzeugung erarbeitet. Mit freundlicher Erlaubnis des VSE (<http://www.strom.ch/de.htm>) dürfen wir Ihnen im vorliegenden Bulletin den Inhalt des Basiswissendokuments "Beiträge Technologien" in leicht gekürzter Form zugänglich machen ([http://www.strom.ch/uploads/media/VSE-AES\\_BWD-Beitraege-Technologien\\_05-2012.pdf](http://www.strom.ch/uploads/media/VSE-AES_BWD-Beitraege-Technologien_05-2012.pdf)).

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre und sind überzeugt, dass Ihnen die vermittelten Informationen eine gute Grundlage für das Verständnis der kommenden energiepolitischen Diskussionen bieten.

AVES Regionalgruppe Pfannenstil

Hans R. Moning

## Inhalt

Beiträge der Erzeugungstechnologien

Seite 3



# Beiträge der Erzeugungstechnologien

## 1. Zusammenfassung

Um die Stabilität der Stromversorgung zu gewährleisten ist es fundamental, dass das Angebot (Produktion) und die Nachfrage (Last) immer in einem ausgeglichenen Verhältnis stehen. Um die voneinander unabhängigen Schwankungen bei Last und Produktion auszubalancieren, ist die sogenannte Regelenergie notwendig.

Die verschiedenen Stromerzeugungstechnologien eignen sich in unterschiedlicher Weise für die Lieferung von Regelenergie. Eine wichtige Rolle spielen dabei die drei Faktoren Steuerbarkeit, Flexibilität und Planbarkeit der Produktion. Dabei zeigt sich, dass eine Erzeugungstechnologie umso stärker zur Versorgungssicherheit und zum Systembetrieb beitragen kann, je steuerbarer, flexibler und planbarer sie ist. Beim zu erwartenden Ausbau der nicht-steuerbaren Technologien wie Photovoltaik oder Wind ist es daher entscheidend, dass auch genügend flexible Technologien wie Pumpspeicher oder Gas- und Dampf-Kombikraftwerke zur Verfügung stehen, um die Systembalance zu halten.

## 2. Hauptbeiträge: Sicherung der Versorgung und der Systemdienstleistungen

Der fundamentale Auftrag des gesamten Elektrizitätssystems besteht darin, jederzeit eine konstante, schwankungsfreie Versorgung von Strom zu garantieren. Für einen einzelnen Verbraucher soll das Gesamtnetz grundsätzlich wie eine "unendliche" elektrische Quelle hinter der Steckdose aussehen: Spannung und Frequenz müssen in bestimmten engen Grenzen bleiben. Die meisten Verbrauchsgeräte sind nämlich auf diese Stabilität angewiesen, um richtig und zuverlässig funktionieren zu können.

Als Qualitätsmass der durchschnittlichen Versorgungsunterbrechung in der Schweiz wurde beispielsweise ein sogenannter SAIDI-Wert von knapp 20 Minuten pro Jahr ermittelt<sup>1</sup>, was einer Verfügbarkeit von 99.996% entspricht.

Um Stabilität zu gewährleisten, müssen die Produktionseinheiten zwei kritische Beiträge leisten: einerseits die Versorgung der Last sichern (Energie), andererseits die Balance des Systembetriebs sicherstellen (Leistung und Regelenergie).

## 3. Fakten heute

### 3.1 Übersicht

Die Produktions- und Lastschwankungen, welche unabhängige Ursachen haben, müssen gegeneinander ausgeglichen werden. Um das Gesamtsystem jederzeit in Balance zu halten, ist täglich ein schrittweises Planungsverfahren notwendig:

- a) Berechnung einer Lastprognose
- b) Bereitstellung von Kraftwerksleistung (Fahrplan)
- c) Bereitstellung von Reserveleistung und Regelenergie
- d) Regelung des Netzes in Echtzeit

Typischerweise finden die Planungen für jede einzelne Stunde einen Tag im Voraus statt ("day-ahead"). Im ersten Schritt wird aufgrund verschiedener aufdatierter Informationen eine Prognose des Lastverlaufs berechnet, welcher für den folgenden Tag erwartet wird. Insbesondere Wochentag, Tagesstunde, Kalender sowie Wettervorhersage (Temperaturen, Sonnenstrahlung, usw.) spielen hier eine Rolle.

---

<sup>1</sup> SAIDI = System Average Interruption Duration Index. Der Wert gibt die Zeit in Minuten an, in der während eines Jahres jeder Kunde im Durchschnitt ohne Strom war. Vgl. VSE 2012.

Der zweite Schritt ist die Bereitstellung von Kraftwerksleistung: Der Einsatz der verschiedenen Produktionseinheiten für die Versorgung der erwarteten Last wird geplant.

Im dritten Schritt geht es darum, Reserveleistung und Regelenergie bereitzustellen. Zusätzliche Produktionseinheiten werden dafür reserviert, die unerwarteten Schwankungen auszugleichen und den Systembetrieb zu sichern. Kurz vor der Lieferung können noch Anpassungen am Einsatzplan durchgeführt werden ("intra-day").

Im letzten Schritt, also im Augenblick der Stromlieferung, müssen die Abweichungen zwischen Last und Produktion in Echtzeit verringert werden ("balancing"). Ein komplexes Regelungssystem ist für die Erhaltung der Stabilität notwendig. Gelingt die Abstimmung von Last und Produktion nicht, droht ein Zusammenbruch des Gesamtsystems. Den Netzbetrieb sicherzustellen, ist Aufgabe des Übertragungsnetzbetreibers, der hierzu sogenannte Systemdienstleistungen (SDL) in Anspruch nimmt<sup>2</sup>.

### 3.2 Beitrag der Erzeugungstechnologien zu Versorgungssicherheit

Drei Schlüsselkriterien grenzen den Beitrag jeder Erzeugungstechnologie ein: die Steuerbarkeit der Produktion, ihre Flexibilität sowie ihre Planbarkeit. Es ist wichtig, diese Begriffe näher zu definieren und genau zu verstehen.

#### 3.2.1 Steuerbarkeit der Produktion

Eine Erzeugungstechnologie ist steuerbar, wenn sie eine vorgegebene Leistung (innerhalb der Kapazitätsgrenzen) während eines gewünschten Zeitfensters auf Wunsch liefern kann. Ein Mass für die Steuerbarkeit einer Technologie ist das Verhältnis zwischen gesicherter Leistung und installierter Leistung.

Der Betreiber einer steuerbaren Anlage kann daher selbst entscheiden, ob diese Strom liefert oder nicht. Typischerweise sind solche Kraftwerke steuerbar, die mit einem Brennstoff betrieben werden. Ein Beispiel von steuerbarer Technologie ist ein Kohlekraftwerk. Photovoltaik sowie Windkraft sind Gegenbeispiele, da ihre Produktion völlig wetterabhängig ist: Ihre Leistung kann im Voraus nicht fest "bestellt" werden (siehe Abbildung 1).

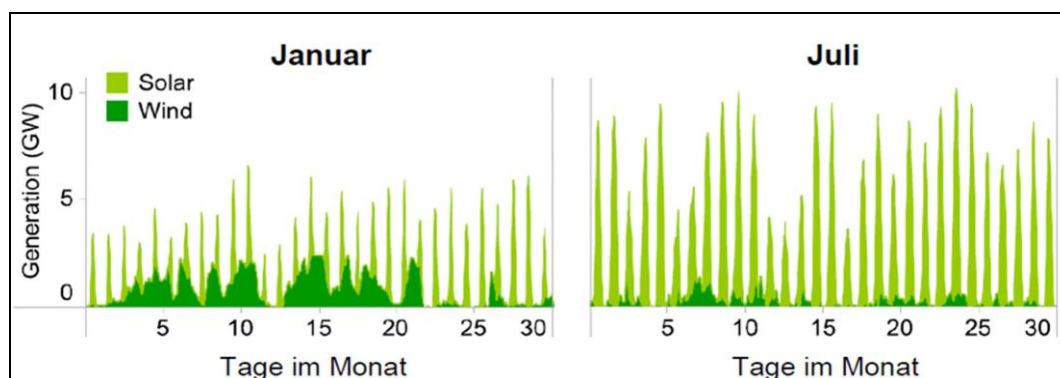


Abbildung 1:

Beispiel von Solar- und Windproduktion mit historischem Monatswetter 2008 (31 Tage im Januar bzw. Juli) für eine hypothetische installierte Kapazität von ca. 15 GW Solar, 2.5 GW Wind. Quelle: Pöyry 2012

<sup>2</sup> Die Schweizer Übertragungsnetzbetreiberin Swissgrid definiert Systemdienstleistungen wie folgt: „Als Systemdienstleistungen (SDL) werden in der Elektrizitätsversorgung alle Dienste bezeichnet, die Netzbetreiber für Kunden neben der Übertragung und Verteilung elektrischer Energie zusätzlich erbringen. Dazu gehören u.a. die Bereitstellung und der Betrieb eines Fahrplan- und Engpassmanagementsystems sowie koordinative Aufgaben innerhalb der Schweiz und in Europa. Den mit Abstand grössten Anteil der Kosten für Systemdienstleistungen macht jedoch die Regelenergie aus. Diese ist eine Art Versicherung gegen Stromausfälle, die Swissgrid mit Stromproduzenten und -abnehmern abschliesst, um im Fall von unvorhergesehenen Ereignissen kritische Netzsituationen zu meistern.“ (Quelle: [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch))

### 3.2.2 Flexibilität der Produktion

Kann der Kraftwerksbetreiber die Produktion nicht nur selbst bestimmen (Steuerbarkeit), sondern sie dazu noch zeitlich variieren, wird die Erzeugungstechnologie als flexibel bezeichnet. Flexibilität setzt demnach Steuerbarkeit voraus. Ein Mass für die Flexibilität – neben der Reaktionszeit – ist die mögliche zeitliche Änderung der Kraftwerksleistung im Verhältnis zur installierten Leistung (auch Gradient genannt, siehe Abbildung 2).

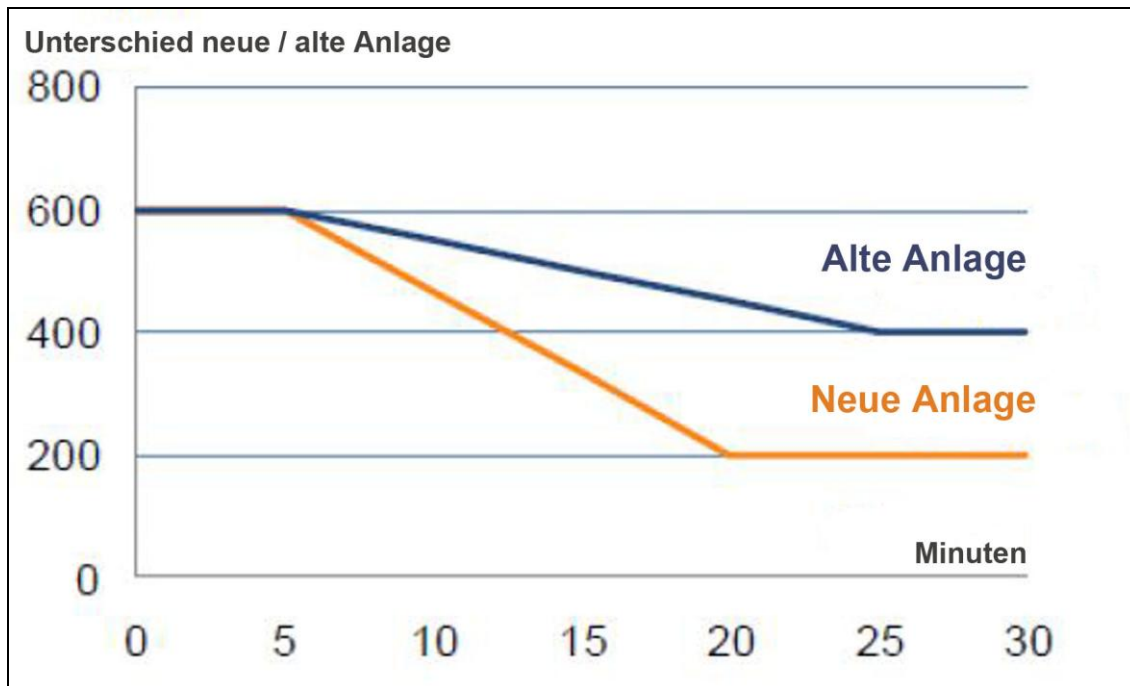


Abbildung 2: Verbesserung von Flexibilitätsparametern (Leistungsgradient und Leistungsbereich) von alten zu neuen Anlagen. (Quelle: Pöyry 2012)

Als Beispiel stellt eine Gasturbine nicht nur eine steuerbare, sondern auch eine flexible Erzeugungstechnologie dar, während Kohlekraftwerke eher träge reagieren und daher nicht sehr flexibel sind. Im Gegensatz zu den ebenfalls sehr flexiblen Speicherwasserkraftwerken sind Laufwasserkraftwerke kaum flexibel.

### 3.2.3 Planbarkeit der Produktion

Wie planbar eine Erzeugungstechnologie ist, kann durch die Genauigkeit der Prognose ihres Produktionsprofils gemessen werden. Ein Mass für die Planbarkeit ist die mittlere absolute Abweichung zwischen Leistungsprognose (z.B. ein Tag im Voraus) und realisierter Leistung, im Verhältnis zur installierten Leistung.

Windenergie zum Beispiel ist mehr als einige Stunden im Voraus nur wenig präzise planbar.<sup>3</sup> Die Produktion aus Photovoltaik ist im Verhältnis dazu besser planbar (siehe Abbildung 3), richtet sie sich doch nach dem Sonnenstand. Nur unvorhergesehene Bewölkung lässt die tatsächliche Produktion von der Vorhersage abweichen.

<sup>3</sup> Weil die Produktion aus Windenergie von der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit abhängig ist, wirken sich Abweichungen von der Windprognose stark auf die Produktion aus.

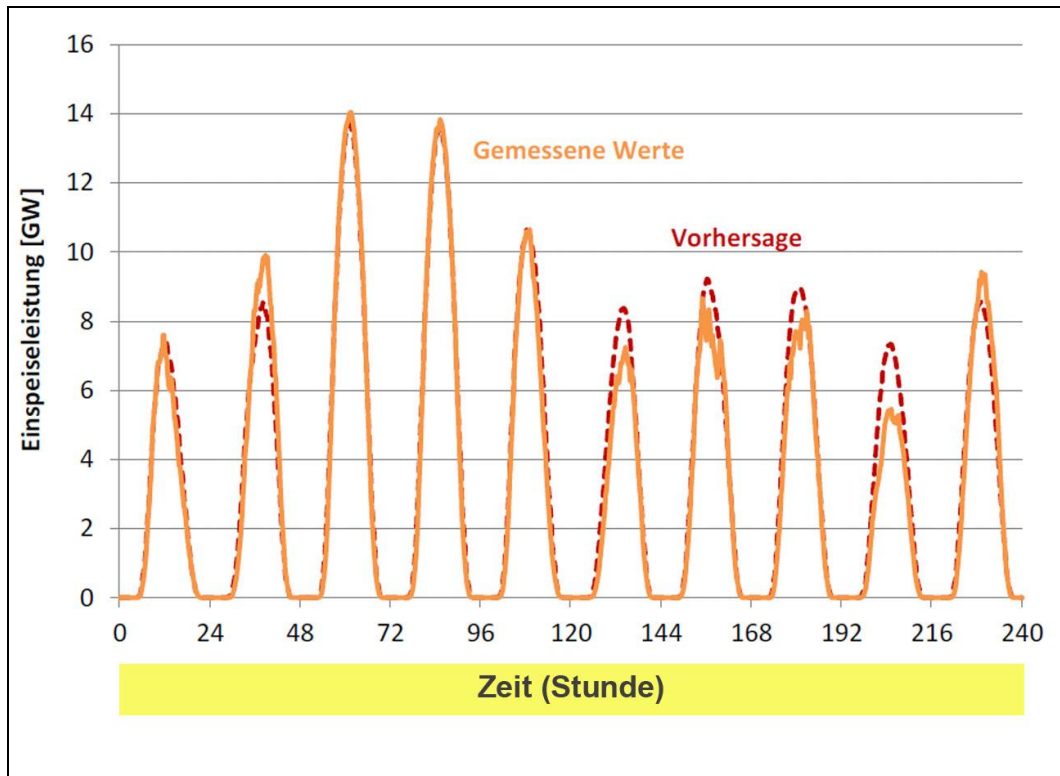


Abbildung 3.  
Beispiel von Vorhersage und realisierter Solarproduktion in Deutschland mit Wetter vom 25.6. - 3.7.2011 (240 Stunden) für eine hypothetische installierte Kapazität von 14 GW.  
Quelle: ETH 2011.

### 3.2.4 Einfluss auf Schwankungen

Die Balance erfordert jederzeit, dass die Schwankungen der Gesamtlast mit den Schwankungen der Gesamtproduktion genau kompensiert werden. Aus einem anderen Winkel betrachtet: Es ist einleuchtend, wenn man die Gesamtproduktion in „steuerbar“ und „nicht-steuerbar“ (d.h. schwankende Produktion) aufteilt:

$$\text{Gesamtproduktion} = (\text{steuerbare Produktion}) + (\text{nicht-steuerbare Produktion})$$

Zieht man die nicht-steuerbare Produktion von der Gesamtlast ab, dann erhält man die schwankende Netto-Last:

$$(\text{Netto-Last}) = \text{Gesamtlast} - (\text{nicht-steuerbare Produktion})$$

Jetzt kann die Balancebedingung (Gesamtlast = Gesamtproduktion) äquivalent wie folgt ausgedrückt werden:

$$(\text{steuerbare Produktion}) = (\text{Netto-Last})$$

Das heisst also, dass die steuerbare Produktion jederzeit die schwankende Netto-Last ausgleichen muss.

Der Schlüsselpunkt ist hier: Da Schwankungen der nicht-steuerbaren Produktion (z.B. aus Windkraft) und Schwankungen der Gesamtlast unabhängig sind, gleichen sie sich gegenseitig nicht aus – im Gegenteil: Als Nebeneffekt muss die steuerbare Produktion grössere Schwankungen der Netto-Last (im Vergleich zu Gesamtlast) ausgleichen.

Zusammengefasst: Je mehr nicht-steuerbare Produktion installiert wird, desto mehr steuerbare Produktion muss installiert werden (bzw. die steuerbare Nachfrage, die allerdings nur in sehr geringen Grenzen verfügbar ist, muss gesteuert werden), um die grösseren Schwankungen zu glätten.<sup>4</sup> Auch müssen natürlich die Netze entsprechend ausgestaltet sein, wenn steuerbare und nicht-steuerbare Produktion räumlich auseinander liegen. Sie müssen nämlich hinsichtlich Kapazität sowie Topologie so ausgestaltet sein, dass sie die stark schwankenden Leistungsflüsse hin und her übertragen können.<sup>5</sup>

### 3.2.5 Vergleich der Erzeugungstechnologien

Damit das Gesamtsystem überhaupt funktionieren kann, muss ein Teil der Produktion steuerbar, flexibel und planbar sein – es ist eine Randbedingung der Physik. Diese Tatsache ist entscheidend: Je steuerbarer, flexibler, und planbarer eine Erzeugungstechnologie ist, desto grösser ist ihr Beitrag zur Sicherheit der Versorgung sowie des Systembetriebs.

In der folgenden Tabelle werden die Beiträge der verschiedenen Erzeugungstechnologien miteinander verglichen.

Erzeugungstechnologie	Steuerbarkeit	Flexibilität	Planbarkeit
Kohle	ja	mässig	gut
Kern	ja	mässig	gut
Gas	ja	ja	gut
Laufwasser	nein	nein	mässig
Speicher	ja	ja	gut
Wind	nein	nein	gering
Photovoltaik	nein	nein	gering
Biomasse	ja	mässig	gut
Geothermie	ja	mässig	gut
Kraftwärmekopplung	ja	mässig	gut

Tabelle 1: Steuerbarkeit, Flexibilität und Planbarkeit von Produktionstechnologien

In der Studie von Pöry<sup>6</sup> wird beispielsweise mit einem detaillierten europäischen Modell berechnet, wie sich der Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz mit extrem stark zunehmender Solar- und Windkapazität ändern würde. Das Muster "Tag/Nacht" bzw. "Arbeitstage/Wochenende" würde sich weitgehend aufheben. Stattdessen würden die Pumpspeicherkraftwerke intensiver zur Kompensation der stündlichen Variationen von Solar- und Windproduktion eingesetzt.

Die für die Schweiz relevantesten Speichertechnologien sind gemäss der ETH-Studie<sup>7</sup> Pumpspeicherkraftwerke und (längerfristig) die Batteriespeicherung. Andere Technologien wie komprimierte Luft oder Wasserstoffspeicherung scheinen wirtschaftlich oder technologisch weniger geeignet.<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Pöry 2012

<sup>5</sup> Eurelectric 2010

<sup>6</sup> Pöry 2012

<sup>7</sup> ETH 2011

<sup>8</sup> Europarl 2012

### 3.3 Beitrag der Erzeugungstechnologien zu Systemdienstleistungen

Die Bilanzgruppen<sup>9</sup> sind dauernd bestrebt, die Ausgeglichenheit ihrer Last mit eigener Erzeugung resp. mit Handelsgeschäften zu gewährleisten. Dies ist aber nur zeitlich beschränkt und immer nur aus Sicht der Bilanzgruppe möglich. In der Regelzone Schweiz übernimmt deshalb Swissgrid – die schweizerische Netzgesellschaft – die Aufgabe, Produktion und Last kontinuierlich auszugleichen. Sie richtet sich dabei nach den Vorgaben des europäischen Stromverbunds ENTSO-E.

#### 3.3.1 Definition des Bedarfs an Backup-Kraftwerken (Regelleistung)

Mit der Marktliberalisierung haben sich in der Schweiz die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Gewährleistung der Netzsicherheit geändert. Seit dem 1.1.2009 ist Swissgrid per Gesetz verpflichtet, den Systembetrieb (Stromnetz) aufrecht zu erhalten. In dieser Funktion hat Swissgrid die Aufgabe, zu jedem Zeitpunkt die Differenz zwischen Last und Erzeugung mittels folgender Systemdienstleistungen auszugleichen:

- Primärregelung: +/- 77 MW
- Sekundärregelung: +/- 400 MW
- Tertiärregelung: + 510 MW / - 460 MW

Die Primärregelung wird von hierzu geeigneten Kraftwerken zu jedem Zeitpunkt und automatisch erbracht, indem Abweichungen der Netzfrequenz vom Sollwert 50 Hertz durch Zu- oder Abnahme der Produktion verringert werden. Sekundärregelung wird vom Übertragungsnetzbetreiber im Fall von grösseren Frequenzabweichungen, verursacht bspw. durch Kraftwerksausfälle oder den Wegfall eines grossen Verbrauchers, automatisch abgerufen, indem Produktionsanlagen ans Netz zugeschaltet oder von diesem getrennt werden. Die Produzenten reservieren hierfür Anlagenkapazitäten (Leistungsvorhaltung), die im Bedarfsfall für einige Minuten verwendet wird. Reicht diese Regelung nicht aus, das Netz zu stabilisieren, ruft der Übertragungsnetzbetreiber die Tertiärregelung ab, die für eine längere Zeit zur Verfügung steht.

Damit Swissgrid diese Regelleistung (beziehungsweise Regelenergie) auch abrufen kann, muss sie diese vorher mit den Stromproduzenten vertraglich vereinbaren. Swissgrid kauft bei den Lieferanten von Systemdienstleistungen eine Option zum Abruf von Regelenergie ein, die sie dann kurzfristig bei Bedarf abrufen kann.<sup>10</sup>

Swissgrid ermittelt die nötigen Vorhaltungsmengen mit einem mathematischen Verfahren, das die festgelegte Restrisikowahrscheinlichkeit eines nicht ausgleichbaren Leistungsüberschusses bzw. -defizits berücksichtigt.

---

<sup>9</sup> Eine Bilanzgruppe ist eine Art Konto von Händlern und Produzenten beim Übertragungsnetzbetreiber, über das die Handelsgeschäfte abgewickelt, Energie von Kraftwerken aufgenommen oder an Endverteiler abgegeben werden kann. Siehe auch [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch).

<sup>10</sup> Unter swissgrid 2010 ist eine Übersicht der Systemdienstleistungen ersichtlich. Die von Swissgrid aus geschriebenen Produkte werden in swissgrid 2011 beschrieben.



Für die Berechnung der auszuschreibenden Menge an Leistung für jedes Produkt gibt es folgende Hauptkriterien:

Erzeugerseitig	Auswirkung auf benötigte Regelleistung	
	heute	zukünftig
Ausfall von Kraftwerken in der Regelzone Schweiz	Abhängig von Struktur des Kraftwerksparks	Abhängig von Struktur des Kraftwerksparks
Planungsfehler von nicht steuerbarer Produktion (Laufwasserkraftwerke, Windkraft, Photovoltaik...)	Kleiner Einfluss	Grosser Einfluss, falls Durchdringung mit neuer erneuerbarer Erzeugung
Kraftwerke können den stündlichen (sprunghaften) Fahrplanänderungen nur in stetiger Funktion folgen	Grosser Einfluss	Mittlerer Einfluss (nicht planbare Produktion wirkt dämpfend)
Lastseitig	Auswirkung auf benötigte Regelleistung	
	heute	zukünftig
Planungsfehler der Lastprognose (bedingt z.B. durch meteorologische Einflüsse)	Mittlerer Einfluss	Steigender Einfluss, da die Lastprognose bei einer vollen Liberalisierung, bedingt durch Wechselkunden, schwieriger wird

Tabelle 2. Auswirkungen auf benötigte Regelleistung

Aufgrund der hohen technischen Anforderungen an die Produktionseinheiten für die Erbringung von Systemdienstleistungen ist das Angebot beschränkt. Zudem sind die Möglichkeiten, die Systemdienstleistungen im Ausland einzukaufen, limitiert.

### 3.3.2 Primärregelung (PRL)

Die Primärregelung ist charakterisiert durch:

- Automatische frequenzgesteuerte Regelung im Sekundenbereich
- +/- 77 MW Leistungsvorhaltung<sup>11</sup>
- Ausschreibung der Leistungsvorhaltung in der Schweiz und in Frankreich (max. +/-25 MW)

Die Erzeugung von Primärregelung in der Schweiz wird ausschliesslich durch Wasserkraftwerke (Speicher- und Laufwasserkraftwerke) erbracht. Ein Teil der Primärregelleistung wird im Ausland (aktuell maximal 25 MW in Frankreich) ausgeschrieben. In Deutschland und Frankreich werden zur Erbringung von Primärregelung auch thermische Kraftwerke eingesetzt.

### 3.3.3 Sekundärregelung (SRL)

Für die Sekundärregelung gilt:

- Automatische frequenz-leistungsgesteuerte Regelung im Sekunden- bis Minutenbereich
- +/- 400 MW Leistungsvorhaltung<sup>12</sup>
- Ausschreibung der Leistungsvorhaltung nur in der Schweiz

<sup>11</sup> Stand Herbst 2011

<sup>12</sup> Stand Herbst 2011

Die Erzeugung von Sekundärregelung wird ausschliesslich durch Wasserkraftwerke (Speicherkraftwerke) erbracht. Im Ausland werden dazu auch thermische Kraftwerke eingesetzt. Es gibt verschiedene Studien, wie in Zukunft auch andere Kraftwerkstypen (z.B. Windkraftwerke) für die Sekundärregelung eingesetzt werden könnten. Die Wirtschaftlichkeit ist allerdings schwierig abzuschätzen.<sup>13</sup>

### 3.3.4 Tertiärregelung (TRL)

Die Tertiärregelung (Minutenreserve in Deutschland) ist in der Schweiz durch Folgendes charakterisiert:

- Manuelle Aktivierung der Regelung auf Anforderung von Swissgrid. Die Abrufe von Tertiärenergie werden im Minuten- bis Stundenbereich durchgeführt.
- + 510 MW / - 460 MW Leistungsvorhaltung<sup>14</sup>
- Ausschreibung der Leistungsvorhaltung nur in der Schweiz

Die Vorhaltung von positiver Tertiärregelleistung wird im Moment mit Wasserkraftwerken erbracht. Die Vorhaltung von negativer Tertiärregelleistung wird zu einem grossen Teil durch Kernkraftwerke erbracht. Zusätzlich werden Wasserkraftwerke (Speicher- und Laufwasserkraftwerke, inkl. Pumpleistung) angeboten.

## 4. Zukünftige Entwicklungen

Die ENTSO-E ist bestrebt, dass wie im Strommarkt auch im Regelenenergiemarkt eine europaweite Zusammenarbeit erfolgt – dies aus Sicherheits-, aber auch aus Kostengründen. Erste Konzepte wie zum Beispiel der Netzregelverbund wurden in Deutschland regelzonenübergreifend bereits umgesetzt. Aus heutiger Sicht wird dies eine länderübergreifende Optimierung des Regelenenergieeinsatzes zur Folge haben. Auf die Bereitstellung der Regelleistung in den einzelnen Regelzonen wird es kurzfristig keinen Einfluss haben.

### 4.1 Nachfrageseitige Entwicklungen

Es gibt aus heutiger Sicht keine Anzeichen für eine massgebliche Änderung auf der Nachfrageseite (Gesamtlast) von Regelleistung für die nächsten zehn Jahre. Allenfalls ist für die Tertiärregelung ein Zusammenrücken zwischen Intraday-Strommarkt und Tertiärenergieangeboten vorstellbar (dies würde eine Reduktion der Leistungsvorhaltung mit sich bringen).

### 4.2 Angebotsseitige Entwicklungen

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich in naher und mittelfristiger Zukunft für die Primär- und Sekundärregelung aufgrund der technischen Anforderungen keine grossen Veränderungen im Angebot der Schweizer Kraftwerkstypen ergeben. Für die Tertiärregelung sind mittelfristig zusätzliche Anbieter im Zusammenhang mit neuen Möglichkeiten von Lastmanagement vorstellbar. Zudem gibt es Bestrebungen, mit einem Pool aus Kleinkraftwerken (z.B. KVA) und grossen Strombezüglern (Last-Zuschaltung und -Abschaltung) ebenfalls Tertiärregelung positiv und negativ anzubieten. Dies wird aber in nächster Zeit keine massgeblichen Auswirkungen auf das Angebot von Regelleistung mit sich bringen.

Mit der Zunahme von Solar- und Windkapazität wird allerdings ein zusätzlicher Bedarf an Regelleistung entstehen, welcher durch Solar- bzw. Windprognosefehler verursacht wird (Zunahme der Netto-Last-Schwankungen). Der zusätzliche Bedarf wird auf ca. 8% bis 10% der installierten Solar- und Windkapazität geschätzt.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Europarl 2012

<sup>14</sup> Stand Herbst 2011

<sup>15</sup> Pöyry 2012

## 5. Fazit

Je steuerbarer, flexibler und planbarer eine Erzeugungstechnologie ist, desto grösser ist ihr Beitrag zur Sicherheit der Versorgung sowie des Systembetriebs. Wenn der Anteil der Produktion aus erneuerbaren Energiequellen weiter erhöht wird, wird die Rolle der Systemdienstleistungen noch wichtiger. Zusätzliche Kapazitäten von den nicht-steuerbaren Technologien Laufwasser, Wind und Photovoltaik sind auf den Einsatz flexibler Technologien (vor allem Pumpspeicher und Gas) angewiesen, um die Systembalance zu halten.

## 6. Quellennachweis

DENA 2010	Kurzanalyse der Kraftwerksplanung in Deutschland bis 2020 (Aktualisierung): Annahmen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen, Deutsche Energie-Agentur, 2010
ETH 2011	Energiezukunft Schweiz, ETH Zürich, 2011
Eurelectric 2010	Integrating intermittent renewable sources into the EU electricity system by 2020: Challenges and solutions, Eurelectric, 2010
Europarl 2012	European Renewable Energy Network, Directorate general for internal policies, Economic and scientific policy Department, European Parliament, 2012
Pöyry 2012	Supply and demand of flexible generation capacity in Switzerland, Pöyry, 2012
swissgrid 2010	Überblick Systemdienstleistungen, swissgrid, 2010
swissgrid 2011	Grundlagen Systemdienstleistungsprodukte, swissgrid, 2011
VSE 2012	Medienmitteilung 15. Februar 2012, VSE, 2012



Eine Fülle von Informationen über energiepolitische und energietechnische Themen finden Sie im Archiv auf der Website der AVES Regionalgruppe Pfannenstil unter:

**[www.aves-zh.ch](http://www.aves-zh.ch)**