

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 107 (2016)

**Heft:** 7

**Artikel:** Pooling-Lösungen mindern Risiken

**Autor:** Imboden, C. / Schneider, D. / Abt, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857155>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Pooling-Lösungen mindern Risiken

## Forschungsarbeit zur Teilnahme industrieller Regelleistungs-Anbieter am Schweizer SDL-Markt

Der grosse Wasserkraft-Anteil im Schweizer Regelleistungs-Portfolio führt zu saisonal bedingten Preisvolatilitäten. Um die Abhängigkeit von konventionellen Wasserkraftanlagen zu verringern, sind industrielle Anlagen eine mögliche Alternative, die derzeit noch weitgehend ungenutzt ist. Eine Forschungsarbeit der Hochschule Luzern betrachtet die Bedürfnisse, Potenziale und Risiken industrieller Anbieter von Regelleistung und entwirft praktikable Prozessmodelle. Der vorliegende Artikel fasst die wichtigsten Erkenntnisse der Studie zusammen.

**C. Imboden, D. Schneider, R. Abt, A. Chacko**

Die angespannte Energiesituation im Winter 2015/16 verdeutlicht die Abhängigkeit des Schweizer Energie- und Regelleistungsmarktes von den hydrologischen Verhältnissen sowie von den Kernkraftwerken.<sup>[1]</sup> Swissgrid ist im Auftrag des Bundes unter anderem zuständig für die Sicherung der Netzstabilität im schweizerischen Höchstspannungsnetz. Die dazu notwendige Regelenergie bezieht Swissgrid über den Systemdienstleistungs-Markt (SDL-Markt). 2015 betrug die von Swissgrid ausgeschriebene Regelleistung zirka 400 MW für Sekundärregelleistung und zirka +450/-300 MW für Tertiärregelleistung.<sup>[2]</sup> Die Angebote für die Leistungsvorhaltung werden aktuell von Wasserkraftwerken dominiert. Um wenig liquide Phasen aufgrund von hydrologischen Zyklen zu vermeiden, werden Anstrengungen zu einer technologischen Diversifikation unternommen.<sup>[3]</sup>

Industrielle Anlagen elektrischer Energie bilden ein grossenteils noch ungenutztes Regelleistungs-Potenzial. So beträgt allein die installierte elektrische Nennleistung der 30 schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlagen 349 MW<sup>[4]</sup>, wovon bis November 2015 zehn Anlagen bereits als TRL-Lieferanten angemeldet sind.<sup>[5]</sup>

Der folgende Text startet bei einer Be trachtung des Schweizer Marktes für Sekundär- und Tertiärregelung, erläutert die Marktmechanismen einer Angebots erstellung und Vorhaltung gepoolter in

dustrieller Anlagen und betrachtet die wesentlichen Herausforderungen für eine Marktteilnahme eines industriellen Anbieters.

### Regelleistung

Das elektrische Netz kann keine relevante Menge elektrischer Energie speichern. Aus diesem Grund wird mit der Erbringung von Regelleistung ein stetes Gleichgewicht zwischen ins Netz eingespeister und vom Netz bezogener elektrischer Energie angestrebt. Innerhalb des synchronen Strom-Verbundnetzes der Entso-E in Europa wird das Gleichgewicht zwischen eingespeister und bezogener Energie durch einen dreistufigen Prozess realisiert. Die dafür nötigen Produkte Primär-, Sekundär- und Tertiärre-

gelung unterscheiden sich insbesondere in der Reaktionszeit. Weiter kann Regelleistung unterteilt werden in:

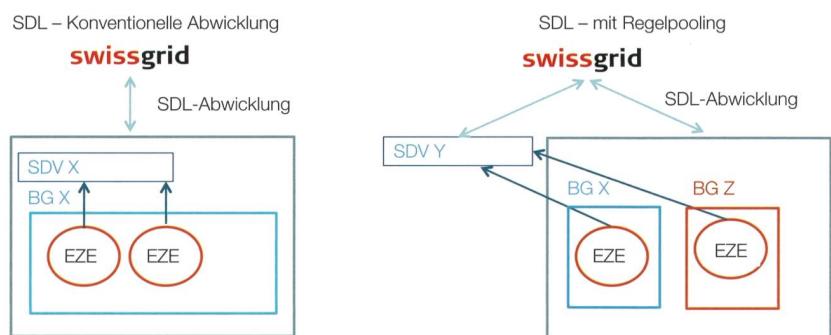
■ Positive Regelleistung, die zum Einsatz kommt, wenn mehr Energie verbraucht als produziert wird. In diesem Fall fordert Swissgrid Regelenergie von Regelleistungs-Anbietern an. Positive Regelleistung kann durch Erhöhung der Stromproduktion oder durch Reduktion des Stromverbrauchs erbracht werden.

■ Negative Regelleistung, die zum Einsatz kommt, wenn mehr Energie produziert als verbraucht wird. In diesem Fall stellen Regelleistungs-Anbieter negative Regelleistung durch Reduktion der Stromproduktion oder Erhöhung des Stromverbrauchs bereit.

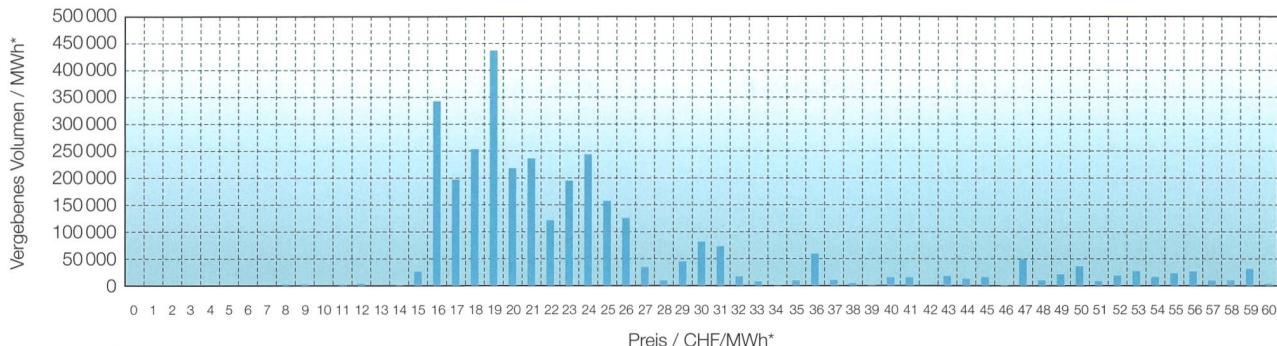
Weil Swissgrid über keine eigenen Kraftwerke verfügt, beschafft sie die vorgehaltene Regelleistung und die abgerufene Regelenergie gemäss den gesetzlichen Grundlagen nach transparenten, diskriminierungsfreien und marktbasier ten Verfahren von Dritten über einen elektronischen Handelsplatz. Die Über sicht der von Swissgrid entrichteten Preise für Leistungsvorhaltung 2015 finden sich in **Bild 2 bis Bild 4** sowie **Tabelle 1**.

### Pooling

Seit 2013 können technische Anlagen auf den Netzebenen 5 und 7 zu einer virtuellen Erzeugungseinheit zur Regellei ferung zusammengefasst («ge



**Bild 1** Konventionelle SDL-Abwicklung und Abwicklung mittels Regelpooling. Der Systemdienstverantwortliche (SDV) kann im Fall von Regelpooling Erzeugungseinheiten (EZE) unterschiedlicher Bilanzgruppen (BG) anbinden.



**Bild 2** Preise Sekundärregelleistungsvorhaltung 2015, dargestellt bis 60 CHF/MWh\*. Gebote für Sekundärregelleistung an Swissgrid sind immer symmetrisch, d.h. die angebotene Leistung umfasst sowohl positive als auch negative Regelleistung. [12]

In KW 15 trat der Maximalpreis für SRL 2015 mit 78.86 CHF/MWh\* auf. In KW 15 wurden total 370 MW vorgehalten, davon 10 MW zum Maximalpreis. In KW 28 trat der SRL-Minimalpreis 2015 mit 8.07 CHF/MWh\* auf. In KW 28 wurden total 366 MW vorgehalten, davon 5 MW zum Minimalpreis.

poolt») werden, unabhängig von ihrer Bilanzgruppenzugehörigkeit (Bild 1). [6] Dadurch öffnet sich ein Markt von 110 MCHF, 9 TWh\* («Terawatt und vorgehaltene Stunde») für Vorhaltung von sekundärer und tertiärer Regelleistung und 0,7 TWh von gegenüber SwissIX bevorzugt gehandelter Energie (Stand 2015, Tabelle 1), wobei aus einer Business-Case-Perspektive der Ertrag aus Vorhaltung dominiert.

Die Teilnahme an einem Regelpool kann sich für den Betreiber einer industriellen Anlage finanziell lohnen. Wurde beispielsweise im Jahr 2015 1 MW positive Tertiärregelleistungsvorhaltung (TRL+) innerhalb eines Regelpools ganzjährig zum Preis von 4 CHF/MWh\* (672 CHF pro MW und Woche) am Wochenmarkt angeboten, konnte mit einem Zuschlag an 40 der 53 Wochenauktionen gerechnet werden. [7] Damit ergibt sich allein für die Vorhaltung und Teilnahme am Wochenmarkt für TRL+ ein Wert von 26 880 CHF im Jahr – ein Ertrag, über den einerseits Aufwand und Gewinnerwartung von Anlagen- und

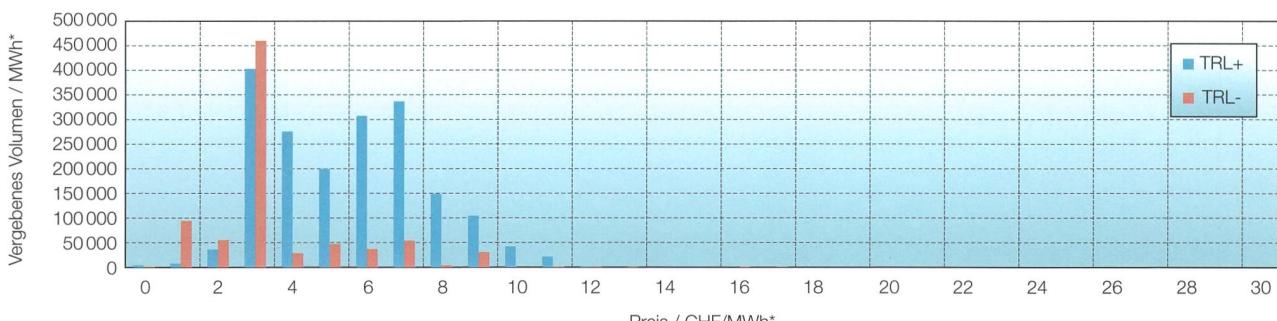
Poolbetreiber zu decken sind, der aber andererseits zusätzliche Erträge aus Verkauf von Regelenergie und optimierten Angebotsstrategien noch nicht berücksichtigt. Dabei sind die Art der Anlage und deren operativer Einsatz entscheidend für die Beurteilung der Einsatzmöglichkeit am Regelleistungsmarkt. In der Schweiz zu erwarten sind nennenswerte Potenziale für den Einsatz von industriellen Anlagen wie beispielsweise Dampfturbinen, BHKWs und Elektroheizkesseln zur Erbringung negativer Regelleistung – innerhalb eines Regelpools sowohl für Tertiär- als auch für Sekundärregelung – sowie von Notstromaggregaten und komplexeren verfahrenstechnischen Anlagen zur Erbringung von positiver Regelleistung, in der Regel für Tertiärregelung.

### Marktteilnehmer

Industrielle Anbieter von Regelleistung scheuen üblicherweise den Aufwand und die Risiken, die mit einem direkten Angebot an Swissgrid verbunden sind. Beides lässt sich verringern

durch Einbezug eines Pool-Anbieters, welcher Anlagen in seinem Regelpool gemeinsam verwaltet. Die daher aus Sicht eines industriellen Anbieters und Betreibers einer Erzeugungseinheit relevanten Marktteilnehmer sind Bilanzgruppenverantwortliche, Verteilnetzbetreiber, Systemdienstleistungsverantwortlicher/Poolbetreiber, Lieferant/Erzeuger und Übertragungsnetzbetreiber. Bild 5 stellt die vertraglichen Beziehungen der genannten Regelleistungs-Marktteilnehmer dar. Zusätzlich agiert die ElCom im Markt als regulierende und überwachende Instanz.

Der Bilanzgruppenverantwortliche (BGV) übermittelt Energiefahrpläne und stellt eine ausgeglichene Energiebilanz seiner Bilanzgruppe sicher. Im Fall eines Regelennergieabrufs bei einer Erzeugungseinheit aus der jeweiligen Bilanzgruppe erhält der Bilanzgruppenverantwortliche von Swissgrid eine Abrechnung für die Regelenergie und die vom Systemdienstleistungsverantwortlichen gelieferten Datenaggregate pro Lieferant/Erzeuger. [8]



**Bild 3** Preise Tertiärregelleistungsvorhaltung Wochenprodukt, 2015. [7] Tertiärregelleistung wird durch Swissgrid asymmetrisch ausgeschrieben (TRL+, TRL-).

In KW 17 trat der Maximalpreis für TRL+ 2015 mit 11.90 CHF/MWh\* auf. In KW 17 wurden total 376 MW TRL+ vorgehalten, davon 5 MW zum Maximalpreis. In KW 25 trat der Minimalpreis für TRL+ 2015 mit 0.27 CHF/MWh\* auf. In KW 25 wurden total 30 MW TRL+ vorgehalten, die gesamte Menge zum Minimalpreis.

In KW 2 trat der Maximalpreis für TRL- 2015 mit 16.58 CHF/MWh\* auf. In KW 2 wurden total 85 MW TRL- vorgehalten, davon 5 MW zum Maximalpreis. In KW 26 trat der TRL- Minimalpreis 2015 mit 0 CHF/MWh\* auf. In KW 26 wurden total 35 MW TRL- vorgehalten, davon 10 MW zum Minimalpreis.

Vorhaltung	Handelsvolumen			Energie		Handelsvolumen	Durchschnitt der 1/4 h-Werte
	Mio CHF	TWh* <sup>1)</sup>	Jahresdurchschnitt CHF/MWh* <sup>1)</sup>				
SRL	86,15 (97,90)	3,37 (3,48)	25,56 (28,13)	SRE +		0,24 (0,16)	53,65 (52,81)
TRL + Wochenprodukt	10,39 (7,70)	1,90 (1,35)	5,48 (5,70)	SRE -		-0,18 (-0,22)	31,41 (27,86)
TRL - Wochenprodukt	2,90 (4,28)	0,82 (1,09)	3,54 (3,94)	TRE +		0,13 (0,07)	67,16 (64,41)
TRL + Tagesprodukt	6,95 (8,61)	1,82 (2,24)	3,81 (3,84)	TRE -		-0,14 (-0,18)	-50,02 (-7,03)
TRL - Tagesprodukt	3,95 (6,18)	1,10 (1,26)	3,59 (4,89)				

<sup>1)</sup> h\* = vorgehaltene Stunde

Geldfluss pos. Beträge: RE+: Swissgrid > Anbieter; RE-: Anbieter > Swissgrid

**Tabelle 1** SRL/TRL-Marktdaten 2015 (2014). Die erste und letzte Kalenderwoche des Jahres sind ganz dem Jahr zugerechnet. Für Regelenergie bedeuten positive Beträge einen Geldfluss von Swissgrid zum Anbieter bei positiver Regelenergie (RE+) und einen Geldfluss vom Anbieter zu Swissgrid bei negativer Regelenergie (RE-). [7, 12, 13, 14, 15]

Der Systemdienstleistungsverantwortliche (SDV) erstellt die Angebote zur Vorhaltung von Regelleistung und nimmt die Abrufe entgegen. Dabei unterliegt die Erfassung von Monitoring-Daten und deren Weiterleitung an Swissgrid seiner Verantwortung. Im Fall von gepoolten Angeboten ist der Systemdienstleistungsverantwortliche zugleich auch Regelpoolbetreiber. In diesem Fall betreibt er einen Pool mit einer beliebigen Anzahl Erzeugungseinheiten. Er koordiniert die Abrufe mit seinen zugehörigen Erzeugungseinheiten und ist für die Präqualifikation seines Regel-pools zuständig. [8]

Der Lieferant/Erzeuger (LF/EZ) ist für die Energieversorgung des Endkunden resp. für die Abnahme erzeugter Energie verantwortlich. Dabei richtet er sich nach dem Energieliefer- bzw. Energieübernahmevertrag. [8]

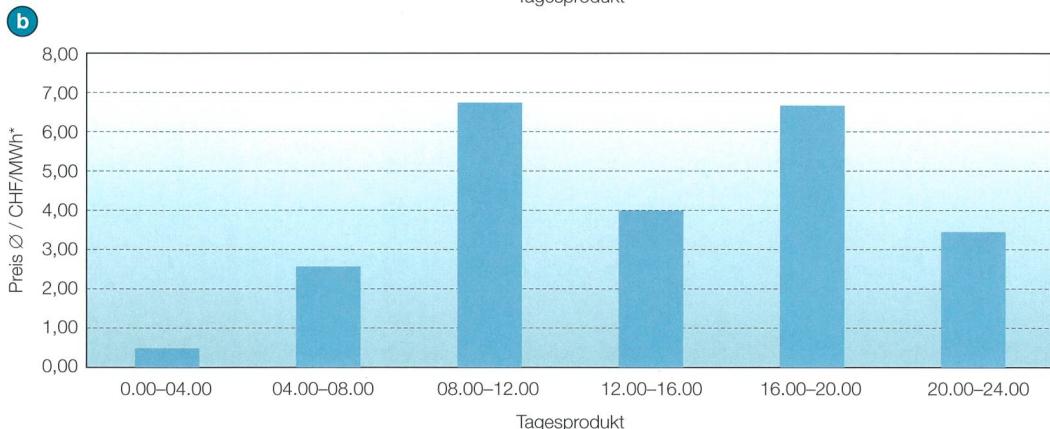
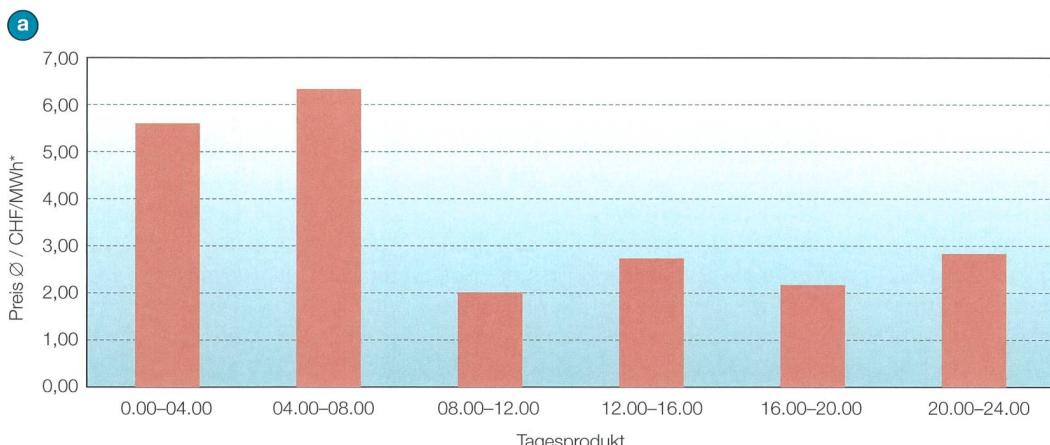
Bei Erzeugungseinheiten (EZE) kann es sich sowohl um Produktionseinheiten wie auch um Endverbraucher handeln. Dabei kann die Erzeugungseinheit aus einer oder mehreren Anlagen bestehen. [8, 9] Für die Prüfung der Eignung einer industriellen Anlage als Erzeugungseinheit werden im Rahmen der Forschungsarbeit der Hochschule Luzern die Kriterien gemäss **Tabelle 2 bis Tabelle 4** betrachtet.

## Angebotserstellung und Vorhaltung

**Bild 6** stellt die sechs Hauptgeschäftsfälle dar, welche im Rahmen der Forschungsarbeit untersucht werden. Im Folgenden wird beispielhaft der Fall Angebotserstellung/Vorhaltung für eine gepool industrielle Anlage beschrieben, wobei sich die einzelnen Schritte an **Bild 7** orientieren. [10]

## Tage vor der Beschaffungsperiode

■ Swissgrid schreibt die zu beschaffende Regelleistung aus. Die Gesamtmenge wird nicht im Voraus definiert, die Aufteilung zwischen Sekundär-



**Bild 4** Durchschnittspreise Tertiärregelleistungsvorhaltung Tagesprodukte, 2015. [7]  
a: TRL-; b: TRL+

Kriterium	Erläuterung
Leistungsbilanz	Ist die Anlage ein Erzeuger oder Verbraucher (z.B. Dampfturbine mit Generator oder Elektroheizkessel)?
RL-Produkt	Kann positive Regelleistung (Erhöhung der Leistungsabgabe bzw. Verringerung Leistungsbezug), negative Regelleistung (Reduktion der Leistungsabgabe bzw. Erhöhung des Leistungsbezugs) oder beides realisiert werden?
Deterministischer, steuerbarer Leistungsbetrag	Wie hoch ist die steuerbare elektrische Leistung, welche für ein RL-Angebot in Frage kommt? Wie gross sind die kurzzeitigen Schwankungen der elektrischen Leistung?
Qualität des Energiefahrplans / Zuverlässigkeit	Wie zuverlässig wird der im Voraus erstellte Fahrplan im Betrieb eingehalten?
Stufenlos oder schrittweise veränderbare Leistung	Kann die elektrische Leistung stufenlos verändert werden? Wenn nein, sind diskrete Schritte möglich, und wenn ja, welche?
Regelgeschwindigkeit	Wie schnell kann die elektrische Leistungsabgabe bzw. der Leistungsbezug verändert werden, bzw. wie schnell kann die Anlage an- oder abgeschaltet werden? Über welche Dauer wird derselbe Betriebszustand gehalten?
Zusammenhängende Betriebsstunden / Vorhaltezeit	
Regelmässigkeit / Betriebsschema	Falls die Anlage nicht 24/7 in Betrieb ist: Gibt es eine Regelmässigkeit im Betriebsschema (z.B. jährlich, monatlich, wöchentlich, täglich)? Gibt es Serviceintervalle und wie viele Betriebsstunden fallen jährlich an?
Flexibilität des Produktionsprozesses	Puffer-/Lagergrösse: Wie gross sind die Lager für Eingangs-, End- und Zwischenprodukte und welche Zeitspannen können damit überbrückt werden? Kann die Produktion später nachgeholt werden und wenn ja, wie gross ist die maximale Verschiebedauer? Die Abschaltung oder der Teillastbetrieb einer Anlage können sich auf die vor- und nachgelagerten Prozesse auswirken. Zwischenpuffer und Warenausgangslager erhöhen ihrerseits die Steuerbarkeit. Verfügen die Produktionsanlagen über Reservekapazität? Die Kapazität von Produktionsanlagen wird in der Regel optimiert, um in allen Betriebsteilen eine optimale Auslastung zu erreichen und um Lastspitzen zu vermeiden.
Lieferfristen	Wie lang sind die Lieferfristen für die zu produzierenden Produkte?
Planungssicherheit der Produktion	Wie hoch ist die Planungssicherheit der Produktion?
Steuergeschwindigkeit des industriellen Prozesses	Wie schnell kann der Prozess gesteuert werden bzw. in welcher Zeit kann welche elektrische Leistung zu- oder abgeschaltet werden?
Fernsteuerbarkeit	Ist eine Fernsteuerung der Anlage möglich? Wenn ja, wie stark ist der Steuerprozess bereits automatisiert?

Tabelle 2 Kriterien der Eignungsprüfung industrieller Anlagen: Steuerbarkeit.

- und Tertiärregelleistung kann variiert werden.
- Der Betreiber der industriellen Anlage (im Bild: EZE) informiert den Poolbetreiber telefonisch oder elektronisch über die Verfügbarkeit seiner Anlage.
- Der Poolbetreiber unterbreitet sein Angebot an Swissgrid.
- Swissgrid informiert über den Zuschlag.
- Der Poolbetreiber informiert den Betreiber der industriellen Anlage über den Zuschlag.

### Bis zirka 1h vor Lieferzeit

- Für Sekundärregelleistung sind die Energiepreise definiert und für alle Anbieter gleich.[2] Für Tertiärregelleistung unterbreitet der Poolbetreiber ein Angebot für den Regelenergiepreis im Abruffall. Das Angebot bestimmt die Merit-Order des Abrufs. Der Pool-

betreiber kann das Angebot für Tertiärregelenergie bis 1h vor Beginn der Vorhaltung für einen zugeschlagenen 4h-Block ändern.

- Der Betreiber der industriellen Anlage bestätigt die Verfügbarkeit seiner Anlage.

### Während der zugeschlagenen Vorhaltung

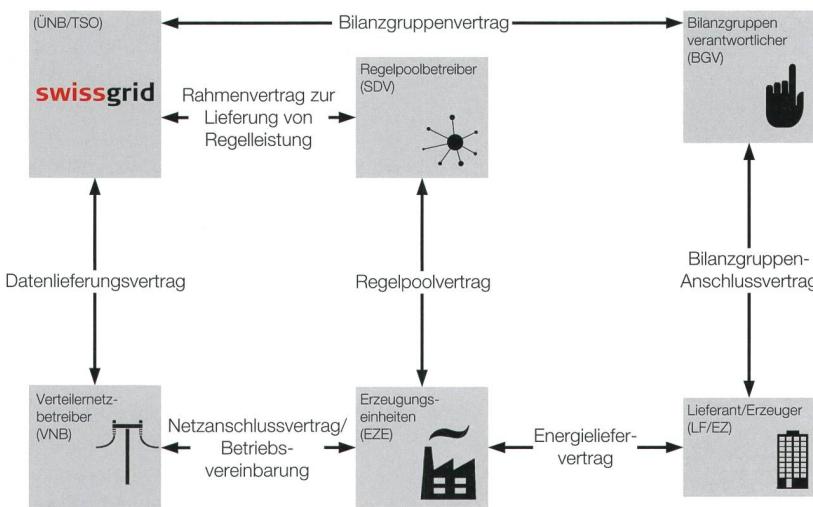
- Der Betreiber der industriellen Anlage hält die angebotene Regelleistung vor. Im Fall von SRL erfolgt der Abruf ferngesteuert über ein Signal. Im Fall von TRL erfolgt der Abruf ferngesteuert, oder der Betreiber der industriellen Anlage garantiert eine ständige telefonische Verfügbarkeit. Bei Störungen informiert der Betreiber der industriellen Anlage den Poolbetreiber unverzüglich.  
Indem der Poolbetreiber Anlagen bündelt und gegenüber Swissgrid auftritt,

erreicht er die von Swissgrid geforderten Spezifikationen, reduziert die Risiken der angeschlossenen Anlagenbetreiber und übernimmt Trading- und Verwaltungsaufgaben. Typischerweise stellt er den Anlagenbetreibern zugleich eine Infrastruktur zur technischen und operativen Anbindung der Anlagen an seinen Pool zur Verfügung und unterstützt sie bei Einrichtung und Betrieb des Geschäfts.

### Herausforderungen aus der Perspektive der Industrie

Am Markt ist ein reges Interesse seitens Industrie an einer Teilnahme am Regelleistungsmarkt festzustellen. Der zusätzliche Erlös für eine Leistungsbereitstellung bei vergleichsweise geringer Beeinträchtigung von Tagesgeschäft und Risikolage ist für viele Unternehmen attraktiv. Die Teilnahme an einem Pool verringert den Aufwand, das benötigte Know-how und die Risiken für eine einzelne Erzeugungseinheit. Dadurch, dass mit der Tertiärregelung die Möglichkeit besteht, die Leistungsvorhaltung und die Energie im Abruffall separat anzubieten, können mit dem Erlös vergleichsweise hohe Erzeugungs- und Opportunitätskosten abgebildet werden. Obschon kurzfristig z.B. aufgrund von Zubauten von Pumpspeicherkraft (Linthal, Nant de Drance) und Optimierungen der Beschaffung seitens Swissgrid mit einem Überangebot von Regelleistung zu rechnen ist, dürften die Aussichten mittel- und längerfristig durch den weiteren Ausbau stochastischer Erzeuger und die Internationalisierung des Regelleistungsmarktes attraktiv sein. Viele Regelpoolanbieter bemühen sich zurzeit um Marktanteile, was die Verhandlungsmacht der Betreiber von Erzeugungseinheiten stärkt. Seitens der Regelpoolanbieter wiederum wird die diversifizierte Technologie industrieller Anlagen geschätzt, zumal der Einsatz klassischer Wasserkraftwerke komplementär ergänzt werden kann. Nichtsdestotrotz gilt es eine Reihe möglicher Hemmnisse zu betrachten. Dies sind nebst den in Tabelle 2 bis Tabelle 4 aufgeführten Anlagenrestriktionen, Kostenfaktoren und Risiken:

- Produktanforderungen: Die von Swissgrid gestellten Anforderungen an die Systemdienstleistungsprodukte erschweren eine direkte Marktteilnahme von industriellen Anbietern. Insbesondere die Anforderungen an die Vorhalteauer, die Laständerungs-



**Bild 5** Vertragsverhältnisse der relevanten Marktteilnehmer, in Anlehnung an [8].

geschwindigkeiten, die Fahrplan-Meldepflicht, die Mindestleistung wie auch der administrative Aufwand zur Bildung einer eigenen Regel-Bilanzgruppe bilden eine grosse Einstieghürde für industrielle Anbieter. Durch die Einbettung in einen Regelarbeitspool lassen sich diese Hürden oft umgehen.

■ **Marktkomplexität:** Die Vielzahl der Akteure, die Komplexität des Marktmodells und die Koordination der Aufgaben der beteiligten Akteure im Regelarbeitsmarkt erhöhen die Einstieghürden für industrielle Anbieter. Durch die Einbettung in einen Regelarbeitspool lassen sich auch diese Hürden umgehen.

■ **Monetärer Anreiz:** Die Preise für Regelarbeitsvorhaltung bzw. Regelenergielieferung und der damit verbundene Erlös sind für manche Unternehmen zu wenig attraktiv, so dass Aufwand und Risiken für eine Teilnahme am Regelarbeitsmarkt gemieden werden. Kurzfristig ist durch den Zubau grosser Pumpspeicheranlagen mit einem deutlichen Anstieg der Regelarbeitsangebote zu rechnen, was sich für Erste dämpfend auf die Ertragslage auswirken dürfte.

Ferner ergeben sich weitere technologiespezifische Hemmnisse, wie zum Beispiel:

■ **Luftreinhalteverordnung:** Stationäre Verbrennungsmotoren zur Deckung des Notstrombedarfs (Notstromaggregate), welche eine Betriebsstundenzahl von 50 h/a nicht überschreiten, sind von der Emissionsregelung

in Ziffer 82 der Luftreinhalteverordnung ausgenommen, wobei diese Auflage kantonal variieren kann. [11] Daher darf bei der Nutzung von Notstromaggregaten zur Erbringung von Regelenergie die maximale Betriebsstundenzahl nicht überschritten werden.

■ **Dampfausstoss:** Beim Einsatz am Regelarbeits-Markt kann es dazu kommen, dass Dampf überschüssig ist. Abgelassener Dampf kann von der Bevölkerung als vermehrter Ausstoss von Schadstoffen oder als Energievernichtung interpretiert werden. Dies könnte längerfristig zu politischem Widerstand und Einschränkung führen.

### Fazit und Ausblick

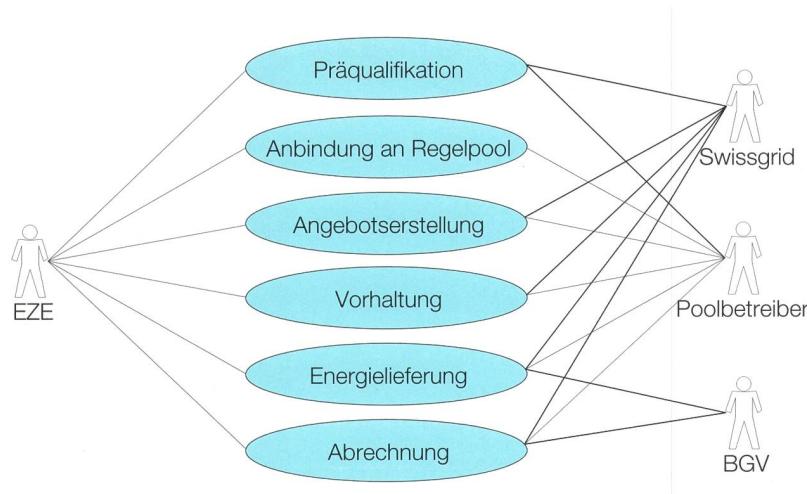
Den monetären Anreizen für die Vorhaltung von Regelarbeits und der Lieferung oder den Bezug von Regelenergie stehen verschiedene technische/prozess-technische, regulatorische sowie wirtschaftliche Hemmnisse gegenüber. Viele dieser Hemmnisse kann durch Teilnahme in einem Regelarbeits begegnet werden, wodurch Risiken, Know-how-Anforderungen und Abwicklungsauwand ausgelagert werden. Selbst Unternehmen mit grösserem Energieumsatz, die über Spezialisten für Energiemanagement verfügen, stellen sich bei den Details häufig offene Fragen. Ein vorsichtiges Herantasten an den Markt ist eine häufig beobachtete Strategie.

Kriterium	Erläuterung
<b>Fixkosten / Investitionen</b>	Sind Investitionen zur Anbindung an den RL-Markt erforderlich (z.B. Leitsystem, Kommunikationssystem, Remotesteuerung)? Durch die Anbindung der Anlagen an den Regelarbeitsmarkt können für industrielle Anbieter Kosten anfallen wie z.B. für die Anpassung der Steuerung oder kommunikationstechnische Anbindung der Anlage an den Pool-Betreiber, welche insbesondere für Kleinanlagen ins Gewicht fallen können. Netzausbaukosten: Die Nutzung eines Notstromaggregats für den Regelarbeits Einsatz kann einen Netzausbau verursachen. In dem Fall können die Kosten für den Netzausbau vom Netzbetreiber auf den Verursacher abgewälzt werden.
<b>Variable Kosten</b>	Verschleiss / Betriebswechselkosten: Fallen für zusätzliche Zu- und Abschaltungen der Anlagen Kosten an (z.B. Strommehraufwand, zusätzlicher mechanischer Verschleiss)? Q-Kosten: Entstehen zusätzliche Kosten zur Aufrechterhaltung eines vorgegebenen Qualitätslevels oder durch Qualitätsmängel? Stand-by-Kosten: Entstehen bei einem Abruf von Regelenergie Kosten wie z.B. Personalkosten oder Verbrauch von Betriebsmitteln, um die Betriebstemperatur auf einem gewissen Niveau zu halten? Entstehen während/aufgrund der Leistungsvorhaltung Kosten wie z.B. Kosten zur Aufrechterhaltung der Betriebstemperatur? Energiekosten: Fallen bei einem RL-Abruf zusätzliche Energiekosten an (z.B. Diesel, Gas, Dampf)? Leistungsspitzen: Fallen bei einem RL-Abruf zusätzliche Leistungsspitzen an? Netzspitzen können bei einem Regelenergieabruft entstehen, wenn Energieproduktionsanlagen heruntergefahren oder zusätzliche Verbraucher zugeschaltet werden oder wenn sich aufgrund von Lastverschiebung Produktionsaktivitäten ungünstig kumulieren. Die Tarife für Netzspitzen (Leistungstarife) sind durch die Netzbetreiber geregelt, wobei sich die Tarife der verschiedenen Netzbetreiber unterscheiden.
<b>Opportunitätskosten</b>	Besteht die Gefahr von entgangenen Gewinnen z.B. aufgrund eines andernfalls getätigten Geschäfts an einer Energiebörse? Wird aufgrund eines RL-Abrufs das Produktionsvolumen verringert bzw. kann nicht nachgeholt werden? Entstehen durch einen RL-Abruf Ausfälle von KEV-Vergütungen? Flexible Vergütungsmodelle wie Direktvermarktung können dem künftig entgegenwirken. [18]

**Tabelle 3** Kriterien der Eignungsprüfung industrieller Anlagen: Kostenfaktoren.

Kriterium	Erläuterung
Pönenal	Können vertraglich festgelegte Strafzahlungen fällig werden?
Haftung / Folgekosten	Welche Art von Folge- und Haftungskosten sind aufgrund von Regelleistungs-Aktivitäten denkbar?
Warenwert in Arbeit	Wie gross ist der finanzielle Wert der Ware, die aufgrund von Tätigkeiten im Kontext mit RL einem Risiko ausgesetzt ist?
Zuverlässigkeit der Betriebsmittel	Wie zuverlässig sind die Betriebsmittel bzw. wie störanfällig ist die Anlage im RL-Betrieb?
Inbetriebnahme	Können undefinierte oder ungünstige Betriebszustände entstehen durch ein RL-bedingtes Steuerregime?
Weitere relevante Risiken	Sind weitere relevante Risiken aus dem politischen, ökonomischen, soziologischen, technischen, rechtlichen und ökologischen Unternehmensumfeld bekannt (z.B. Garantieverlust oder fehlende Akzeptanz der Gesellschaft für das Abbrennen von Biogas)?

**Tabelle 4** Kriterien der Eignungsprüfung industrieller Anlagen: Risiken.



**Bild 6** Hauptgeschäftsfälle.

EZE = Erzeugungseinheit, BGV = Bilanzgruppenverantwortlicher

Sinkende Regelleistungspreise stellen ein Hauptrisiko für das Regelleistungs-Geschäft dar. Investitionen werden nur in geringem Umfang akzeptiert. Grenzüberschreitende Regelleistungs-Angebote dürften die Marktnachfrage mittel- bis längerfristig beleben und die Risiken für die Anbieter reduzieren. Die globalpolitische Situation motiviert die Umsetzung der Energiestrategie 2050. Vor diesem Hintergrund dürfte der weitere Ausbau von neuer erneuerbarer Energie ebenfalls die Nachfrage beleben. Neue Teilnehmer wie Pumpspeicherkraftwerke, Industrie oder umgebaute klassische Bandenergieproduzenten wiederum erhöhen zumindest mittelfristig das Angebot und somit den Margendruck.

Im Rahmen der laufenden Forschungsarbeit an der Hochschule Luzern wird das Potenzial industrieller Anlagen für die Teilnahme am Regelleistungsmarkt weiter vertieft und deren Betreibern eine Hilfestellung für eine Beurteilung von Chancen und Risiken zur Verfügung gestellt.

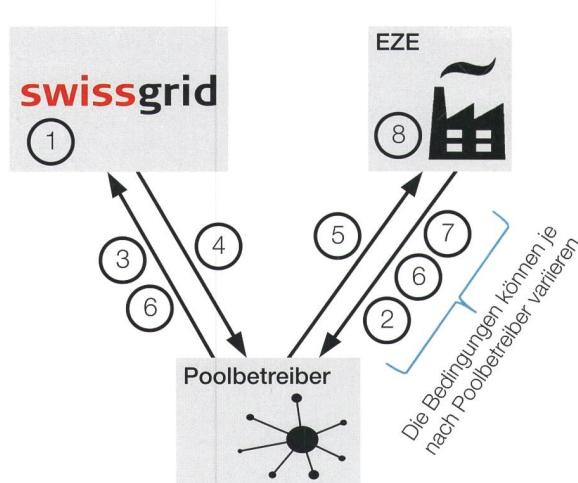
#### Link

■ [www.control-reserves.ch](http://www.control-reserves.ch).

#### Referenzen

- [1] Swissgrid, Ausgangslage, [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/current/situation\\_winter\\_1516/general\\_situation.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/current/situation_winter_1516/general_situation.html), abgerufen am 28. Mai 2016.

- [2] Swissgrid, Grundlagen Systemdienstleistungsprodukte, Produktbeschreibung – gültig ab April 2015, [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary\\_services/as\\_documents.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary_services/as_documents.html), abgerufen am 1. September 2015.
- [3] Aby Chacko, Untersuchung der Möglichkeiten für die Teilnahme der KEV-Anlagen am Schweizer SDL-Markt, Laufenburg, 2014.
- [4] BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2011, Ittigen, 2012.
- [5] Swissgrid, W-Codes, [www.swissgrid.ch/content/swissgrid/en/home/experts/topics/eicIssuingOffice/w-codes.html](http://www.swissgrid.ch/content/swissgrid/en/home/experts/topics/eicIssuingOffice/w-codes.html), abgerufen am 30. November 2015
- [6] Swissgrid, Regelpooling, [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/reliability/power\\_market/control\\_pooling.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/reliability/power_market/control_pooling.html), abgerufen am 27. Mai 2016.
- [7] Swissgrid, Ausschreibungen, Tertiärregelleistung, [www.swissgrid.ch/content/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary\\_services/tenders/tertiary-control-power.html](http://www.swissgrid.ch/content/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary_services/tenders/tertiary-control-power.html), abgerufen am 26. Mai 2016.
- [8] T. Reithofer, B. Bühlmann, T. Giuliani, U. Löpfe, J. Mauron, F. Mauron et al., Branchenempfehlung Strommarkt Schweiz, Anbindung von Regelpools an den Schweizer SDL-Markt, VSE, Aarau 2013, S. 8-10.
- [9] Swissgrid, Anforderungen an die Liste der Erzeugungseinheiten, Frick, 2013.
- [10] Eine Beschreibung weiterer Fälle findet sich in: C. Imboden, Teilnahme industrieller Regelleistungs-Anbieter am SDL-Markt, BFE-Forschungstagung Flexibilität, Präsentation Forschungstagung Flexibilität, 3. September 2015, [www.control-reserves.ch/dokumente/](http://www.control-reserves.ch/dokumente/), abgerufen am 28. Mai 2016.
- [11] BMWA, Technische Grundlage für die Beurteilung von Emissionen aus Stationärmotoren, 2001.
- [12] Swissgrid, Archiv Resultate SRL 2015 (XLS), [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary\\_services/tenders/secondary-control-power.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary_services/tenders/secondary-control-power.html), abgerufen am 20. Mai 2016.
- [13] Swissgrid, Archiv Resultate SRL 2014 (XLS), [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary\\_services/tenders/secondary-control-power.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/ancillary_services/tenders/secondary-control-power.html), abgerufen am 26. Mai 2016.
- [14] Swissgrid, EnergieÜbersichtCH\_2014, [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/energy\\_data\\_ch.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/energy_data_ch.html), abgerufen am 2. September 2015.
- [15] Swissgrid, EnergieÜbersichtCH\_2015, von [www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/energy\\_data\\_ch.html](http://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/energy_data_ch.html), abgerufen am 26. 5 2016.
- [16] Schweizerischer Bundesrat, 3.074, Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie



Bilder: Autoren

**Bild 7** Geschäftsfall Angebotserstellung und Vorhaltung. Die Erzeugungseinheit EZE ist im vorliegenden Fall eine industrielle Anlage. Der Systemdienstverantwortliche (SDV) betreibt einen Regelpool und ist somit Poolbetreiber.

2050 (Revision des Energierechts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)», Bern 2013.

#### Autoren

Dr. **Christoph Imboden**, El.-Ing. ETH, EMBA Uni ZH, ist Dozent für Produktinnovation an der Hochschule Luzern, Technik & Architektur.

Hochschule Luzern, Technik & Architektur, 6048 Horw  
christoph.imboden@hslu.ch

**Daniel Schneider**, Bachelor of Science in Umweltingenieurwesen, ist Wissenschaftlicher Assistent an der Hochschule Luzern, Technik & Architektur.

daniel.schneider@hslu.ch

**Reto Abt**, MSc Engineering ICT, MAS Wirtschaftsingenieur ist Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Luzern, Technik & Architektur.

reto.abt@hslu.ch

**Aby Chacko**, M. Eng. FH, ist Fachspezialist für Systemdienstleistung bei Swissgrid.

Swissgrid AG, 5080 Laufenburg  
aby.chacko@swissgrid.ch

#### Résumé

#### Les solutions de pooling réduisent les risques

Travaux de recherche sur la participation des fournisseurs de puissance de réglage industriels au marché suisse des services-système

La situation énergétique tendue de l'hiver 2015-2016 démontre que le marché suisse de l'énergie et de l'énergie de réglage est dépendant des conditions hydrologiques et des centrales nucléaires. Pour limiter cette dépendance, les installations industrielles représentent une alternative envisageable, largement laissée de côté pour le moment. La Haute école de Lucerne a mené des travaux de recherche tenant compte des besoins, du potentiel et des risques pour les fournisseurs de puissance de réglage industriels et a ébauché des modèles de processus applicables.

Le présent article présente les principaux résultats de ces travaux. L'auteur arrive à la conclusion que les incitations financières se trouvent souvent confrontées à des obstacles d'ordre technique, régulatoire ou économique. La participation à un pool de réglage peut permettre de contourner nombre de ces obstacles, transférant ainsi les risques, les exigences en matière de savoir-faire et la charge d'exécution. Ainsi, le gestionnaire d'une installation industrielle peut d'ores et déjà être gagnant du point de vue financier. En outre, le besoin en énergie de réglage va encore se renforcer à l'avenir, en raison de l'extension prévisible de l'énergie renouvelable stochastique.

Se

Anzeige

Die Portal-Lösung «energy2click» der SWiBi stärkt das EVU-Geschäftsmodell nachhaltig.

## energy2click



- «energy2click» ermöglicht Energieversorgungsunternehmen Geschäftsfelder zu erweitern und die konsequente Digitalisierung und Automatisierung von bestehenden Geschäftsprozessen voranzutreiben.
  - Echtzeitdaten: Lastmanagement / dynamische Rundsteuerung
  - mit Eigenverbrauch zur Lastspitzenreduktion
  - Stromnetzüberwachung
  - Virtuelles Kraftwerk
  - online Interaktion mit Kunden
- Mit der Portal-Lösung «energy2click» ist das EVU effizienter und kostengünstiger aufgestellt - und für die Zukunft gestärkt.

Gerne stellen wir Ihnen «energy2click» persönlich vor.



Bahnhofstrasse 51  
+41 58 458 60 00  
sales@swibi.ch  
CH-7302 Landquart  
www.swibi.ch

## Branchenlösungen zu Netztechnik

### Jetzt bestellen und profitieren!

#### NEPLAN®DACH – Beurteilungssoftware für Netzrückwirkungen

Die Software ermöglicht die professionelle Beurteilung von Netzrückwirkungen durch Verbraucher- und Erzeugeranlagen.  
[www.strom.ch/neplan](http://www.strom.ch/neplan)

#### NeDisp® – Der Qualitätsausweis für Ihren Netzbetrieb

Mit der Software werden die Verfügbarkeitskennzahlen (SAIDI, CAIDI, SAIFI) ermittelt und Auswertungen lassen sich einfach erstellen.  
[www.strom.ch/nedisp](http://www.strom.ch/nedisp)

#### NeQual® – Power Quality Monitoring EN 50160

Software zur Auswertung von Spannungsqualitätsmessungen.  
Der Regulator (ElCom) empfiehlt den Verteilernetzbetreibern die Teilnahme am Programm NeQual!  
[www.strom.ch/nequal](http://www.strom.ch/nequal)

