

Verbesserung der Frequenzstabilität

Anreizbasierte Berechnung der Ausgleichsenergie

Journal Article

Author(s):

Scherer, Marc

Publication date:

2011

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000119232>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Originally published in:

EW 110(12)

Anreizbasierte Berechnung der Ausgleichsenergie

Verbesserung der Frequenzstabilität

Seit der Liberalisierung der Strommärkte und der damit verbundenen Erhöhung des Handelsvolumens ist ein steigender und damit destabilisierender Trend von Frequenzschwankungen im kontinental-europäischen Stromnetz zu beobachten. Dieser wird vor allem dadurch verursacht, dass die betrieblichen Spielregeln bei der Fahrplanabwicklung teilweise nicht eingehalten werden. In der Schweiz wurde zur Entschärfung dieses Problems eine anreizbasierte Berechnung der Ausgleichsenergie eingeführt.

SUMMARY

Since the liberalisation of the energy markets and the associated increase in traded volumes a trend of increasing frequency destabilisation in Continental Europe has been observed. In particular this is caused due to the fact that the operational rules for schedule changes are only partly implemented. In order to tackle this issue, in Switzerland an incentive based calculation of the balance energy has been introduced.

Stromhandel geschieht vorrangig an Strombörsen und OTC (over the counter, d. h. bilaterale Geschäfte). Getätigte Energiegeschäfte werden dabei grundsätzlich mit Fahrplänen abgewickelt. Diese Fahrplanmeldungen, beispielsweise vom Händler an den Übertragungsnetzbetreiber, finden in Europa je nach Land zumeist stunden- oder viertelstundenscharf statt. Dabei gilt – da Erzeugung und Verbrauch in einem Stromnetz permanent ausgeglichen sein müssen – dass es für jeden Fahrplan einen Gegenfahrplan respektive für jede Produktion einen Verbrauch gibt.

Aufgrund der vorrangig stundenbasierten Produktstruktur kommt es besonders zum Stundenwechsel zu großen Fahrplanänderungen (Fahrplansprüngen). Diese können abhängig von der Erzeugungsstruktur auch in kleinen Ländern sehr ausgeprägt sein; in der Schweiz wurden beispielsweise im ersten Quartal 2011 grenzüber-

schreitende Fahrplanänderungen über 3 400 MW umgesetzt.

Würden nun aber Produktion und Verbrauch genau diesen treppenförmigen Fahrplansprüngen entsprechen, müssten sich folglich beide nicht nur sprungartig, sondern auch zeitgleich ändern, um das permanente Gleichgewicht zu gewährleisten. Dies ist weder technisch umsetzbar noch physikalisch realistisch, weswegen zur betrieblichen Abwicklung der Fahrpläne Regeln definiert wurden. Das Operation Handbook der Entso-E¹⁾ schreibt vor, dass Fahrplanänderungen zwischen Übertragungsnetzbetreibern betrieblich nicht diskret, sondern kontinuierlich über zehn Minuten umgesetzt werden müssen [1]. Innerhalb von Regelzonen ist diese Regelung sinnvollerweise gleichermaßen umzusetzen, und so gilt diese gemäß Transmission Code der Schweiz auch für Produktions- sowie Laständerungen innerhalb des Regelblocks [2]. In *Bild 1* ist dieser rampenförmigen Sollverlauf der Leistung bei einem Fahrplanwechsel dargestellt. Davon gänzlich unberührt bleibt das Marktgeschehen, da das Clearing der Handelstransaktionen weiterhin auf Basis der über die Börse sowie OTC festgelegten Preise geschieht.

Konsequenzen bei nichtkonformen Fahrplanabwicklungen

Die Spielregeln zur betrieblichen Abwicklung von Fahrplanwechseln sind allerdings nicht durchweg bin-

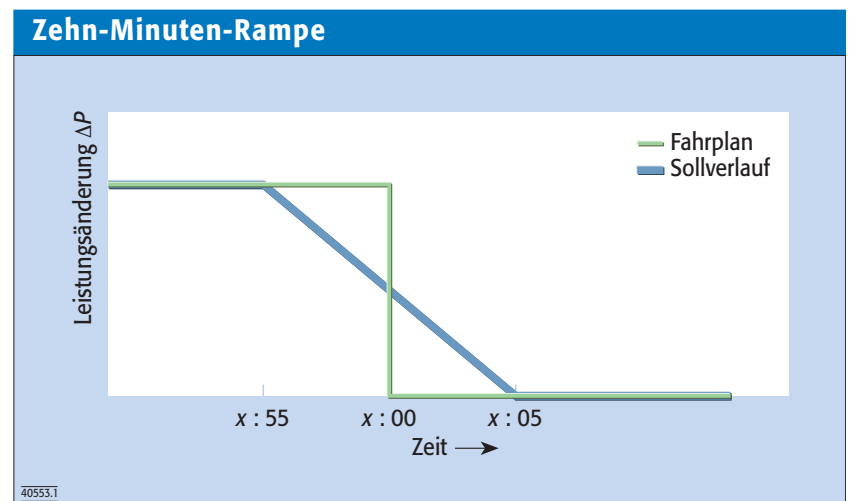


Bild 1. Das Operation Handbook und der Transmission Code Schweiz geben eine zehnminütige Rampe bei Fahrplanänderungen vor

Marc Scherer, MSc ETH, Fachspezialist für Regelreservemdimensionierung und Produktentwicklung, Systemdienstleistungen, Swissgrid AG, Laufenburg/Schweiz.

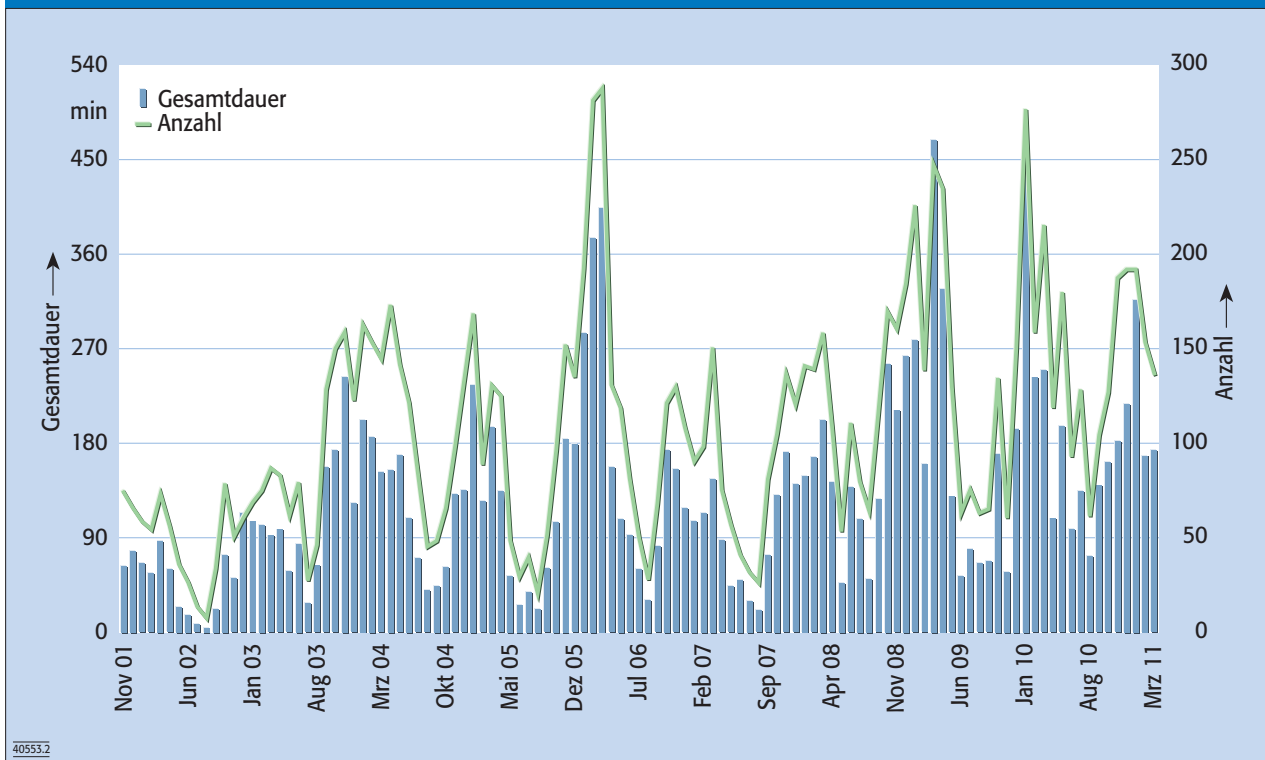


Bild 2. Das 75-mHz-Kriterium angewandt auf die Netzfrequenz Kontinentaleuropas (Überblick, 2001 – 2011)

dend, und nichtkonformes Verhalten wird (international) nicht sanktioniert, so dass Fahrplanwechsel nicht zwangsläufig gemäß dem oben beschriebenen Sollverlauf realisiert werden. Dieses wird umso relevanter, je enger die europäischen Strommärkte zusammenwachsen und je größer damit das Handelsvolumen wird. Der beobachtete Trend geht weg von der klassischen Lastfolge, hin zum reinen Fahrplanbetrieb [3;4]. Mit Beginn der Liberalisierung der Strommärkte und der damit einhergehenden Entflechtung der Wertschöpfungskette ist ein Lastfolgebetrieb (die Produktion folgt dem bekannten Verhalten des Verbrauchers) nur noch bedingt möglich, der Fahrplan wird immer mehr zum einzig verbleibenden Bindeglied zwischen Produktion und Verbrauch [3].

Was geschieht aber, wenn Fahrplanwechsel nichtkonform, d. h. nicht korrekt gemäß Bild 1, umgesetzt werden und dadurch Produktion und Last nicht übereinstimmen?²⁾ In diesem Fall entsteht ein Leistungsungleichgewicht und der dreistufige Prozess der Netzrege-

lung – bestehend aus Primär-, Sekundär- und Tertiärregelung – setzt ein [1].

Der Schnelligkeit wegen reagiert die Primärregelung nur auf Frequenzabweichungen, die entstehen, wenn Verbrauch und Produktion im Stromnetz nicht übereinstimmen. In diesem Fall wird innerhalb von Sekunden in ganz Kontinentaleuropa umgekehrt proportional zur Frequenzabweichung Leistung aktiviert. Dazu stehen insgesamt 3 000 MW bei einer Abweichung von 200 mHz zur Verfügung, die anteilmäßig von jedem Land bereitgestellt werden. Der verbundweite Einfluss von nichtkonformen Fahrplanwechseln schlägt sich demnach in der Netzfrequenz als Gesundheitsbarometer der europäischen Frequenzqualität nieder [4]. In Bild 2 ist dieses 75-mHz-Kriterium zu sehen. Auf Monatsbasis wurde ausgewertet, wie oft und wie lange die absoluten Frequenzabweichungen im kontinentaleuropäischen Stromnetz die Grenze von 75 mHz überschritten. Abhängig vom Handelsvolumen erkennt man neben den saisonalen Schwankungen die zunehmenden

Abweichungen. Daher kommt mit dem steigenden Handelsvolumen der betrieblichen Umsetzung der Fahrpläne eine zentrale Rolle zu.

Die etwas langsamere Sekundärregelung errechnet aus dem geplanten und dem tatsächlichen Leistungsaustausch eines Landes (Regelzone und -block), wer das Leistungsungleichgewicht verschuldet hat und gleicht dieses aus. Die Sekundärregelung gleicht also im Gegensatz zur Primärregelung nur Ungleichgewichte im entsprechenden Land aus. Bild 3 illustriert dies anhand eines Realbeispiels mit Verläufen der Frequenz und des Einsatzes der Sekundärregelleistung in der Schweiz. Zu den Stundenwechseln sind die Frequenz- und Leistungsschwankungen aufgrund der Fahrplansprünge erkennbar. Um 19, 21 und 22 Uhr wurden die Fahrplanwechsel in der Schweiz nicht korrekt umgesetzt. Typisch dabei sind die fast symmetrischen Leistungsungleichgewichte um 19 und 21 Uhr; der Verlauf um 22 Uhr ergibt sich, wenn die Zuschaltung von Lasten wie Pumpen oder Rundsteuerungen nicht gestaffelt erfolgt. Werden die Fahrplanwechsel hingegen wie um 20 Uhr in bzw. aus der Schweiz korrekt umgesetzt, wird keine Sekundärregelleistung benötigt.

Wird die Sekundärregelung über längere Zeit beansprucht, kann unterstützend manuell Tertiärregelleistung abgerufen werden. Da diese Reserve erst nach rd. 15 min aktiviert ist, kann sie nicht zur Kompen-

1) Die UCTE – bis Juli 1999 UCPTÉ (Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité) – wurde am 1. Juli 2009 in die Entso-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) eingebunden und besteht als »Regional Group Continental Europe« weiter.

2) Es ist dabei zwischen nationalen und grenzüberschreitenden Energielieferun-

gen zu unterscheiden. Wenn sich Produktion und der dazugehörige Verbrauch in der gleichen Regelzone befinden und übereinstimmen (vgl. Lastfolgebetrieb), führt dies zu keinem Leistungsungleichgewicht. Findet hingegen eine Transaktion mit dem Ausland statt, so führt eine Abweichung vom Sollverlauf immer zu einer Unausgeglichenheit, da dieser beim Sollwert (Randintegral) berücksichtigt wird.

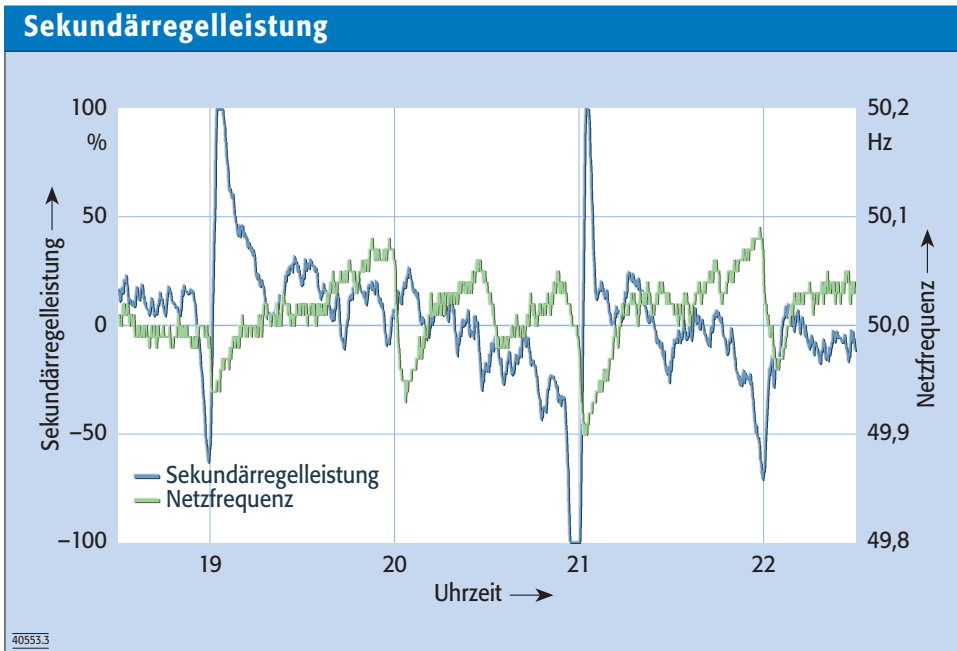


Bild 3. Die Leistungs- und Frequenzeinbrüche aufgrund nichtkonformer Fahrplanwechsel sind abhängig von den Marktteilnehmern

sation von nichtkonformen Fahrplanwechseln eingesetzt werden.

Unabhängig davon, ob Primär- oder Sekundärregelung zur Kompensation von nichtkonformen Fahrplanwechseln und damit zum Ausgleich von Fehlverhalten der Marktteilnehmer eingesetzt werden muss – es entspricht nicht ihrem vorgesehenen Zweck, d. h. die Ressourcen der Netzregelung sind nicht darauf ausgelegt. Ihr Einsatz aufgrund des Fehlverhaltens generiert außerdem zusätzliche Kosten,

welche über die entsprechenden Tarife sozialisiert werden.

Anreize für konforme Fahrplanwechsel

Aus diesen Gründen muss ein Anreizsystem geschaffen werden, das nichtkonformes Verhalten der Marktteilnehmer bestraft. Fundamentaler betrachtet, gilt es, gegenläufige Anreize, die Marktteilnehmer konformer Fahrplanwechsel benachteiligen können, zu verhin-

dern. Gleichwohl darf das Marktgeschehen nicht eingeschränkt werden. Hierfür wurde in der Schweiz die Abrechnung der Ausgleichsenergie modifiziert.³⁾

Die Ausgleichsenergie einer Bilanzgruppe (in Deutschland eines »Bilanzkreises«) errechnet sich auf Basis des Saldos aller Fahrplanmeldungen und der tatsächlich ausgetauschten Energie, d. h. der aus viertelstündlichen Leistungswerten bestehende Fahrplansaldo wird herangezogen, um viertelstündliche Energiesollwerte zu errechnen. Bis Mitte des Jahres 2010 wurden in der Schweiz für diese Berechnung die gemeldeten Fahrplanwerte ohne Berücksichtigung des Sollverlaufs bei Fahrplanwechseln herangezogen. Regelkonformes Verhalten führte damit zu einer Erhöhung der Ausgleichsenergiemenge und wurde bestraft. Konsequenterweise war es für die Bilanzgruppen erstrebenswert, den diskreten Fahrplanwechseln zu folgen.

Seit Juli 2010 wird daher in der Schweiz für die Berechnung der Ausgleichsenergie der Sollverlauf bei Fahrplanänderungen mit eingerechnet. Konkret wird bei einer Änderung des Bilanzgruppensaldos die Rampe berücksichtigt und die entsprechende Energiedifferenz der jeweils vor- und nachgelagerten Viertelstunde hinzugezählt oder abgezogen. Dadurch werden die betrieblichen Anforderungen zur Umsetzung der Fahrplanwechsel und die monetäre Abbildung im Bilanzgruppenmodell konsistent. In Bild 4 ist diese Berechnung an einem einfachen Beispiel illustriert. Zu beachten ist, dass die immanente Vereinfachung des Bilanzgruppenmodells bestehen bleibt, d. h. die Ausgleichsenergie berücksichtigt nur die Energiedifferenz je Viertelstunde und nicht den Verlauf des Leistungsaustauschs. Hierdurch kann die Ausgleichsenergie innerhalb der Viertelstunde null betragen, obwohl es zu Abweichungen und somit zum Einsatz von Regelleistung kam.⁴⁾

Doch welchen Erfolg verzeichnet die Anpassung in der Berechnung

3) Zu diesem hier beschriebenen sind auch alternative Lösungsansätze denkbar. Ein weiteres Entkoppeln zwischen diskretem Fahrplan und betrieblicher Abwicklung sowie das Verändern der Rampendauer auf beispielsweise eine halbe Stunde sind denkbar. Solche Ansätze werden in diversen Arbeitsgruppen auch auf Ebene Entso-E diskutiert.

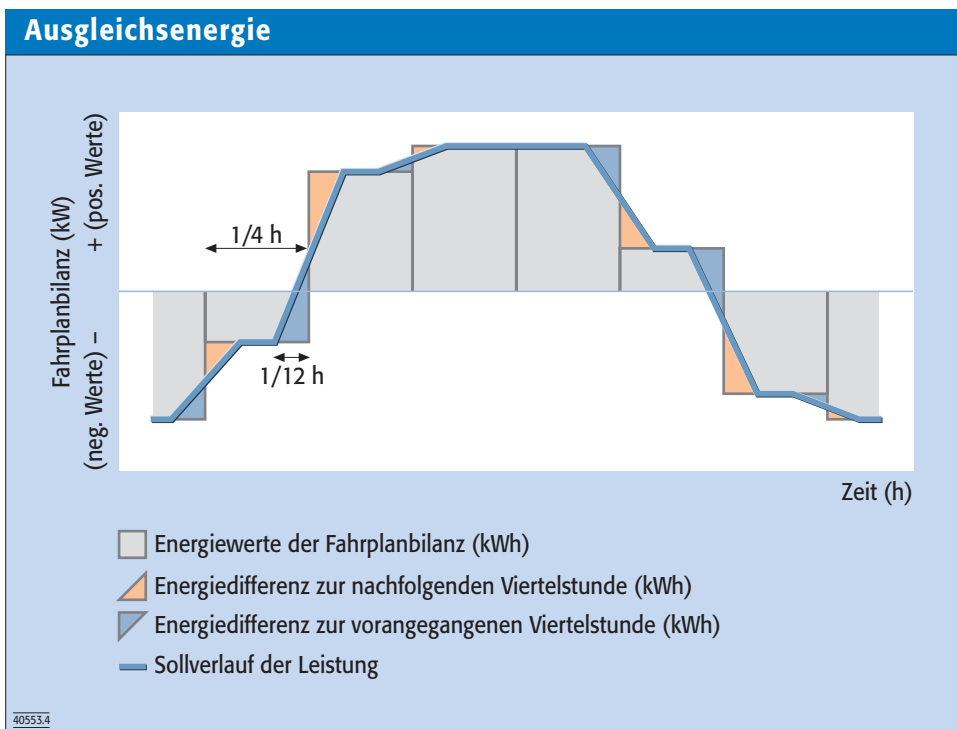


Bild 4. Die Berechnung der Ausgleichsenergie berücksichtigt den Sollverlauf bei einer Fahrplanänderung; nachträgliche Fahrpläne für die Lieferung von Regelleistung sind davon nicht betroffen

der Ausgleichsenergie in der Schweiz? Vergleicht man den Einsatz der Regelreserve aufgrund nichtkonformer Fahrplanwechsel vor und nach dem Juli 2010 und der Einführung der anreizkonformen Berechnung der Ausgleichsenergie, so zeigt sich trotz der kurzen Auswertungsperiode von einem halben Jahr eine klare Verbesserung. Im zweiten Halbjahr 2010 kam es im Vergleich zum zweiten Halbjahr 2009 zu rd. 40 % weniger Stundenwechseln, bei denen die Sekundärregelreserve ausgeschöpft wurde. Zwischen dem ersten und zweiten Halbjahr 2010 sind es sogar 45 %. Die Anpassung in der Berechnung der Ausgleichsenergie hat demnach einen positiven Effekt; nichtsdestoweniger muss sich aber noch zeigen, ob dieser Anreiz allein ausreicht, um die Fahrplansprungproblematik in der Schweiz vollständig zu lösen [5].

Fazit und Ausblick

Fehlende Sanktionierung bei Nichteinhalten der Spielregeln zur Fahrplanabwicklung und falsche Anreize bei der monetären Kompensation von Fahrplanabweichungen machen Fahrplansprünge und die daraus resultierenden Frequenzschwankungen zu einem verbundweiten Problem. Dieses wurde in der Schweiz erkannt, und mit der Modifikation der Ausgleichsenergieberechnung wurde eine erste Lösung geschaffen, die zu einer regelkonformen Umsetzung der Fahrpläne führt, gleichzeitig aber das Marktgeschehen unberührt lässt. Bei Betrachtung der eingesetzten Sekundärregelleistung der Schweiz zeichnet sich demnach seit Mitte 2010 eine klare Verbesserung ab. Der rampenförmige Sollverlauf bei Fahrplanänderungen wurde von vielen Unternehmen betrieblich umgesetzt und der Einsatz der Sekundärregelung aufgrund nichtkonformer Fahrplanwechsel ging entsprechend zurück.

Um allerdings verbundweit eine zunehmende Verschlechterung der

Frequenzstabilität zu vermeiden, muss die Fahrplansprungproblematik vor allem auch in großen Regelblöcken wie beispielsweise Deutschland sowie an Hochspannungs-Gleichstromübertragungsleitungen angegangen werden. Zu bedenken bleibt jedoch, dass dies an der Dominanz der Stundenprodukte im Stromhandel nichts ändert. Langfristig muss auch im Handelsdesign dem Zusammenwirken zwischen Verbrauchern und Produzenten wieder mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Denn je ausgeprägter die Frequenzschwankungen werden, desto mehr führt dies zu einer systematischen Destabilisierung des Stromnetzes und damit über kurz oder lang zu einer verminderten Versorgungssicherheit. Schlussendlich aber ist und bleibt das regelkonforme Verhalten der Marktteilnehmer nur so stark wie die finanziellen Anreize zur Abweichung schwach sind.

LITERATUR

- [1] OpHB-Team, UCTE Operation Handbook – Policy 1: Load-Frequency Control and Performance. Version 3.0, 19. März 2009.
- [2] Swissgrid AG: Transmission Code 2010. 23. November 2009.
- [3] Weißbach, T.; Welfonder, E.: High Frequency Deviations within the European Power System – Origins and Proposals for Improvement. Invited Paper, Electra, Nr. 242, Februar 2009.
- [4] UCTE Ad-hoc group: Frequency Quality Investigation. Excerpt of the Final Report, 30. März 2009.
- [5] Scherer, M.: Frequenzschwankungen durch nicht konforme Fahrplanwechsel. Bulletin SEV/AES, Nr. 1103, 2011.

(40553)

marc.scherer@swissgrid.ch

www.swissgrid.ch

4) Deshalb ist es auch wichtig, dass die Bilanzgruppenbetreiber nicht versuchen, die Fahrpläne um die Energiedifferenz des rampenförmigen Sollverlaufs (farbige Flächen in Bild 4) zu manipulieren, da die gemeldeten Leistungswerte dann von den getätigten Geschäften abweichen und so in den (Leistungs-)Sollwert und die Netzsicherheitsrechnung der jeweiligen Regelzone einfließen.