

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 105 (2014)

Heft: 12

Artikel: Le marché financier de l'électricité en Allemagne

Autor: Genoud, Stéphane / Cimmino, Francesco Maria / Previdoli, Deborah

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856326>

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: 12.01.2026

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

Le marché financier de l'électricité en Allemagne

Un aperçu financier des principales caractéristiques du prix de l'énergie électrique

Afin de prédire au mieux les fluctuations des prix de l'énergie et de réduire ainsi le risque auquel les acteurs sont confrontés, on utilise différentes approches telles que les outils de la finance et des sciences économiques. Il est également nécessaire d'introduire la notion de territorialité liée à la décentralisation de la production de l'électricité. Ce premier article, qui sera suivi de deux autres, analyse la volatilité des prix horaires du marché spot allemand.

Stéphane Genoud, Francesco Maria Cimmino, Deborah Previdoli

Le marché de l'énergie électrique est une réalité complexe et dynamique. Avec une approche statistique rigoureuse, nous avons essayé d'expliquer les caractéristiques les plus importantes du marché spot, soit les prix négatifs, les valeurs aberrantes, la saisonnalité et la variance. Pour mieux comprendre le phénomène, il est important d'avoir des connaissances sur le contexte et sur la manière dont le prix se négocie. Dans cet esprit, nous allons expliquer pourquoi il est nécessaire d'avoir une Bourse de l'électricité et ces effets importants supportés actuellement par les productions historiques.

Contexte

Le premier pays à avoir libéralisé le marché de l'électricité a été le Chili en 1982. Ce pays a été le laboratoire des politiques de libéralisation des marchés. Suite à cette expérience et celle d'autres pays comme l'Argentine en 1989, l'Union européenne (UE) a débuté une réflexion sur un marché électrique unique et concurrentiel. La politique énergétique de l'UE, résumée dans le Green Paper [1] en 1994, a défini les trois règles de base suivantes :

- Sécurité et augmentation des sources d'énergie (interne et externe),
- Développement d'un marché domestique pour encourager la concurrence,
- Développement des sources d'énergie renouvelables.

Ces trois règles de base ont été respectées, malgré le fait que le développement des sources d'énergie renouvelables pose

actuellement des problèmes en matière de sécurité, du fait de l'arrêt et/ou du démantèlement d'installations de production d'électricité sur le territoire européen.

Depuis cette libéralisation, l'électricité est devenue semblable à un bien matériel (commodity) dans le domaine financier, comme le sont notamment l'or, le blé ou le pétrole. Dans ces types de marché, les biens sont échangés sur les marchés au détail ou en gros. Sur ce dernier, nous trouvons, suite à cette ouverture, une Bourse de l'électricité. Les acteurs principaux de ces transactions sont les producteurs d'énergie, les grands acheteurs et les intermédiaires (traders). Dans la plupart des pays, un quatrième acteur est actif afin de garantir l'équilibre du marché à très court terme. En Suisse, il s'agit de l'entreprise Swissgrid SA.

Les diverses Bourses européennes proposant de l'électricité sont les suivantes, classées dans l'ordre d'importance des volumes échangés :

1. Nordpool, EEX et IPEX
2. Powernext et APX NL
3. APX U.K., EXAA, Towarowa, Belpex et OMEL

La Bourse EEX (European Energy Exchange) couvre les échanges en Allemagne, objet de cette étude, en Autriche et en Suisse. Nordpool couvre les pays scandinaves, Powernext la France et IPEX l'Italie. Selon la Commission européenne, 25 % de l'électricité sont échangés en bourse. Quant aux 75 % restants, ils sont négociés de gré à gré, aussi appelés contrat OTC (contrat direct entre deux parties) [2].

Différents produits sont présents sur le marché spot de l'électricité, soit Intraday, Baseload, Peakload et Offpeak. L'Intraday, à la base de notre étude quantitative, est un produit à cadence horaire, échangé tous les jours de la semaine pendant 24 heures. Les trois autres ont des périodes d'échange différentes. Le Baseload, à savoir l'énergie en ruban, se négocie du lundi au vendredi 24 h sur 24 h, pour tous les jours de la semaine. Les deux derniers produits sont complémentaires car le Peakload correspond aux heures pleines, de 8 h à 20 h du lundi au vendredi, et l'Offpeak aux heures creuses, de 20 h à 8 h du lundi au vendredi, ainsi

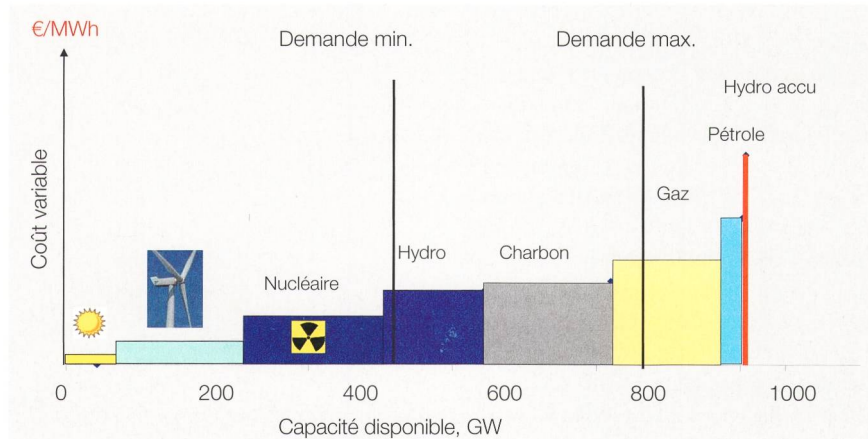


Figure 1 Ordre de mérite.

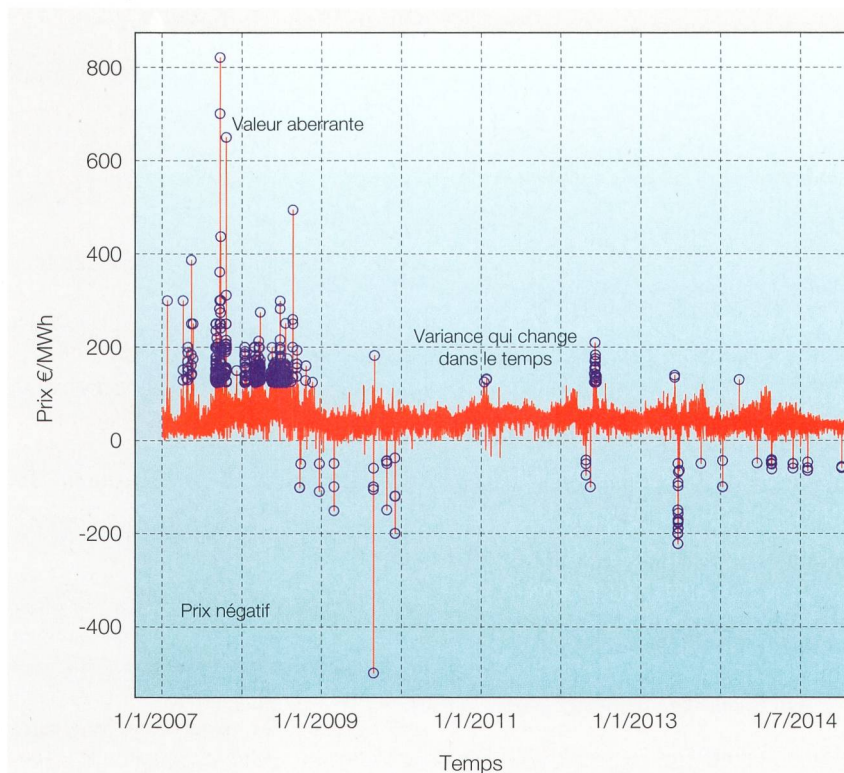


Figure 2 Données brutes du prix spot.

que le samedi et le dimanche. De plus, pour tous les produits, il est possible d'ajouter des options et des contrats futurs (future contracts) ou des structures encore plus complexes afin de spéculer ou de couvrir les risques.

Le marché EEX, basé à Leipzig, est né de la fusion de LPX et EEX Exchanges en 2002. Les ventes sont effectuées de manière électronique pour tous les produits proposés, à savoir l'électricité, le gaz naturel, le charbon et les émissions de CO₂. En 2013, EEX a échangé 1263 TWh d'électricité, dont 681,3 TWh en Bourse [3]. Malgré le volume relativement faible, ses prix sont un très bon indicateur européen du prix de l'électricité sur le marché en gros de l'Europe [3]. De plus, la construction du prix y est particulière. Comme à l'accoutumée, le prix provient du croisement entre la demande et l'offre. Dans le domaine de l'électricité, l'offre est influencée par l'ordre de mérite (figure 1). Les sources d'énergie n'ont pas toutes les mêmes prix marginaux. L'offre est le cumul croissant de ces coûts marginaux. L'hydroélectricité, avec des coûts marginaux élevés, rentrera donc en dernier. Les règles d'accès au marché des nouvelles énergies renouvelables (NER) ont chamboulé ce principe « de mérite » car les NER ont une priorité d'injection. Dans la figure 1, elles se placent donc en pre-

mier, décalant du même coup les modes de production historiques. Les installations hydrauliques à accumulation devraient produire environ 2000 heures par année, alors qu'aujourd'hui, elles atteignent difficilement ces heures de fonctionnement. Ce nouvel ordre de mérite a donc des conséquences impor-

tales sur la rentabilité car, pour ce solde, les producteurs vendent leurs productions à des prix inférieurs à leurs coûts.

Les NER sont des énergies fatales, c'est-à-dire qu'elles sont dépendantes des conditions météorologiques, leur production est donc aléatoire. La particularité de l'électricité est telle qu'à tout moment de la journée, l'offre doit nécessairement être égale à la demande car l'électricité ne se stocke pas à des coûts raisonnables. Lorsque vous entrez dans « l'équation » ces trois constats : la priorité des NER dans l'ordre de mérite, la fatalité des NER, et l'équilibre entre l'offre et la demande, vous observez des comportements des acteurs qui sont en contradiction avec le green paper de l'UE, en particulier la sécurité et l'augmentation des installations de production d'électricité.

Comment quantifier les « tensions » sur le réseau électrique ? L'approche que nous proposons ici est l'analyse de la volatilité des prix horaires du marché spot allemand. Comme l'équilibre entre l'offre et la demande doit être assuré à tout moment et que les manques/surplus sont traités sur le marché spot, les grandes variations des prix reflètent les difficultés des acteurs à assurer leurs engagements de production ou de consommation.

Comme nous n'expliquons pas les tendances à la baisse des prix de l'électricité, dues entre autres à l'augmentation du

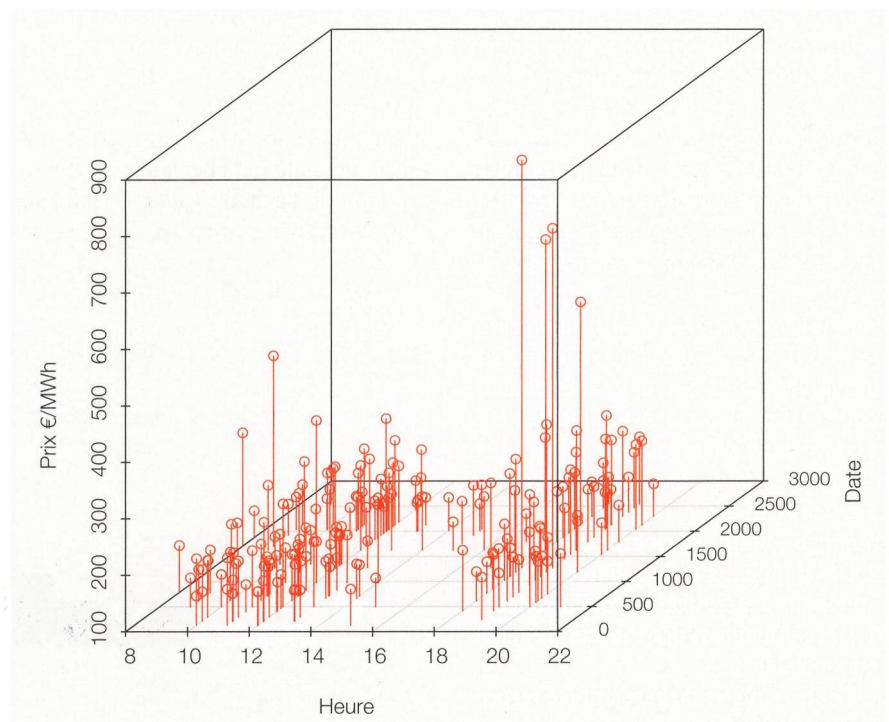


Figure 3 Valeurs extrêmes en fonction du temps et de la date.

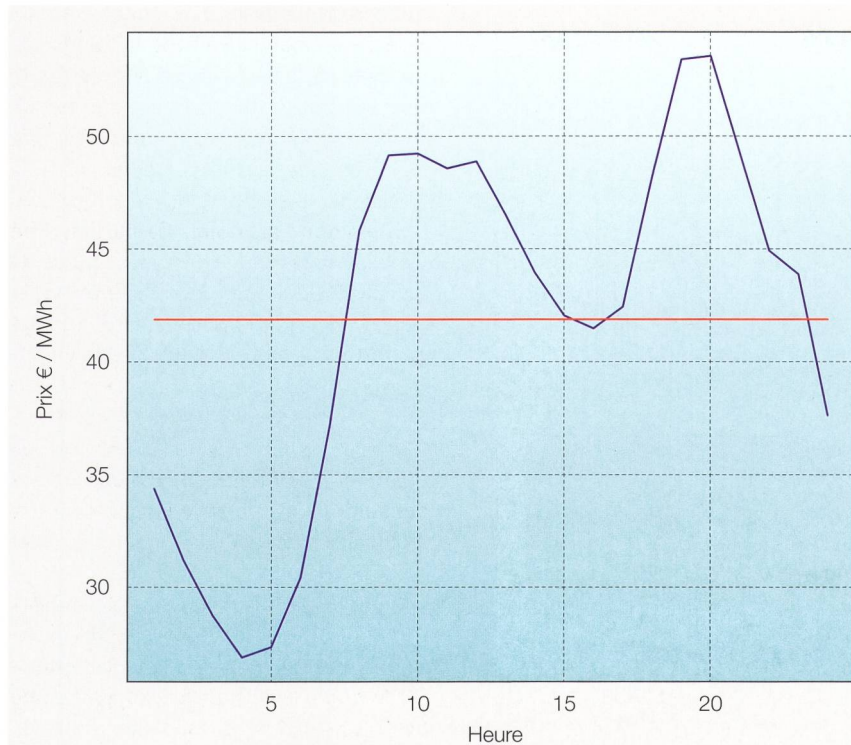


Figure 4 Moyenne horaire en bleu, en rouge la moyenne sur la période de 45,02 €/MWh.

gaz de schiste américain, au prix très bas de la tonne sur le CO₂ et à la crise économique européenne, nous travaillerons par la suite uniquement sur les variations des prix horaires.

L'analyse du prix spot de l'électricité sur le marché EEX

Notre étude a été effectuée sur les données du prix spot du 02.01.2007 au 01.07.2014. Ce marché se nomme Physical Electricity Index (Phelix) en Allemagne et en Autriche.

Les données ont permis de faire ressortir quatre particularités : les prix négatifs, de nombreuses valeurs aberrantes (valeurs significativement plus grandes ou plus petites que la majorité), la saisonnalité (non visible sur la **figure 2**) et une grande variance (c'est-à-dire que les prix ne sont pas constants dans le temps). Chacune de ces spécificités sera décrite de manière détaillée dans les chapitres ci-dessous.

Les prix négatifs

Dans le marché spot EEX, nous avons constaté que les prix pouvaient être négatifs. Dans le monde financier ainsi que dans la vie quotidienne, il s'agit d'une grande anomalie, quasi impossible [4]. Il n'est pas pensable que le boulanger paie son client pour que ce dernier prenne son pain. Il existe différentes causes pour les prix négatifs :

- pics d'électricité provenant de nouvelles énergies renouvelables, comme la tempête du 4 octobre 2008 ;
- la production conventionnelle d'électricité ne peut pas être stoppée net sans coûts importants.

Dans certains pays tels que l'Italie, le prix spot de l'électricité est stoppé artificiellement à zéro. Les débats sur ce sujet sont nombreux, mais il semble plus logique de laisser le marché fixer le prix, même s'il est négatif.

Valeurs aberrantes

La deuxième particularité est la présence de valeurs aberrantes. Comme expliqué, il s'agit de valeurs beaucoup plus élevées ou basses que la normale. Dans la période étudiée, un GWh coûte en moyenne 45 €. Le 15 novembre 2007, le GWh s'échangeait à 800 €, il s'agit donc d'une valeur aberrante ou d'un « outlier ». En utilisant la méthode statistique de la distance interquartile, nous pouvons relever le résultat apparaissant dans le **tableau 1** ci-dessous.

Nous avons relevé une diminution des valeurs aberrantes sur le marché (**figure 2**). C'est un signe de bonne santé. Cela peut certainement s'expliquer par le fait

que les acteurs sont probablement plus précis dans leurs prévisions et les centrales dont les coûts marginaux sont plus élevés produisent uniquement quand cela est nécessaire.

Voici ci-dessous deux exemples qui indiquent comment ces prix aberrants surviennent : le prix de l'énergie a chuté à -500 € le 4 octobre 2009 car une tempête a augmenté fortement la production éolienne. Autre exemple, le pic de 600 €/MWh du 19 octobre 2009 causé par la hausse de la prévision de consommation (+3000 MW entre vendredi et dimanche), une forte demande en fin de matinée (9h-12h) et une baisse de la prévision d'offre (-4100 MW) due à l'arrêt de centrales nucléaire et hydraulique d'EDF [5].

Pour tenter d'expliquer la présence de ces valeurs extrêmes, nous pouvons considérer la relation entre les prix et l'heure :

Le graphique de la **figure 3** permet de mettre en évidence deux périodes temporelles où les valeurs aberrantes sont particulièrement fréquentes, soit entre 9 et 12 heures et entre 17 et 21 heures. On peut expliquer cela par l'ordre de mérite et l'effet de la saisonnalité de l'heure.

Saisonnalité

La saisonnalité est définie comme une répétition cyclique d'une valeur. En été, dans l'industrie, la production est plus basse, donc moins d'énergie est consommée.

Les prix horaires moyens atteignent des niveaux plus élevés entre 9 et 12 heures et 17 et 21 heures (**figure 4**).

Nous retrouvons ce même phénomène durant le week-end où nous avons une baisse des prix. En hiver, l'électricité coûte plus cher sur le marché allemand. Ceci s'explique notamment par l'utilisation du chauffage. Les saisons météorologiques influencent donc le prix de l'électricité. Une étude plus approfondie sur cette influence des phénomènes météorologiques est en cours à la HES-SO Valais/Wallis et fera l'objet d'une future publication.

Il est maintenant possible de comprendre la présence des deux périodes avec un grand nombre de valeurs aberrantes. Dans ces deux intervalles, la demande est très forte (donc avec une production des usines ayant un coût mar-

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-500	105	116	112	128	821

Tableau 1 Résultat de l'analyse statistique des données aberrantes sur 7 ans.

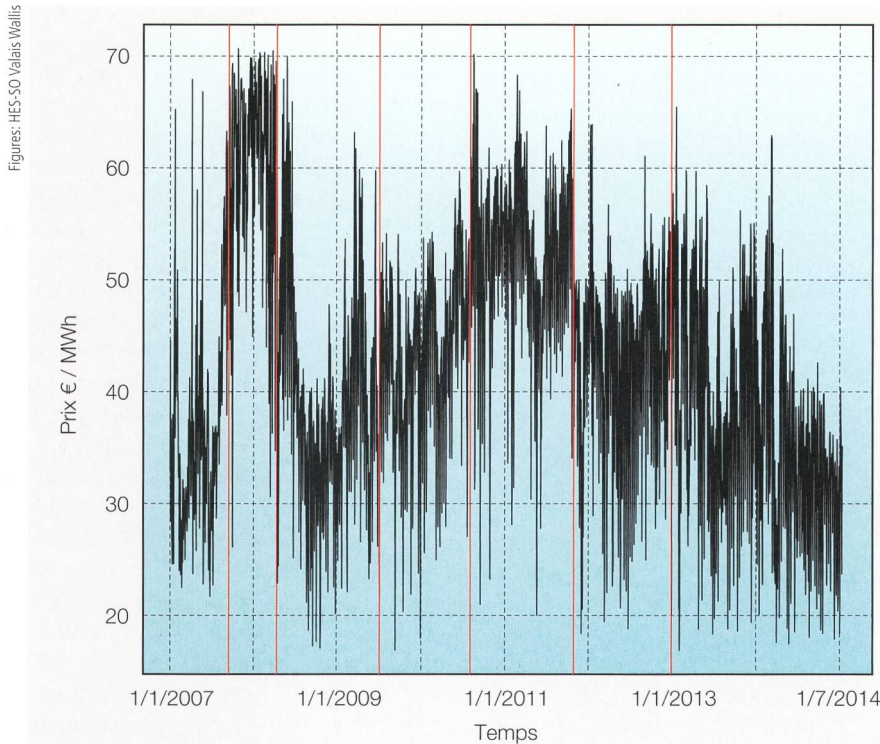


Figure 5 Les six changements structurels.

ginal élevé) et une petite erreur dans la prévision peut uniquement être compensée par la participation des producteurs dont le coût de production est encore plus élevé. Il apparaît donc nécessaire d'avoir des prévisions très fiables afin d'éviter ces fluctuations importantes du prix.

Les outils utilisés par les économètres permettent aisément de tenir compte de ces variations saisonnières, typiques des séries temporelles. Il est donc possible de prédire ces variations.

Groupe de variance

La dernière caractéristique du marché spot allemand est que la fluctuation des prix n'est pas constante dans le temps. Ce phénomène se retrouve aussi dans les séries financières, telles que le marché de devises. Sur les marchés financiers, la moyenne ainsi que la variance sont des informations de base nécessaires pour les comprendre. Durant la crise économique de 2008, la volatilité a fortement augmenté dans la majorité des actifs financiers. Cela démontre une certaine insécurité, une nervosité des marchés.

Dans notre étude, un changement de volatilité peut être causé par l'introduction de nouvelles centrales éoliennes et, vu la nature stochastique du vent, il y a nécessairement un effet sur la volatilité.

Afin de savoir à quels moments interviennent ces changements, la méthode

statistique des changements structurels peut être appliquée [6]. Il existe de nombreux exemples de l'utilisation de cet outil dans les marchés financiers comme ceux d'Aggarwal et al. en 1999, Andreou

et Ghysels en 2002, Fernandez en 2004 et Zeileis, Shah et Patnaik en 2010.

Cette méthode nous permet d'affirmer que l'évolution des prix est une réalité dynamique et fortement influencée par des causes externes.

Six changements dans la variance ont été observés sur la moyenne des prix journaliers (figure 5). Il est à noter que les valeurs extrêmes ont été enlevées, car ces dernières engendrent une distorsion des changements.

Il y a certainement une ou plusieurs explications à ces changements de structure de la variance, mais l'augmentation de production des NER fatales y est certainement pour quelque chose.

Conclusions

Dans un marché aussi compliqué que celui de l'électricité, plusieurs approches permettent de comprendre son fonctionnement. Notre approche purement financière permet de mettre en évidence quelques particularités expliquées par les réalités de terrain :

- l'observation de prix négatifs issue en grande partie des influences météorologiques ;
- des valeurs aberrantes expliquées par des hausses de la consommation

Zusammenfassung

Der deutsche Strom-Finanzmarkt

Ein Finanzüberblick über die Hauptmerkmale des Strompreises

Der Strommarkt zeichnet sich durch Komplexität und Dynamik aus. Um die Preisschwankungen im Energiebereich möglichst präzise vorherzusagen und so das Risiko, denen die Beteiligten ausgesetzt sind, zu minimieren, werden verschiedene Methoden angewandt, z. B. Instrumente aus der Finanzwelt und aus der Ökonometrie. Zu beachten ist dabei die Bedeutung der Territorialität im Zusammenhang mit der Dezentralisierung der Stromerzeugung, insbesondere für die erneuerbaren Energien, die stark von lokalen meteorologischen Bedingungen abhängig sind. Dieser erste von insgesamt drei Artikeln analysiert die Volatilität der Stundenpreise des deutschen Spotmarktes.

Um die Besonderheiten der Märkte und ihre Ursachen besser zu verstehen, ist es wichtig, mehr über das Umfeld und die Art, wie die Preise verhandelt werden, zu wissen. Die Börse EEX (European Energy Exchange) mit Hauptsitz in Leipzig deckt den Handel in Deutschland, Österreich und der Schweiz ab. Die Preise des EEX sind ein sehr guter europäischer Indikator für den Strompreis auf dem Grosshandelsmarkt in Europa.

Im Strombereich wird das Angebot durch das Merit Order beeinflusst. Die Regeln für den Zugang zum Markt der neuen erneuerbaren Energien haben dieses Merit Order auf den Kopf gestellt, da Letztere beim Einspeisen Priorität haben. Dadurch nimmt die Bedeutung der herkömmlichen Produktionsarten, z. B. Pumpspeicherwerke, ab, was dazu führt, dass die Hersteller ihre Erzeugnisse unter dem Herstellungspreis verkaufen.

Die Datenanalyse hat vier Besonderheiten des Strommarktes hervorgehoben: negative Preise, die hauptsächlich auf Wettereinflüsse zurückzuführen sind; zahlreiche Ausreisser (Werte, die signifikant höher oder tiefer als die Mehrheit der Werte sind), die aus nicht vorhergesehenen Spitzen oder Tiefstwerten in der Stromproduktion stammen; die Saisonalität (zyklische Wiederholung eines Wertes) infolge des zeitlichen Aspekts der Energie sowie eine grosse Varianz (d. h. die Preise sind über die Zeit gesehen nicht konstant), die teilweise in der Steigerung der willkürlichen Produktion der neuen erneuerbaren Energien begründet ist.

Cr

et/ou des baisses non prévues de la production
■ et finalement des saisonnalités expliquées par la nature temporelle de l'énergie.

Les outils de la finance peuvent donc être intéressants pour analyser ce marché. Mais l'intérêt de ces outils réside aussi dans la nécessité de pouvoir prédire au mieux les fluctuations du marché et donc de réduire le risque auquel les acteurs sont confrontés. Cela permettra de respecter les règles de base de l'UE car les risques élevés n'incitent pas à prendre des décisions d'investissement pour de nouvelles centrales de production et la règle 1 ne serait pas respectée.

Dans un prochain article, nous vous présenterons les outils des sciences économétriques qui permettent de prédire au mieux les fluctuations de ces prix de l'énergie.

L'approche économétrique ne suffira pas pour avoir des prévisions fiables. Il sera nécessaire d'introduire la notion de

territorialité liée à la décentralisation de la production de l'électricité, en particulier pour les NER fortement influencées par les conditions météorologiques locales. Cette approche permettra d'améliorer significativement les prévisions de fluctuations des prix. Cette partie conclura notre propos et fera également l'objet d'un article dans cette revue.

Lien

■ www.hevs.ch

Références

- [1] Commission of the European Communities. For a European policy; Brussels, 2014.
- [2] European Commission. 2010a. Questions & Answers: Preventing Abuse in Wholesale Energy Markets - Europa.eu: Memo/10/655. Brussels (Belgium): European Union.
- [3] European Energy Exchange (EEX). 16.01.2014. Strakes Wachstum im Jahr 2013, www.ee-news.ch.
- [4] Dettmer, F. and Jacob, M., Stunden, in den Strom kein "Gut" ist, emw 5, p. 70-72, 2009.
- [5] Gay A. & Glita M. (2012). Le système électrique européen. Enjeux et défis.
- [6] Rebecca Killick, Idris A. Eckley (2014). Change-point: An R Package for Change-point Analysis. Journal of Statistical Software, 58(3), 1-19, www.jstatsoft.org/v58/i03/.

Auteurs

Dr **Stéphane Genoud** est professeur en Management de l'énergie à l'Institut Entrepreneurship & Management de la HES-SO Valais Wallis. Il est titulaire d'un CFC d'électricien, un diplôme d'ingénieur HES, une licence en économie, plusieurs masters (finance et énergie) et une Thèse de Doctorat en économie sur l'analyse, d'un point de vue du développement durable, des modes de production de l'électricité. En parallèle à ses activités académiques, il a créé plusieurs sociétés où il travaille aussi comme consultant senior, membre du conseil.

HES-SO Valais Wallis, 3960 Sierre,
stephane.genoud@hevs.ch

Francesco Maria Cimmino est actuellement stagiaire à l'Institut Entrepreneurship & Management de la HES-SO Valais Wallis. Il a obtenu un master de deuxième niveau en Statistique et Économie alla Sapienza de Rome (2012) et un master en économétrie pour la banque et la finance à l'Aix-Marseille School of Economics (2014).

HES-SO Valais Wallis, 3960 Sierre,
francesco.cimmino@hevs.ch

Deborah Previdoli est actuellement assistante de recherche à l'Institut Entrepreneurship & Management de la HES-SO Valais Wallis. Elle a travaillé pour le service administratif et juridique du DTEE (Commission cantonale des constructions, Etat du Valais) de 2010 à 2014 et a obtenu son Bachelor en Économie d'entreprise en 2014 auprès de HES-SO Valais avec option principale en Energy Management.

HES-SO Valais Wallis, 3960 Sierre,
deborah.previdoli@hevs.ch

Anzeige



Vorteil beim Hausanschluss: Überzeugend in Design, Ökologie und Innovation.

multibox.schurter.ch

SCHURTER
ELECTRONIC COMPONENTS



LANZ – moderne Kabelführung

- Kabelschonend
- Preisgünstig
- Koordinierbar
- Schraubenlos montierbar
- Funktionserhalt E 30 / E 90
- Sofort lieferbar

- LANZ G- und C-Kanäle
- LANZ Multibahnen
- Flachbahnen nur 70 mm hoch
- LANZ Briport
- Inst-Alum- und ESTA Installationsrohre
- V-Rohrschellen für koordinierte Installationen
- Gitterbahnen, Flachgitter
- Weitspann-Multibahnen
- Weitspann-Tragprofile
- LANZ Steigleitungen
- Schnellverleger

Stahl halogenfrei polyethylenbeschichtet, galv. verzinkt, feuerverzinkt oder rostfrei A4. Hoch belastbar nach IEC 61537. CE-konform. ISO-9001-zertifiziert. Geprüft für Funktionserhalt E 30 / E 90. Trägermaterial ACS-schockgeprüft 1 bar, abrutschsicher verzahnt. Geprüft auf Erdbbensicherheit. Deckenstützen für 1-Dübel-Montage. Ab Lager von lanz oensingen und allen Elektrogrossisten.

lanz oensingen ag Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24

☐ Mich interessieren Bitte senden Sie Unterlagen.

☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

•K5



lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen
Telefon 062 388 21 21
www.lanz-oens.com
Südringstrasse 2
Fax 062 388 24 24
info@lanz-oens.com