



Effiziente Bewertung von Arbeitspreisgeboten am deutschen Regelenergiemarkt

Dr.-Ing. Derk J. Swider

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Gespräch bei der Bundesnetzagentur, Beschlusskammer 6

5. April 2007, Bonn, Deutschland



Überblick

- 1 Einleitung
- 2 Ausgestaltung
- 3 Bewertungsverfahren
- 4 Entwicklung
- 5 Schlussbetrachtung



Effiziente Bewertung von Arbeitspreisgeboten

- Am Regelenergiemarkt wird das Gebotspreisverfahren verwendet, dass zu nachfolgenden Kosten führt: $C = \sum_i L_i^Z (p_i^L + h_i^N p_i^A)$.
- Um diese Kosten zu minimieren, müssen Leistungs- und Arbeitspreis bei der Auswahl adäquat bewertet werden.
- Aktuell wird ein Bewertungsverfahren verwendet, bei dem die Auswahlentscheidung nur auf den Leistungspreisen basiert.
- Dies führt zu teilweise extrem hohen und oberhalb kurzfristiger Grenzkosten liegender Gebote für den Arbeitspreis.

Strategische Anreize lassen sich über eine Bewertung der Arbeitspreisgebote mit der erwarteten Arbeitsnachfrage mindern.



Der Teufel steckt im Detail!

Marktausgestaltung hat Anreizkompatibilität zum Ziel.

- Bieter sollen ihren Gewinn durch die Offenbarung nachgefragter privater Informationen maximieren.
- Hier sollen die Bieter ihre jeweiligen variablen Erzeugungskosten im Arbeitspreis offenbaren.
- Sofern perfekter Wettbewerb nicht erreicht wird, sollte strategisches Gebotsverhalten auf den Leistungspreis beschränkt werden.
- Im Allgemeinen sind einfache Lösungen ineffizient und effiziente Lösungen sind schwer zu implementieren.

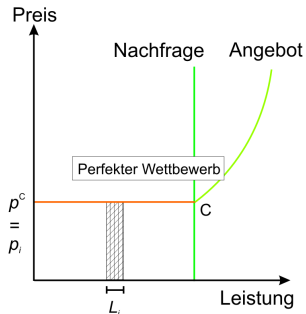


Marktform ist prinzipielles Problem

- Preisunelastische und ex-ante bekannte Kapazitätsnachfrage sowie preisunelastische aber erst ex-post bekannte Arbeitsnachfrage.
- Vorliegen eines beschränkten Monopsons, d. h. eines Marktes mit nur einem Nachfrager und wenigen Bietern (oligopolistische Strukturen).
- Hohe Markteintrittsbarrieren (technische Anforderungen, Mindestangebotsmengen) führen zu geringer Marktliquidität.
- Das Problem der Marktliquidität wird durch getrennte Angebotskurven und Kernanteile der Übertragungsnetzbetreiber verstärkt.

Die Marktform birgt das Risiko strategisch überhöhter Preise und damit einer geminderten Kosteneffizienz.

Ausgestaltungsmöglichkeit I: Vergütungsverfahren



- Nach dem Einheitspreisverfahren wird ein Markträumungspreis p^C bestimmt und an alle angenommenen Gebote vergütet.
- Nach dem Gebotspreisverfahren wird jedes angenommenen Gebot mit dem jeweiligen Gebotspreis p_i vergütet.
- Der Gewinn eines Bieters bestimmt sich nach dem Einheitspreisverfahren zu $\Pi_i^{\text{Uni}} = p^C \times L_i$ und zu $\Pi_i^{\text{PaB}} = p_i \times L_i$ nach dem Gebotspreisverfahren.
- Bei perfektem Wettbewerb führen beide Vergütungsverfahren zum gleichen Ergebnis.



Ausgestaltungsmöglichkeit II: Gebotsmechanismen

Neben der Wahl des Vergütungsverfahrens besteht für den Marktbetreiber auch eine Wahl bezüglich der Gebotsgestaltung. Bei einer zweiteiligen Preisstellung stehen prinzipiell drei Gebotsmechanismen zur Verfügung:

- Fall 1) Festlegung des Arbeitspreises und Auktion allein auf Basis des Leistungspreises (Regelleistungsmarkt);
- Fall 2) Festlegung des Leistungspreises und Auktion allein auf Basis des Arbeitspreises (Regelenergiemarkt);
- Fall 3) Auktion auf Basis des Leistungspreises und des Arbeitspreises, wobei die Auktion a) simultan oder b) sequentiell erfolgen kann.

Wenn die Auktion auf einer zweiteiligen Preisstellung beruht, ist eine Bewertungsregel zur Aufstellung der Merit-Order der Gebote notwendig.



Ausgestaltungsmöglichkeit III: Markteinbindung

Hier bezieht sich die Markteinbindung auf die Schließung des Orderbuchs bzw. das Ende der Gebotsannahme an den relevanten Märkten.

- Das Ende der Gebotsannahme sollte so nah wie möglich an der physischen Erfüllung liegen; würde zu einem Real-time-Handel führen.
- Stromerzeugung hat hohe technische Anforderungen an den Betrieb; würde zu einem Intra-day- oder Day-ahead-Handel führen.
- Regelenergie hat noch höhere technische Anforderungen; Energie kann weiter Intra-day gehandelt werden, Kapazität besser Day-ahead.
- Im letzt genannten Fall liegt eine sequentielle Auktion zur Beschaffung von Regelenergie vor; erlaubt grenzüberschreitenden Handel.

Erster naiver Ansatz

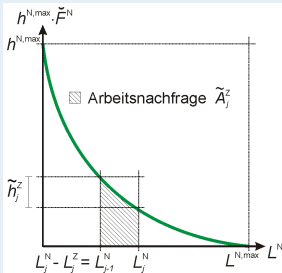
- Ein Bewertungsverfahren muss die zweiteiligen Preisgebote mit der ex-ante unbekannten Arbeitsnachfrage berücksichtigen.
- Ein erster naiver Ansatz wäre, eine für alle Gebote konstante erwartete Dauer der Regelenergienachfrage zu verwenden.

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\{z_j, L_j^Z\}} \quad & \tilde{C} = \sum_j [L_j^Z (p_j^L + \tilde{h}^N p_j^A)] \\ \text{s. t.} \quad & \sum_j L_j^Z = L^{\text{N,max}} ; z_j L^{\text{N,min}} \leq L_j^Z \leq z_j L_j^G ; z_j \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

- Ansatz berücksichtigt nicht, dass die erwartete Nachfragedauer jedes Gebots vom jeweiligen Arbeitspreis abhängt: $\tilde{h}_j^N(p_j^A) : \mathbb{R} \mapsto]0, h^{\text{N,max}}]$.
- Beachte, dass die erwartete Nachfrage durch die Notwendigkeit der Reservevorhaltung nie Null sein kann (wird aktuell aber angenommen).

Dauerlinienansatz I (Historische Nachfrage)

- Zeitreihe der historischen Regelenergienachfrage ist verfügbar und zur Ableitung einer stochastischen Beschreibung nutzbar.
- Regelleistungsdauerlinie führt zur Ableitung der erwarteten Nachfragedauer für jedes Gebot in Abhängigkeit der Arbeitspreise.



- Standardisierte Inverse der Dauerlinie bildet eine Wahrscheinlichkeitsverteilung $\check{F}^N(L^N)$.
- Nach $\check{F}^N(L^N) = P^N(L_\omega^T > L^N)$ gibt die Dauerlinie die Wahrscheinlichkeit, dass die Nachfrage L_ω^T ausgelöst durch einen Vorfall ω größer L^N ist.
- Das Integral dieser Dauerlinie entspricht der erwarteten Arbeitsnachfrage, die durch alle angenommenen Gebote zu decken ist.

Dauerlinienansatz II (Zielfunktion)

- Erwartete Regelenergienachfrage je Gebot ist bestimmbar über:

$$\tilde{A}_j^Z = h^{N,\max} \int_{L_j^N - L_j^Z}^{L_j^N} \check{F}^N(L^N) dL^N \quad \text{mit} \quad L_j^N = \sum_{k=1}^j L_k^Z$$

- Einem Gebot zugeordnete Regelenergienachfrage hängt von der Lage in der Angebotskurve der Arbeitspreise ab.

$$\text{Min}_{\{z_j, L_j^Z\}} \quad \tilde{C} = \sum_j [L_j^Z p_j^L + \tilde{A}_j^Z p_j^A]$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_j L_j^Z = L^{N,\max}; \quad z_j L^{N,\min} \leq L_j^Z \leq z_j L_j^G; \quad z_j \in \{0, 1\}$$

- Ex-ante unbekannte Regelenergienachfrage ist im Vergleich zum aktuellen Verfahren deutlich besser repräsentiert, es liegen keine Abweichungen zwischen Bewertung und erwartetem Abruf vor.



Exemplarische Gebote

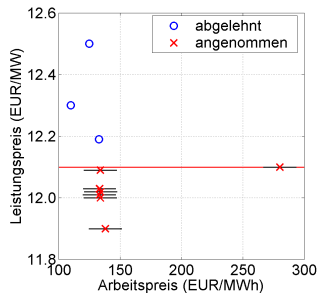
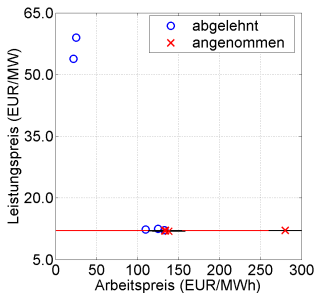
Nr.	Angebotsleistung (MW)	Leistungspreis (€/MW)	Arbeitspreis (€/MWh)	Zuschlagsleistung ¹ (MW)	
				BV ₁	BV ₄
1	30	53,80	21,90	0	30
2	50	59,00	25,00	0	0
3	100	12,30	110,00	0	33
4	100	12,50	125,00	0	0
5	150	12,19	133,00	0	0
6	100	12,01	133,10	100	100
7	100	12,03	133,30	100	100
8	100	12,00	134,00	100	100
9	200	12,09	134,00	200	197
10	100	12,02	134,20	100	100
11	60	11,90	138,00	60	60
12	100	12,10	280,00	90	30

¹ Vergleich der Angebotsauswahl bei unterschiedlichen Bewertungsverfahren (BV):

– BV₁: $L_1^N = 750$ MW, $h_1^N = 0,0000$ hrs

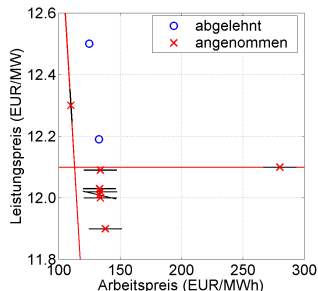
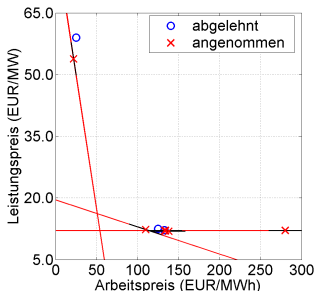
– BV₄: Exponentialverteilung mit $b = 10,32$ in $f(y; b) = \frac{1}{b} \exp(-\frac{y}{b})$

Kostenisoquanten I (Erster naiver Ansatz, BV_1)



- Bieter *kann bessere Erwartung* an die Abrufdauer seines Gebots haben als bei Beschaffung berücksichtigt wird.
- Für Arbeitspreis führt nur Gebot oberhalb der kurzfristigen Grenzkosten zum Gewinnmaximum eines Bieters.

Kostenisoquanten II (Dauerlinienansatz, BV₄)



- Bieter *kann keine bessere Erwartung* an die Abrufdauer seines Gebots haben als bei Beschaffung berücksichtigt wird.
- Strategische Anreize werden auf den Leistungspreis beschränkt; Arbeitspreise tendieren in Richtung kurzfristiger Grenzkosten.

Überblick zu Märkten in Europa

	Leistung ¹	Vergütungsverfahren	Gebotsmechanismus ²		Markteinbindung
	15	Gebotspreis	p^L vorher	p^A vorher	Day-ahead
	10	Gebotspreis	p^L vorher ³	p^A nachher	Day-ahead
	10	Gebotspreis		p^A nachher	Day-ahead Intra-day
	3	Gebotspreis		p^A nachher	Day-ahead Intra-day
	5	Einheitspreis	p^L vorher ³	p^A nachher	Day-ahead Intra-day
	10	Einheitspreis		p^A nachher	Day-ahead Intra-day
	10	Einheitspreis		p^A nachher	Day-ahead Intra-day
	25	Einheitspreis	p^L vorher ³	p^A nachher	Day-ahead

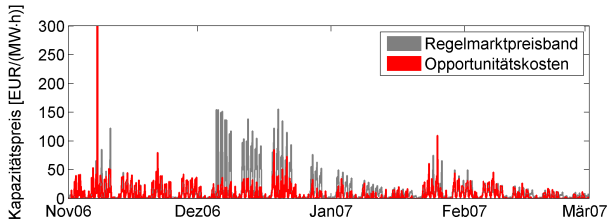
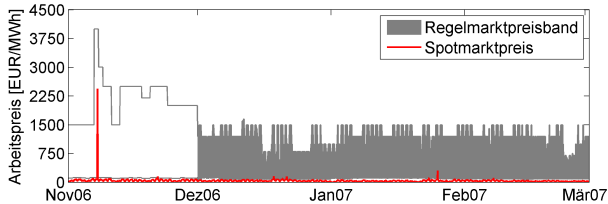
¹ Minimale Gebotsleistung in (MW).

² Handelszeit im Vergleich zum Spotmarkt.

³ Auktion; monatlich oder jährlich.

- Elektronische Handelsplätze mit Differenzen in der Transparenz.
- Marktausgestaltung ist in Europa bisher noch nicht harmonisiert.

Handel inkrementeller Minutenreserve





Einheitlicher und transparenter Markt?

- Handelsvolumen steigt; Arbeitspreise bleiben auf extrem hohem Niveau; Leistungspreise sprangen hoch und sinken langsam.
- Handel vor der Angebotsabgabe am Spotmarkt reduziert Preisspitzen und hilft, eine höhere Liquidität zu gewährleisten.
- Transparente Veröffentlichung reduziert die Diskriminierung kleiner Bieter; Marktergebnisse werden an alle signalisiert.
- Es existiert ein einheitlicher Regelmarkt, allerdings noch mit separaten Angebotskurven und Kernanteilen der ÜNBs.

Ein einheitlicher, transparenter Markt ist notwendig; Liquidität steigt und Marktergebnisse werden korrekt signalisiert.



Kopplung des Arbeits- an den Spotmarktpreis?

- Bei einer zweiteiligen Preisstellung ist die Aufstellung der *Merit Order* nicht trivial, da eine Bewertung der Gebotsbestandteile notwendig wird.
- Aktuell wird nur der Leistungspreis berücksichtigt, d. h. eine eventuelle Regelenenergienachfrage wird als identisch Null angenommen.
- Anreizkompatibilität ist erreichbar, wenn die Arbeitspreise bei der Auswahl mit der erwarteten Nachfragedauer bewertet werden.
- Eine Kopplung des Arbeits- an den Spotmarktpreis birgt die Gefahr einer deutlichen Reduktion der Liquidität am Regelenenergiemarkt.

Kopplung des Arbeits- an den Spotmarktpreis nicht empfehlenswert; keine Signalisierung der Besonderheiten des Gutes.



Vergütung entsprechend des Einheitspreisverfahrens?

- Die Gebotserstellung nahe an den erwarteten Grenzpreis führt zum „*Rate den Grenzpreis*“-Problem, d. h. es entsteht eine zusätzliche nicht-unternehmerische Unsicherheit, die kleine Bieter diskriminiert.
- Gebotspreise werden nahe dem Grenzpreis des Vortags gesetzt; sie können daher höher als die Variablen- oder Opportunitätskosten sein und tendieren zu einer langsamen Rückkehr nach einem Preissprung.
- Diese Probleme mit dem Gebotspreisverfahren können langfristig zur Minderung der Bestreitbarkeit des Marktes und somit zu einer Gefährdung der Versorgungssicherheit führen.

Einheitspreisverfahren ist empfehlenswert; kann zu niedrigeren Marktpreisen und höherer Bestreitbarkeit des Marktes führen.



Einbindung eines Intra-Day-Regelenergiehandels?

- Nachfrage für Reserve kann reduziert werden, wenn die Erzeuger bis zur letzten Minute Elektrizität handeln können.
- Mögliche Knappheit wird korrekt in den Preisgeboten wiedergegeben (inkrementelle Reserve kostet nie weniger als Spotenergie).
- Erfordert eine ausreichende Anzahl von Geboten, somit eine hohe Liquidität; daher ist Regelleistung im Vorfeld zu beschaffen.
- Beschaffung von Regelleistung mit langfristigen Vereinbarungen oder Day-ahead-Handel; für Regelenergie besteht dann Angebotspflicht.

Sequentieller Day-ahead-Handel von Reserveleistung und Intra-day-Handel von Regelenergie ist empfehlenswert.







Schlussbetrachtung

- Etablierung eines einheitlichen, transparenten Marktes zur Beschaffung von Regelleistung (mit Option zur Institutionalisierung).
- Kleine Bieter werden bezüglich der Kenntnis von Marktergebnissen nicht länger diskriminiert und das Handelsvolumen steigt.
- Regelleistungsmarkt weiterhin nicht anreizkompatibel, weshalb adäquate Bewertung der Arbeitspreisgebote angeraten ist.
- Einfache Lösungen, wie die Fixierung des Arbeitspreises, sind einfach zu implementieren, garantieren aber keinen effizienten Markt.

Vorschlag: *Day-ahead-Handel von Regelleistung und Intra-day-Handel von Regelleistung; Einheitspreisverfahren zur Vergütung.*



Ausgewählte Literatur

-  Swider, D.J., Weber, C. (2003)
Ausgestaltung des deutschen Regelenergiemarktes.
Energiewirtschaftliche Tagesfragen 53(7):448-453.
-  Swider, D.J., Ellersdorfer, I. (2005)
Kosteneffizienz am deutschen Regelenergiemarkt.
Energiewirtschaftliche Tagesfragen 55(11):802-806.
-  Swider, D.J. (2006)
Handel an Regelenergie- und Spotmärkten.
Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
-  Swider, D.J., Tupa, D.C., Ellersdorfer, I. (in Vorbereitung)
Wettbewerb am deutschen Regelenergiemarkt?
Energiewirtschaftliche Tagesfragen.