

Der Einfluss von Unbundling auf die Spotmarktpreise im Energiesektor

F. Bauer, C. Bremberger und M. Rammerstorfer

20. November 2009

Inhaltsangabe

- 1 Motivation
- 2 Modell
 - Referenzmodell
 - Implementierung verschiedener Unbundlingszenarien
- 3 Inputdaten
- 4 Simulationsergebnisse
 - Effekte verschiedener Unbundlingszenarien
 - Strukturanalyse
- 5 Schlussfolgerungen

Motivation

- Die Entflechtung des Übertragungsnetzes vertikal integrierter Stromfirmen in Europa ist ein wichtiges Thema in der aktuellen regulierungsökonomischen und politischen Diskussion.
- Während Legal Unbundling bereits in den meisten Ländern eingeführt wurde, erscheinen die Effekte weiterführender Modelle noch zweifelhaft.
- Die dritte Energierichtlinie (2007) betrachtet Legal Unbundling als nicht ausreichend und sieht die Implementierung weiterführender Modelle vor.
- Ziel dieser Studie: Analyse der Auswirkungen verschiedener Unbundlingszenarien.
- Dabei werden Legal Unbundling, Ownership Unbundling und die Alternative eines ISO/ITO anhand eines Simulationsmodells verglichen.

Modell der konjunkturalen Variation

- Das Referenzmodell basiert auf dem statischen, numerischen und kurzfristigen Modell von Andersson und Bergman (1995).
- Angebot eines Stromproduzenten:

$$X(f) = X_{hy}(f) + X_{nuc}(f) + X_{fos}(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (1)$$

- Stromangebot:

$$S_E = \sum_{f=1}^F X(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (2)$$

Marginale Kosten der Stromproduktion

- Marginale Kosten in Atomkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{nuc}}{\partial X_{nuc}}(f) = c_{nuc}; \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (3)$$

- Marginale Kosten in Wasserkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{hy}}{\partial X_{hy}}(f) = c_{hy} + \lambda_{hy}(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (4)$$

$$\lambda : X_{hy}(f) - K_{hy}(f) \leq 0; \quad \lambda_{hy}(f) \cdot (X_{hy}(f) - K_{hy}(f)) = 0; \quad \lambda_{hy}(f) \geq 0;$$

Marginale Kosten der Stromproduktion

- Marginale Kosten in Atomkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{nuc}}{\partial X_{nuc}}(f) = c_{nuc}; \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (3)$$

- Marginale Kosten in Wasserkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{hy}}{\partial X_{hy}}(f) = c_{hy} + \lambda_{hy}(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (4)$$

$$\lambda : X_{hy}(f) - K_{hy}(f) \leq 0; \quad \lambda_{hy}(f) \cdot (X_{hy}(f) - K_{hy}(f)) = 0; \quad \lambda_{hy}(f) \geq 0;$$

- Marginale Kosten von Wärmekraftwerken mit fossilen Brennstoffen:

$$\frac{\partial C_{fos}}{\partial X_{fos}}(f) = a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{X_{fos}(f)}{K_{fos}(f)} \right)^\sigma; \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (5)$$

Marginale Kosten der Stromproduktion

- Marginale Kosten in Atomkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{nuc}}{\partial X_{nuc}}(f) = c_{nuc}; \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (3)$$

- Marginale Kosten in Wasserkraftwerken:

$$\frac{\partial C_{hy}}{\partial X_{hy}}(f) = c_{hy} + \lambda_{hy}(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (4)$$

$$\lambda : X_{hy}(f) - K_{hy}(f) \leq 0; \quad \lambda_{hy}(f) \cdot (X_{hy}(f) - K_{hy}(f)) = 0; \quad \lambda_{hy}(f) \geq 0;$$

- Marginale Kosten von Wärmekraftwerken mit fossilen Brennstoffen:

$$\frac{\partial C_{fos}}{\partial X_{fos}}(f) = a_o + a_1 \cdot \left(\frac{X_{fos}(f)}{K_{fos}(f)} \right)^\sigma; \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (5)$$

Elektrizitätsnachfrage

- Nachfragefunktion:

$$D_E = D_0 \cdot \left(\frac{P_E}{P_0} \right)^\epsilon + NEX \quad (6)$$

- Inverse Nachfragefunktion:

$$P_E = P_0 \cdot \left(\frac{\sum_{f=1}^F X(f) - NEX}{D_0} \right)^{\frac{1}{\epsilon}} \quad (7)$$

Implementierung verschiedener Unbundlingszenarien

- Nach Höffler und Kranz (2007) können einzelne Unbundlingszenarien, anhand der verschiedenen Gewinnmaximierungsprobleme der Stromproduzenten und Netzbetreiber unterschieden werden.
- Legal Unbundling:

$$\Pi_{up} = \Pi_{up} \quad \text{und} \quad \Pi_{down}^{LU} = \Pi_{down} + \Pi_{up} \quad (8)$$

- Ownership Unbundling:

$$\Pi_{up} = \Pi_{up} \quad \text{und} \quad \Pi_{down}^{OU} = \Pi_{down} \quad (9)$$

Ownership Unbundling

- Gewinnmaximierung:

$$\Pi_{up} = \Pi_{up} \quad \text{und} \quad \Pi_{down}^{OU} = \Pi_{down} \quad (10)$$

- Gewinnfunktion eines Netzbetreibers:

$$\Pi_{up} = (P_{net} - m) \cdot S_E - Fix; \quad (11)$$

- Marginale Kosten des Netzbetriebs:

$$m = P_{net} \cdot (1 - d); \quad (12)$$

- Die Gewinnfunktion aller Stromproduzenten folgt der Gewinnmaximierung eines separaten Stromproduzenten.

Gewinnmaximierung eines separaten Stromproduzenten

- Gewinnfunktion:

$$\Pi(f) = P_E \cdot X(f) - C(f) - P_{net} \cdot X(f); \quad \text{für } f = 1, 2, \dots, F \quad (13)$$

- Optimalitätsbedingung:

$$P_E + \frac{1}{\epsilon} \cdot (1 + \Theta) \cdot \frac{X(f)}{S_E} \cdot P_E = \frac{\partial C(f)}{\partial X(f)} + P_{net}; \quad (14)$$

- Θ repräsentiert den Parameter der konjekturalen Variation.
- $\Theta = 0 \quad \mapsto$ Cournot Wettbewerb.
- $\Theta = -1 \quad \mapsto$ Bertrand Wettbewerb.

Legal Unbundling I

- Gewinnmaximierung:

$$\Pi_{up} = \Pi_{up} \quad \text{und} \quad \Pi_{down}^{LU} = \Pi_{down} + \Pi_{up} \quad (15)$$

- Die Gewinnfunktion des Netzbetreibers bleibt identisch. Die marginalen Kosten des Netzbetreibers werden wieder in Abhängigkeit vom Netzpreis (P_{net}) eingegeben.
- Die Gewinnmaximierung der Firmen, die nur im Produktionssektor tätig sind, folgt dem Gewinnmaximierungsproblem eines separaten Stromproduzenten.

Legal Unbundling II

- Gewinnfunktion eines rechtlich separierten Stromproduzenten:

$$\Pi_{down} = [P_E \cdot X(g) - C(g) - P_{net} \cdot X(g)] + [P_{net} \cdot S_E - m \cdot S_E - Fix]; \quad (16)$$

für $g = 1, 2, \dots, G$; $G \leq F$

- Optimalitätsbedingung:

$$P_E + \frac{1}{\epsilon} \cdot (1 + \Theta) \cdot \frac{X(g)}{S_E} \cdot P_E + P_{net} \cdot (1 + \Theta) = \frac{\partial C(g)}{\partial X(g)} + P_{net} + m \cdot (1 + \Theta); \quad (17)$$

Die ISO/ITO Alternative

- Gewinnmaximierung:

$$\Pi_{up} = \Pi_{up} \quad \text{und} \quad \Pi_{down}^{ISO/ITO} = \Pi_{down} \quad (18)$$

- Die formale Darstellung der Gewinnfunktion eines Netzbetreibers bleibt identisch.
- Der ISO/ITO setzt das Netznutzungsentgelt P_{net} endogen, anhand folgender Regel:

$$m + \lambda_{net} \leq P_{net} \quad (19)$$

- Wobei λ_{net} durch folgende Gleichungen und Ungleichungen definiert wird:

$$S_E - K_{net} \leq 0; \quad \lambda_{net} \cdot (S_E - K_{net}) = 0; \quad \lambda_{net} \geq 0; \quad (20)$$

- Alle Stromproduzenten folgen der Gewinnmaximierung eines separaten Stromproduzenten.

Exogene Inputparameter der Simulationsanalyse

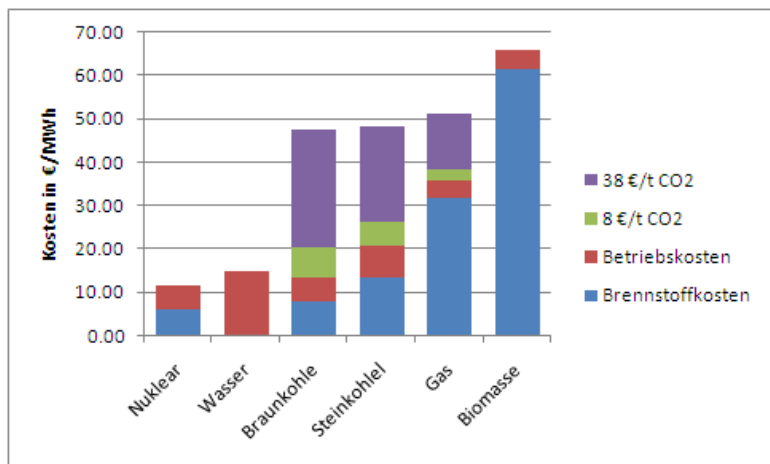
- Alle Daten beziehen sich auf Deutschland und das Jahr 2008.
- Der Preis für Elektrizität erreichte an der Spotmarktbörse der EEX einen Durchschnittswert von $65.76 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$, das 10 % Quantil lag bei $42.84 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$.
- Die inländische Nachfrage in Deutschland betrug 616.6 TWh plus 22.5 TWh Netto-Exporte. (Statistisches Bundesamt)
- Das Netznutzungsentgelt von 1.36 €, ergab sich als Durchschnittswert aus den einzelnen Netznutzungsentgelten der vier deutschen Netzbetreiber.
- Die Preiselastizität der Nachfrage wurde auf -0.35 gesetzt (Filippini (1999) und NIEIR (2004)).

Kraftwerkspark in Deutschland

Firma	Kapazität in MW				Marktanteil in %
	Wasser	Fossil	Nuklear	Summe	
Firma 1	179.7	18,397.4	5,766	24,343.1	24.51
Firma 2	1,471.2	14,293.5	8,571	24335.7	24.50
Firma 3	2,550	12,621	2,496	17,667	17.79
Firma 4	334	4,871.5	4,624	9,829.5	9.90
Firma 5	0	5,447.1	0	5,447.1	5.48
Firma 6	0	6,378.5	0	6378.5	6.42
Fringe	3,008.7	7,714	0	10722.7	10.79
Summe	7,543.6	69,723	21,457	98,723.6	99.39

Quelle: In Anlehnung an das Deutsche Umweltbundesamt

Marginale Kosten der Stromproduktion



Source: Wissel et al. (2008)

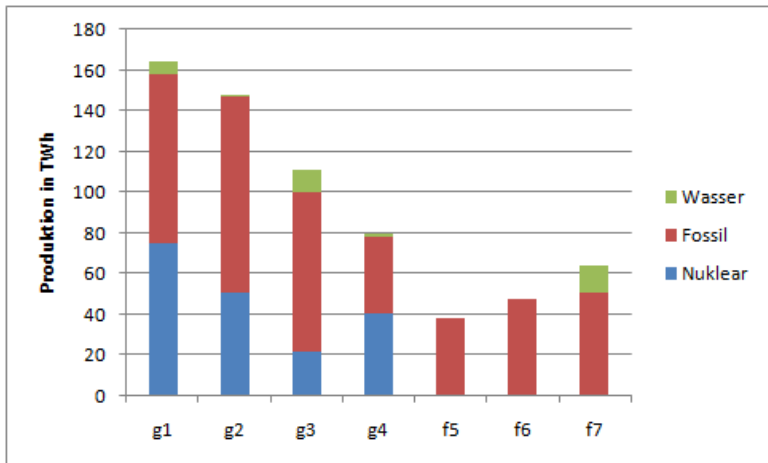
Referenz-Szenario

Parameter	Referenzwert
Preiselastizität der Nachfrage	-0.35
Verschleierungsparameter	0.2
CO2 Kosten in € per ton CO2	0
Basispreis in €	42.84
Basisnachfrage in TWh	616.6
Basis Netto-Exporte in TWh	22.5
σ	2

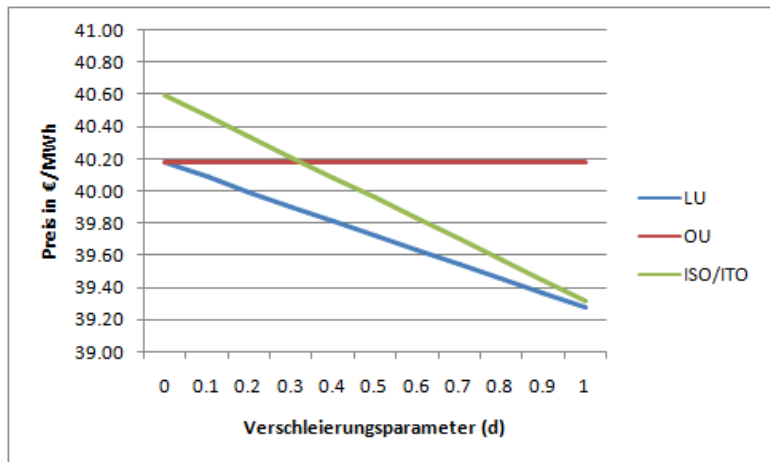
Vergleich der einzelnen Unbundlungszenarien

Case	Produktion in TWh	% von LU	Preis in $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	% von LU
Cournot				
Legal Unbundling (LU)	654	100	39.99	100
Ownership Unbundling	653	99.85	40.17	100.45
ISO/ITO	652	99.69	40.34	100.88
Bertrand				
Legal Unbundling (LU)	714	100	30.91	100
Ownership Unbundling	714	100	30.91	100
ISO/ITO	715	100.14	30.73	98.42

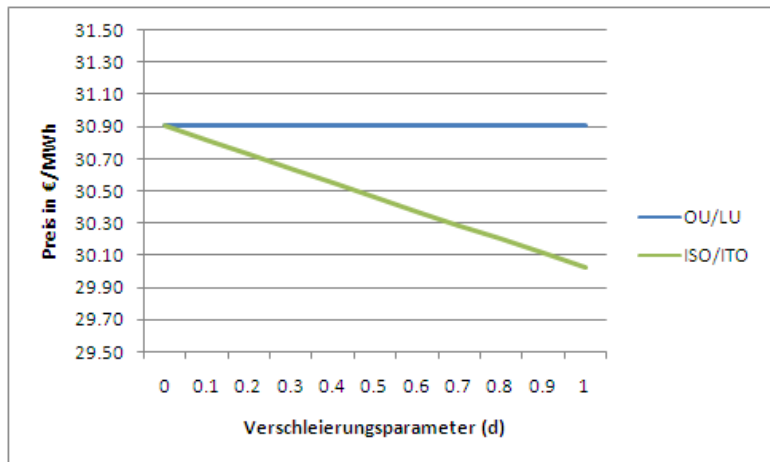
Produktionsmix unter Cournot Wettbewerb



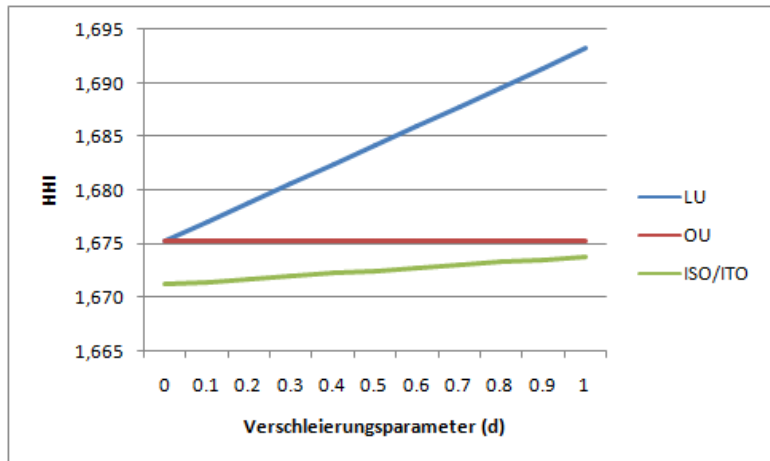
Verschleierungsparameter – Preisentwicklung (Cournot)



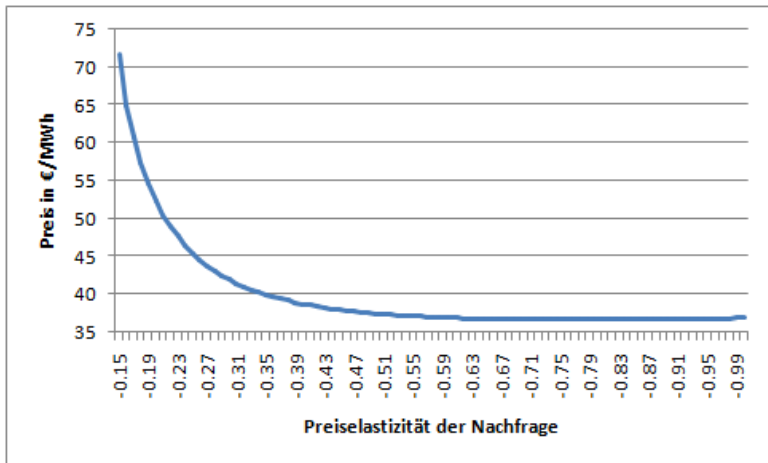
Verschleierungsparameter – Preisentwicklung (Bertrand)



Verschleierungsparameter – HHI-Entwicklung



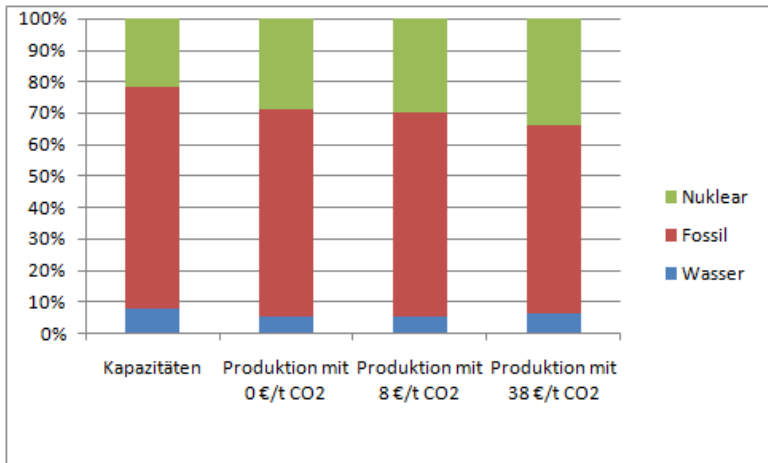
Preiselastizität der Nachfrage



Auswirkung der Preisvariation für CO₂ Zertifikate I

Variable	0 $\frac{\text{€}}{\text{t CO}_2}$	8 $\frac{\text{€}}{\text{t CO}_2}$	38 $\frac{\text{€}}{\text{t CO}_2}$
a_0 in $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	13.45	20.65	47.65
a_1 in $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	22.51	17.79	3.49
Preis in $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$	39.99	44.52	67.20
Produktion in TWh	654	631	549
Produktion (Wasser) in TWh	33	33	33
Produktion (Fossil) in TWh	433	410	328
Produktion (Nuklear) in TWh	188	188	188
HHI	1,679	1,648	1,532
$Profit_{gesamt} g1$ in Mio €	3,434	3,777	5,348
$Profit_{gesamt} g2$ in Mio €	3,003	3,107	3,716
$Profit_{gesamt} g3$ in Mio €	1,934	2,086	2,664
$Profit_{gesamt} g4$ in Mio €	1,370	1,601	2,876
$Profit f1$ in Mio €	262	305	625
$Profit f2$ in Mio €	401	452	719
$Profit f3$ in Mio €	771	882	1,416

Auswirkung der Preisvariation für CO₂ Zertifikate II



Zusammenfassung

- Cournot Wettbewerb:
 - Gemessen an dem Preis für Elektrizität, generiert Legal Unbundling die aus ökonomischer Sicht günstigsten Ergebnisse.
 - Unter der ISO/ITO Alternative ergibt sich dagegen der höchste Preis für Elektrizität.
 - Ownership Unbundling, als bevorzugte Alternative der Europäischen Kommission, liegt zwischen diesen beiden Ergebnissen.
- Bertrand Wettbewerb:
 - Gemessen an dem Preis für Elektrizität, wird das beste Ergebnis mit der ISO/ITO Alternative generiert.
 - Erwartungsgemäß sind die Ergebnisse unter Legal und Ownership Unbundling identisch.

Schlussfolgerungen

- Der Grad an Wettbewerb der in einem Markt herrscht und der Verschleierungsparameter der Netzbetreiber beeinflussen die Bewertung der einzelnen Unbundlingszenarien.
- Je höher der Wettbewerb in einem Markt ist, desto weniger Unterschiede sind zwischen den einzelnen Unbundlingszenarien zu erkennen.
- Die Vorteile eines Systemwechsels von Legal zu Ownership Unbundling sind somit eher zweifelhaft.
- Wenn eine Umstellung verlangt wird, erscheint die ISO/ITO Alternative als vorteilhaft. (zumindest unter hohem Wettbewerb)
- Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Verschleierungsmöglichkeiten der Netzbetreiber, verschwinden aber auch die Vorteile des ISO/ITO Szenarios gegenüber dem vorherrschenden Legal Unbundling.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

