The Value of Information in Explicit Cross-Border Auction Regimes in Electricity Markets

Jan Richter

Leipzig, 2. Juni 2014

basierend auf

Richter, J., Viehmann, J.,

The value of information in explicit cross-border capacity auction regimes in electricity markets,

Energy Policy (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.023

Der Vortrag befasst sich mit zwei Aufsätzen

- Incomplete Information in Cournot Oligopoly: The Case of Unknown Production Capacities

  EWI Working Paper 13/01 ,

  http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Working_Paper/EWI_WP_13-01_cournot_model.pdf

- The Value of Information in Explicit Cross-Border Auction Regimes in Electricity Markets (mit Johannes Viehmann)

  Richter, J., Viehmann, J., The value of information in explicit cross-border capacity auction regimes in electricity markets. Energy Policy (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.023

Beide Aufsätze...

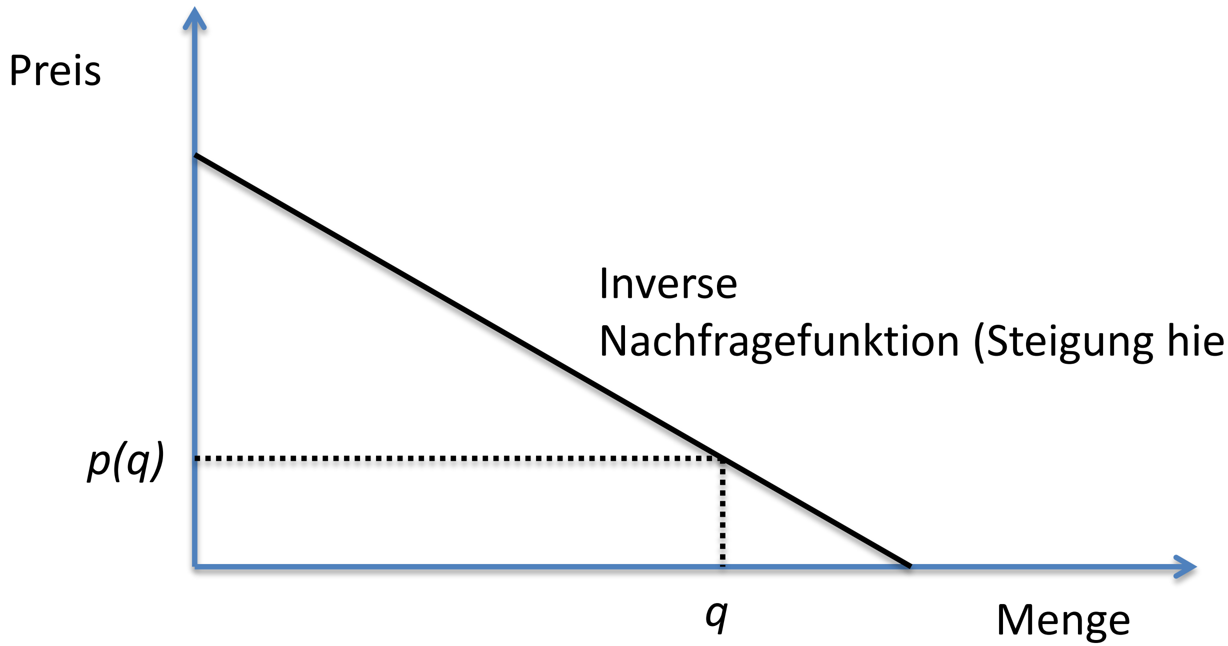
...basieren beide auf demselben Grundmodell, und zwar einem Bayes-Cournot Modell mit unvollständiger Information in Bezug auf Produktionskapazitäten der Firmen.

Grundmodell: Der **Common Prior Belief** ist nicht spezifiziert

Theoretische Analyse für den Fall **stochastisch unabhängiger** Kapazitäten

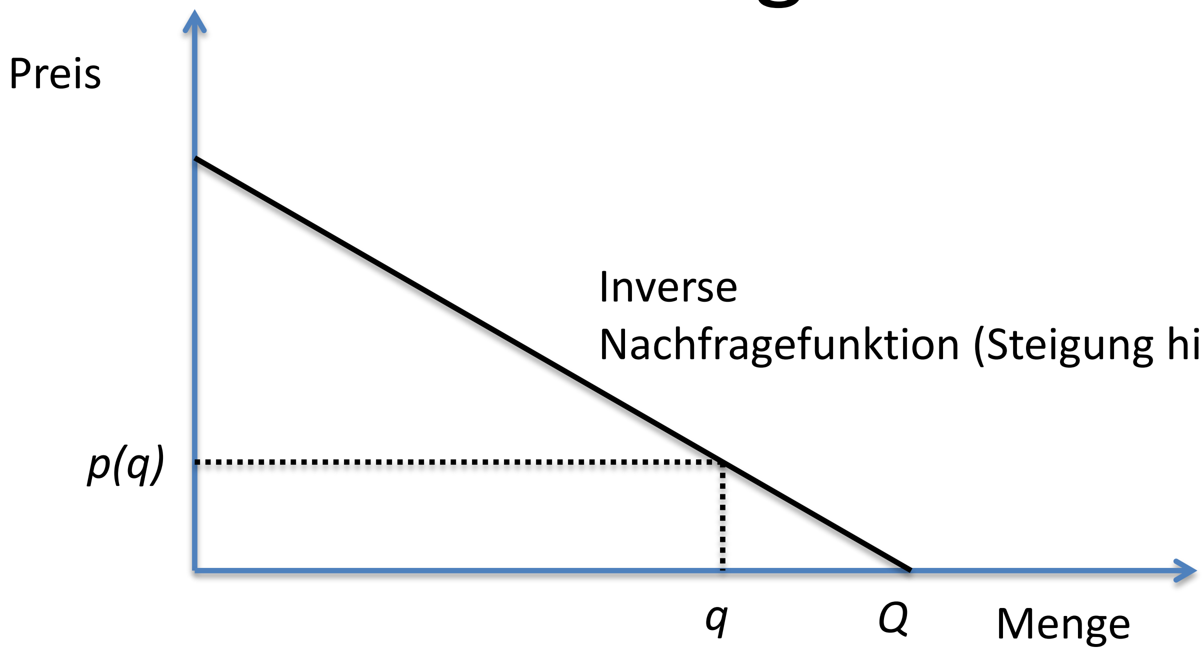
Numerische Analyse für den speziellen Kontext von **Grenzkuppelkapazitäten**

Das Cournot-Model: Grundmodell



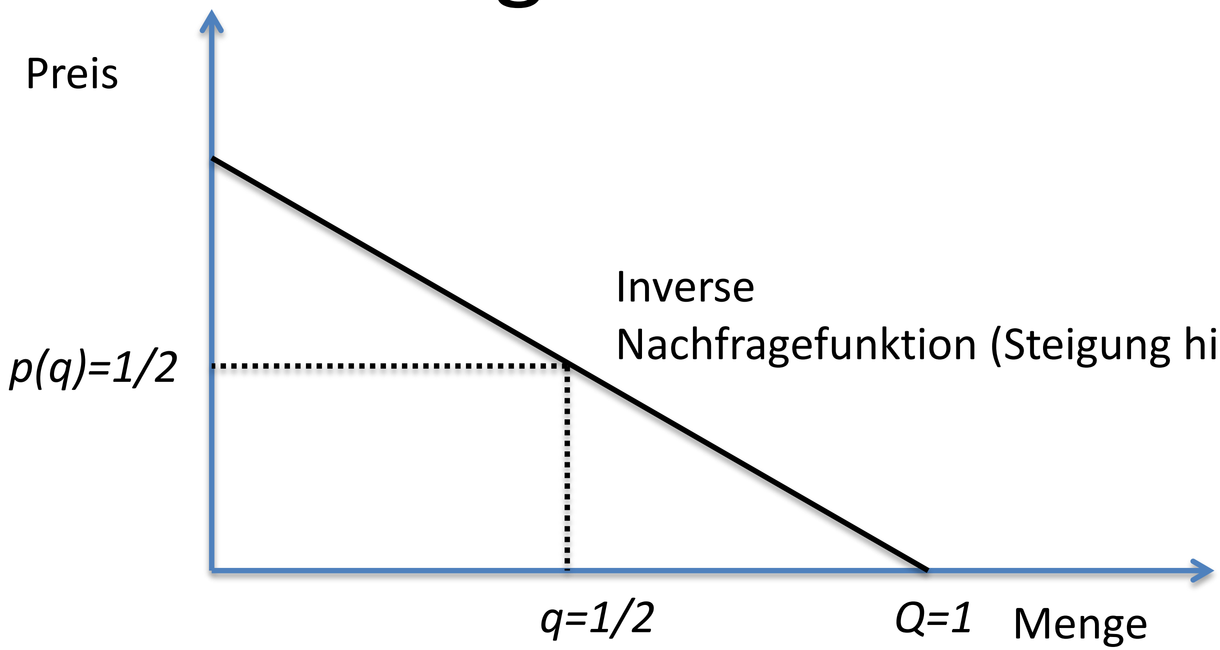
- Endlich viele Spieler $i=1,2,...n$ bietet Mengen $q1,q2,...qn$ eines Gutes an. Die gesamte angebotene Menge ist $q=q1+q2+...+qn$.
- Der Marktpreis bei einer Gesamtmenge q im Markt ist $p(q)$.
- Wie viel bietet jeder einzelne Spieler im Gleichgewicht an?

Das Cournot-Model: Gleichgewicht



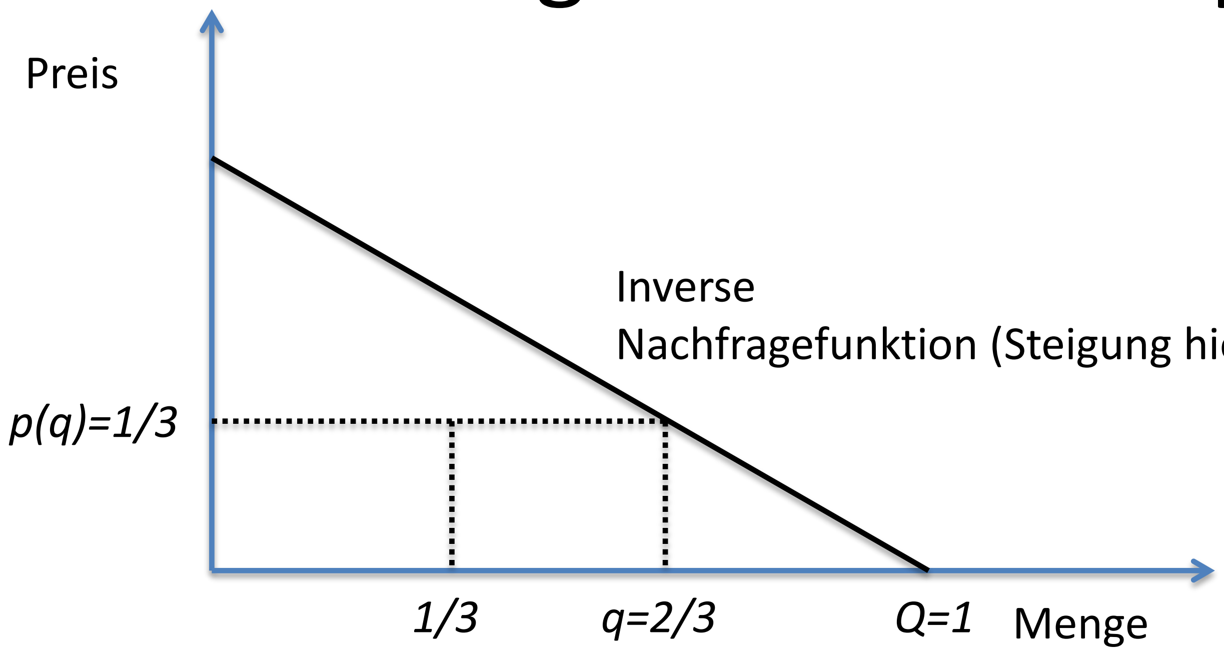
- Der Nutzen u_i von Spieler i ist $u_i(q,qi) = p(q)qi – cqi$, wobei c die Grenzkosten aller Spieler sind.
- Im eindeutigen symmetrischen Gleichgewicht bietet jeder Spieler $qi = (Q-c)/(n+1)$ an.

Das Cournot-Model: Gleichgewicht im Monopol



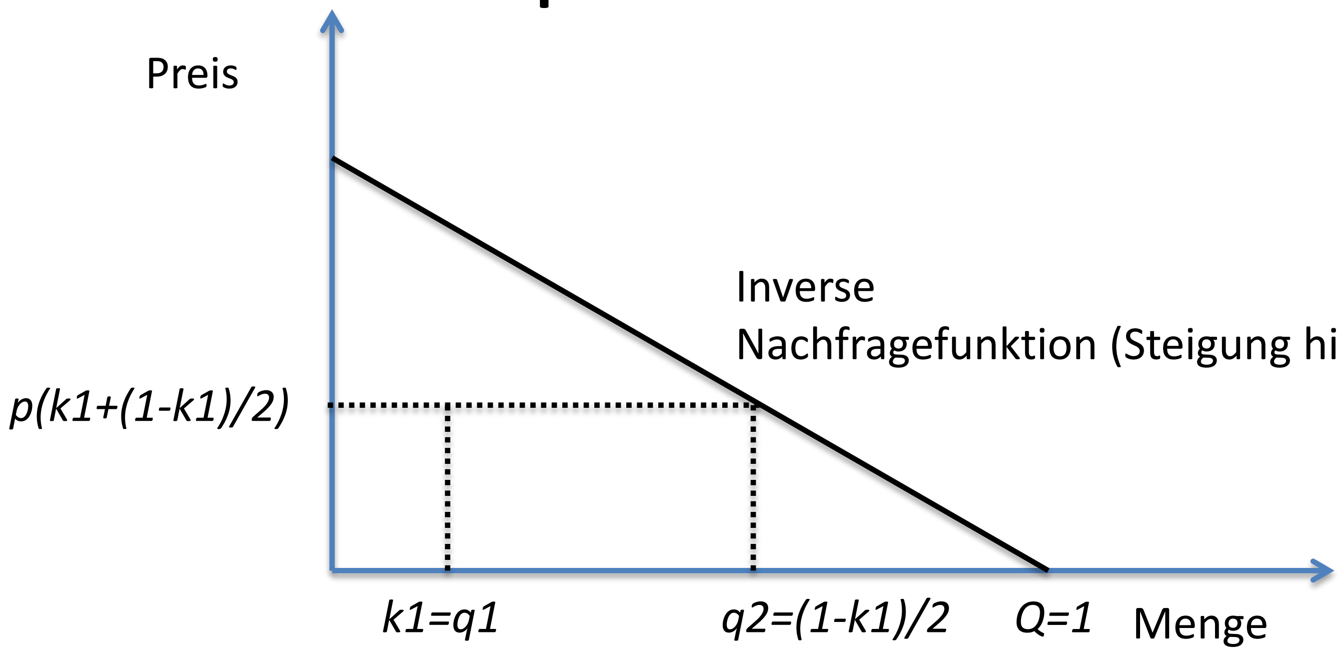
- Für den einfachen Fall *Q=1* und *c=0* bietet ein Monopolist genau *q=1/2* an. Der Gleichgewichtspreis beträgt ebenfalls *1/2*. Im Folgenden nehmen wir stets c=0 an.

Das Cournot-Model: Gleichgewicht im Duopol



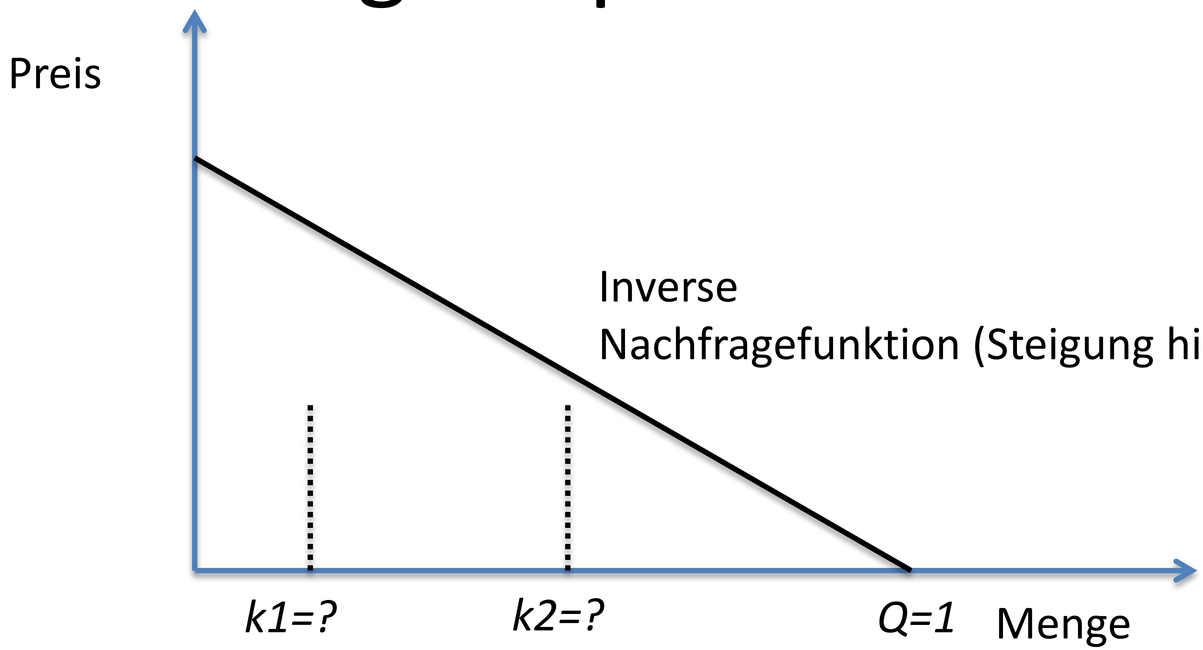
- Im Duopol bietet jeder Spieler *1/3* an, der Gleichgewichtspreis ist ebenfalls *1/3*.
- Mit Anzahl der Spieler steigt die gesamte angebotene Menge und konvergiert gegen *Q*, was die wohlfahrtsoptimale Menge wäre (Preis = Grenzkosten =0 (hier)).

Das Cournot-Model: Kapazitätsrestriktionen



- Was passiert im Duopol, wenn Spieler 1 eine beschränkte Produktionskapazität *k1* hat?
- Wenn $k1 \geq 1/3$, dann verändert sich das Gleichgewicht nicht. Sonst produziert Spieler 1 bis zur Kapazitätsgrenze und Spieler 2 produziert die Monopolmenge bezogen auf *1-k1*.
- Wenn beide Spieler Kapazitätsgrenzen *k1,k2* haben, dann kann man die Gleichgewichtsmenge des Spielers mit der kleineren Kapazität bestimmen und die Menge des anderen Spielers daraus ableiten. Geht auch induktiv für *n* Spieler.

Das Cournot-Model: Zufällige Kapazitätsrestriktionen



- In meinem Modell sind die Kapazitäten der Spieler Zufallsvariablen. Die gemeinsame Verteilung der Zufallsvariablen nennt man den Common Prior Belief.
- Jeder Spieler kennt nur den Common Prior Belief und seine eigene Kapazität. Auf dieser Basis muss er die beste Strategie wählen, die den Erwartungswert seines Nutzens maximiert.
- Im Gleichgewicht spielt jeder Spieler eine solche Strategie.

Zielfunktion und Strategiebegriff

- Jeder Spieler maximiert seinen Erwartungsnutzen, gegeben seine eigene Informationsmenge:

$$E\left[u_i\left(\cdot, q_i, q_{-i}\right) \middle| \sigma\left(T_i\right)\right](\omega) \geq E\left[u_i\left(\cdot, \tilde{q}_i, q_{-i}\right) \middle| \sigma\left(T_i\right)\right](\omega)$$

- Eine Strategie ist eine integrierbare Funktion

$$q_i : \Omega_i \mapsto \mathbb{R}_+$$

so dass gilt:

$$q_i(T_i(\omega)) \leq \omega_i$$

Im Falle eines endlichen Wahrscheinlichkeitsraumes ist der Strategieraum kompakt und konvex. Der Satz von Nash impliziert dann die Existenz eines Gleichgewichts (unabhängig von der Wahl des Common Prior Belief).

Erwartung: Jede Gleichgewichtsstrategie ist monoton steigend.

Analytische Ergebnisse für stochastisch unabhängige Kapazitäten

(Siehe auch „Incomplete Information in Cournot Oligopoly: The Case of Unknown Production Capacities",
EWI Working Paper 13/01,
http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Working_Paper/EWI_WP_13-01_cournot_model.pdf

- Unter Standard-Annahmen (technisch) der Literatur zu Bayes-Cournot Spielen, konkaver inverser Nachfragefunktion und unabhängigen und identisch verteilten Kapazitäten lässt sich zeigen, dass es **genau ein symmetrisches** Gleichgewicht gibt.

- Wenn die inverse Nachfrage affin-linear ist, dann ist **jedes** Gleichgewicht symmetrisch. Insbesondere ist das symmetrische Gleichgewicht **eindeutig**.

- In jedem symmetrischen Gleichgewicht ist der erwartete Output jeder Firma bei nicht-trivialen Spezifikationen der Modellparameter kleiner als der Output im Cournot-Spiel.

- Zudem lässt sich die funktionale Form symmetrischer Gleichgewichtsstrategien charakterisieren.

Symmetrische Gleichgewichtsstrategie bei stochastisch unabhängigen Kapazitäten

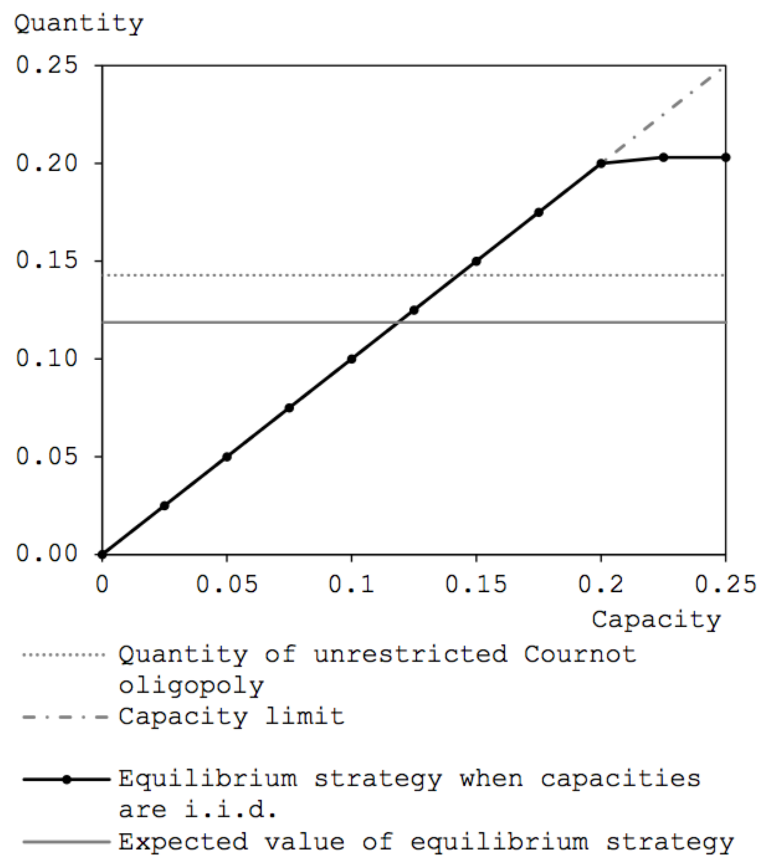


Figure 3.1: The unique symmetric equilibrium when capacities are stochastically independent and uniformly distributed ($a = 1$, $b = 1$, $c = 0$, $n = 6$, $\hat{t} = 0.25$, $|T| = 11$, $\lambda = 0.83$).

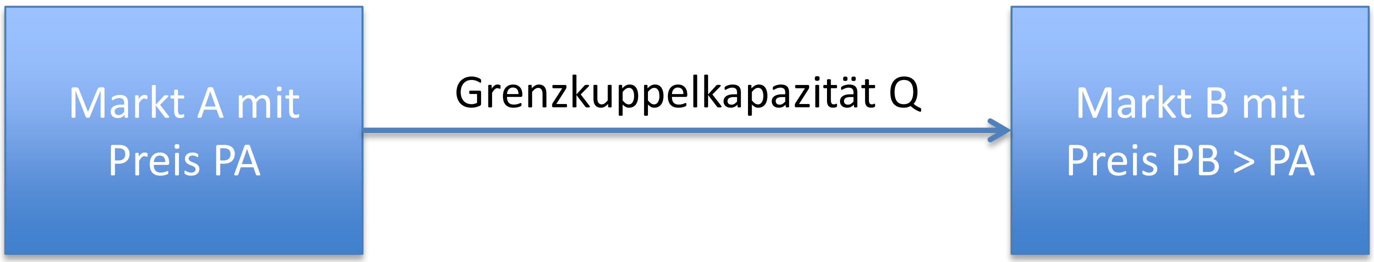
Pooling von Informationen: Effekte auf Konsumentenrente, Produzentenrente und soziale Wohlfart

- Zuletzt habe ich das ermittelte Gleichgewicht verglichen mit dem Gleichgewicht, das resultiert, wenn alle Firmen sich ex-ante darauf einigen, ihre privaten Informationen zu teilen.

- Es stellt sich heraus, dass die Effekte auf Produzentenrente und Konsumentenrente uneindeutig sind: Je nach Wahl der Parameter steigt die Konsumentenrente (bei kleiner Sättigunsmenge) oder die Produzentenrente (bei großer Sättigungsmenge) oder beides (in einem mittleren Bereich der Sättigungsmenge).

- Der Netto-Effekt, die soziale Wohlfahrt, ist für eine große Klasse von Beispielen positiv. Es lassen sich aber auch nicht-pathologische Beispiele mit sinkender Wohlfahrt konstruieren.

Anwendung auf Grenzkuppelkapazitäten zwischen Strommärkten



- Je mehr Strom von Markt A nach Markt B exportiert wird, desto geringer wird die Preisdifferenz $P_B - P_A$ zwischen beiden Märkten.
- Ein Besitzer i eines Übertragungsrechtes $ki < Q$ möchte von der Preisdifferenz profitieren, indem er in Markt A kauft, in Markt B verkauft und die Menge $qi \leq ki$ nominiert, d.h. sein Übertragungsrecht in der Höhe qi ausübt.
- Im n-Spieler-Fall kennt jeder Spieler seine eigenen Übertragungsrechte ki und weiß zudem, dass $k1+k2+...kn=Q$ gilt. Außerdem kennt er die gemeinsame Verteilung der ki.
- Die Kapazitäten der Spieler sind also nicht stochastisch unabhängig.
- Die Übertragungsrechte der anderen Spieler kennt ein Spieler nicht. Insbesondere weiß er nicht, wie viele andere Spieler überhaupt Übertragungsrechte > 0 haben, also gegen wie viele Spieler er spielt.
- Die Preisdifferenz zwischen den Märkten in Abhängigkeit der nominierten Mengen entspricht der inversen Nachfragefunktion des Cournot-Models.

Gleichgewichtsstrategien im drei-Spieler-Modell

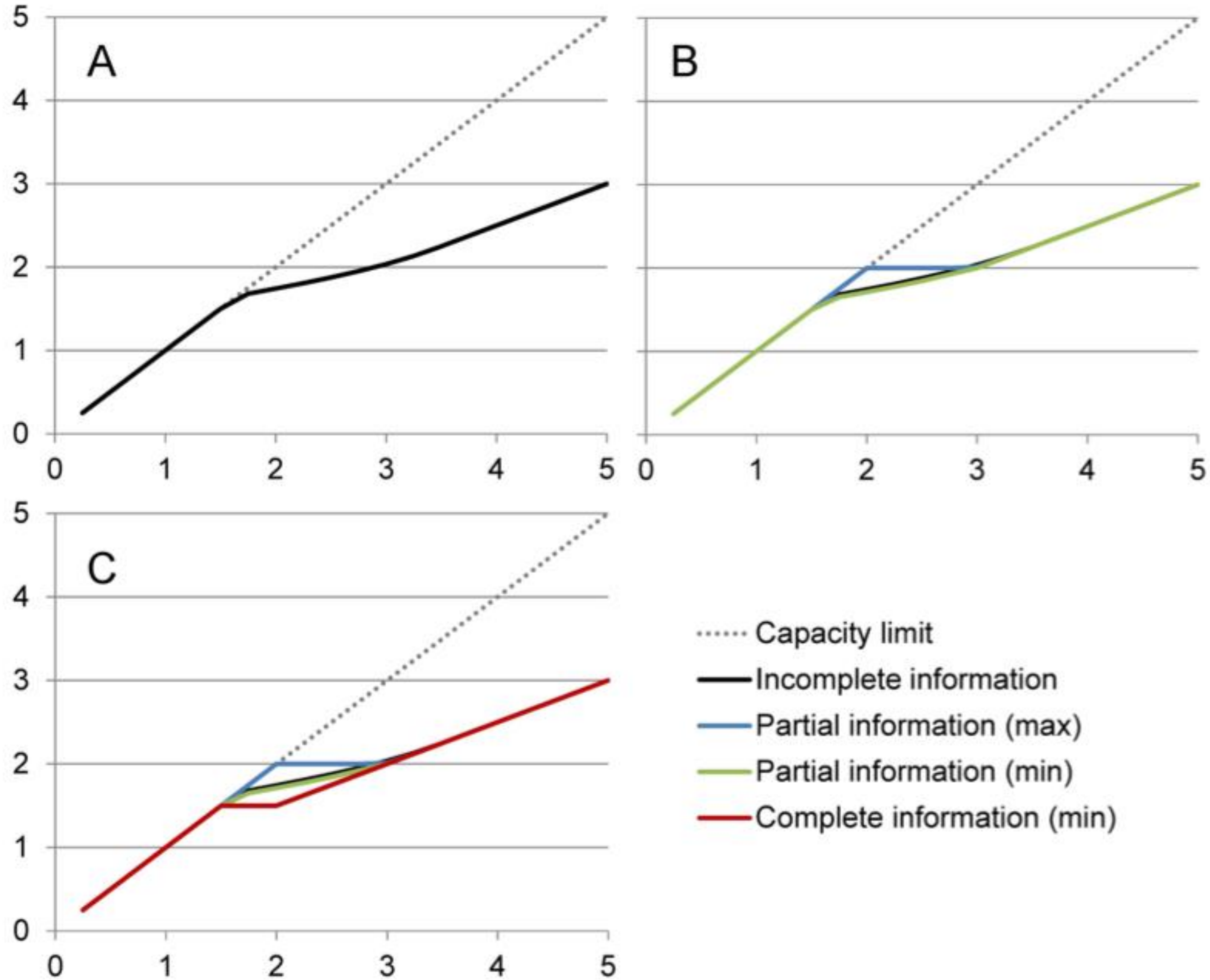
- Das drei-Spieler-Modell ist das kleinste nicht-triviale Modell in diesem Setting, denn im Zweispieler-Spiel weiß Spieler 1, dass *k2 = Q-k1* gilt. Er hat also vollständige Information.
- Es lässt sich zeigen, dass die beste-Antwort-Korrespondenz im drei-Spieler-Modell eine Kontraktion ist und damit konvergiert. Der Grenzwert ist das eindeutige Gleichgewicht des Spiels.
- Dafür braucht man zwei Zusatzannahmen an den Common Prior Belief, die glücklicherweise im Setting der Grenzkuppelkapazitäten sinnvoll sind:

$$\mu(T_i = t) = \mu(T_j = t) \text{ for all } t \in T \text{ and } i \neq j.$$

und

$$\text{If } n > 2, \text{ then } \mu(T_2 = 0 | T_1 = t) > 0 \text{ for all } t \in T.$$

Numerisch hergeleitete Gleichgewichtsstrategien (Gleichverteilung auf den zulässigen Kapazitätskonfigurationen)



The Value of Information in Explicit Cross-Border Auction Regimes in Electricity Markets (3)

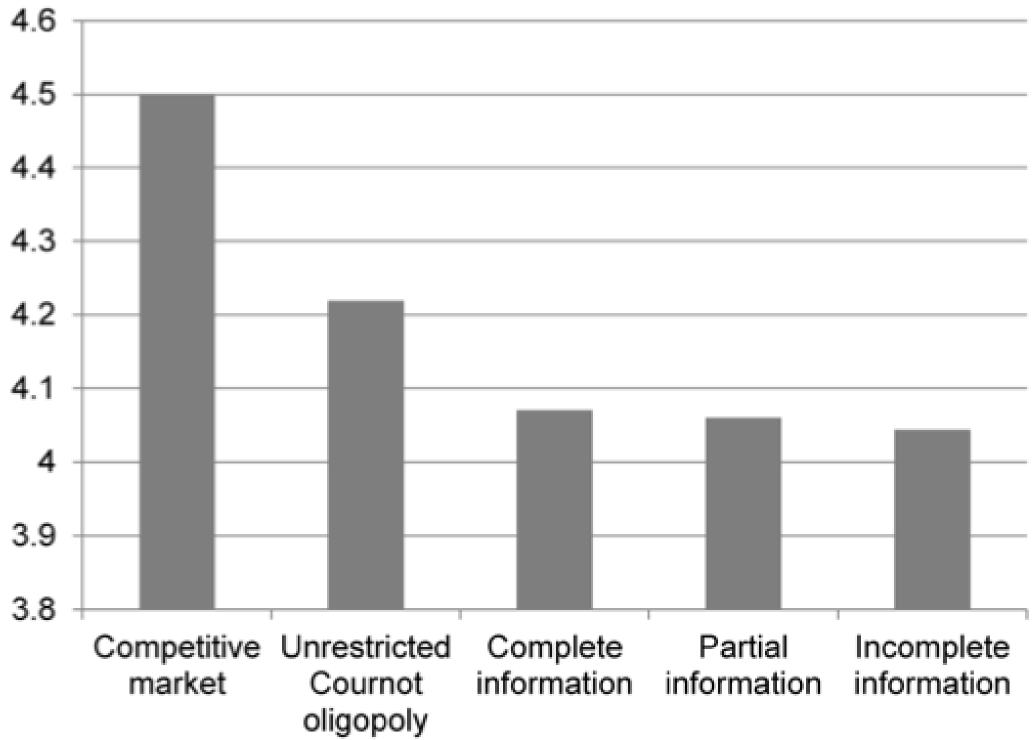


Figure 2.4: Expected welfare in different information regimes

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!