



WIRTSCHAFTS
UNIVERSITÄT
WIEN VIENNA
UNIVERSITY OF
ECONOMICS
AND BUSINESS



Investment under Uncertainty in Electricity Generation

joint with Prof. Klaus Gugler, Dr. Mario Liebensteiner, Adhurim Haxhimusa

8. November 2016

Workshop Regulierungsökonomie

Nora Schindler, M.Sc., M.Sc. (WU)

Was motiviert Investitionen in Erzeugungskapazität?

Es gab schon bessere Zeiten für die Branche – und die dunklen Wolken scheinen sich auch 2015 nicht verziehen zu wollen: Strompreise am Rande der Rentabilität, Marktverzerrungen und unklare Gesetzesauswirkungen belasten die E-Wirtschaft bis zur Grenze der Wirtschaftlichkeit – und darüber hinaus.

Österreichs E-Wirtschaft steht unter Dauerdruck

e oesterreichs
energie.



Ausgepowert

30. Juli 2014, 17:01

derStandard.at

Verbund mit Gewinneinbruch

Das Geschäftsjahr 2014 sein ein schwieriges Jahr, das sei kein Verbund-Spezifikum, sondern ein Sektorspezifikum, so Verbund-Chef Wolfgang Anzengruber. Die Branche befinde sich im Umbruch. Die aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen seien "äußerst düster".

Süddeutsche Zeitung

10. August 2015, 18:48 Uhr Umbau von RWE

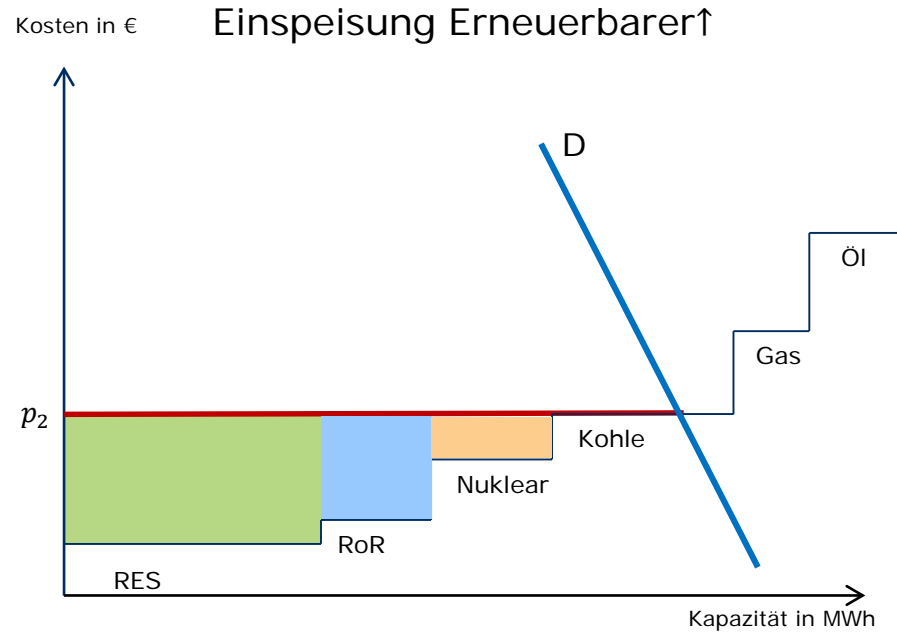
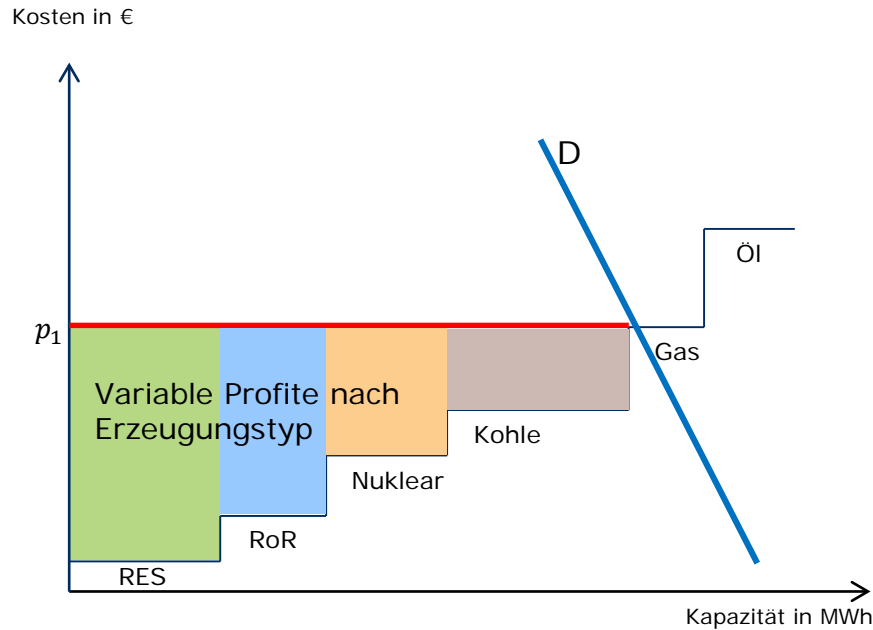
Investitionsanreize und Unsicherheit

- Motivation und Theorie
 - Motivation
 - Neoklassische Investitionstheorie und Tobin's q
 - Unsicherheit in Investitionsentscheidungen

- Empirische Analyse
 - Deskriptive Statistiken
 - Regressionsergebnisse

- Schlussfolgerung

Änderung der Investitionsanreize durch höheren Anteil Erneuerbarer



- Profitabilität von Investitionen?

■ Neoklassische Investitionstheorie:

- Im Optimum: Grenzertrag einer Investition = Kapitalkosten

- $\frac{I}{K} = \frac{1}{\alpha}(E(\lambda) - p_I) + \mu$

■ Q-Version (Tobin, 1969):

- Average q: Verhältnis des finanziellen Wertes einer Firma (V) zu dem Neuanschaffungswert des bestehenden Kapitalstocks ($p_I K$): $q_{avg} = V/(p_I K)$;

- Annahmen: perfekte Konkurrenz, konstanten Skalenerträgen → Firmen sind Preisnehmer → Grenzerlöse = Durchschnittserlöse = Kapitalkosten (Hayashi, 1982): $V = E(\lambda)K$

- $\frac{I}{K} = \frac{1}{\alpha}q + \mu$, mit $q = (q_{avg} - 1)p_I = V/K - p_I$.

- $q_{avg} > 1$: Firma sollte investieren; $q_{avg} < 1$, Firma sollte deinvestieren

- Durch Umformung: $I = \frac{1}{\alpha}V - \frac{1}{\alpha}p_I K + \mu K$

- Erweiterung um Unsicherheit und gelaggte abhängige Variable → Stufenartige Investitionen („Boom-and Bust Cycles“)

I Investitionen

K Kapital

α Anpassungskosten

$E(\lambda)$ Erwarteter Wert des Schattenpreises von Kapital

p_I Kosten für neues Kapital relativ zum Outputpreis

u Fehlerterm

Unsicherheit und Investitionen

Dixit & Pindyck (1994)

Unsicherheit \uparrow \rightarrow Investitionen \downarrow
 \triangleright Value of waiting

Bar-Ilan & Strange (1996)

Unsicherheit \uparrow \rightarrow Investitionen \uparrow
 \triangleright Value of lost option

Tishler et al. (2008)

Unsicherheit \uparrow \rightarrow Investitionen \uparrow
 \triangleright Von Preisspitzen profitieren

- Unterscheidung zwischen firmen- und industriespezifischer Unsicherheit wichtig (Hubbard, 1994)

- $I_{f,g,c,y} = \alpha + \beta I_{f,g,c,y-1} + \gamma \log(\pi_{f,g,c,y}) + \delta NOHR_{f,g,c,y} + \zeta VarP_{c,y} + v_c + \varepsilon_{f,g,c,y}$
 - f =Firma, c =Land, g =Erzeugungstechnologie, h =Stunde, y =Jahr
 - $I_{f,g,c,y}$... Abhängige Variable: multinomial kodierte Investitionsentscheidung (0=Deinvestition, 1= keine Investitionstätigkeit, 2=Investition)
 - $I_{f,g,c,y-1}$... Gelaggte abhängige Variable: „lumpiness“/ Anpassungskosten
 - $\log(\pi_{f,g,c,y})$... Variable Profite: Profitabilität der Investition
 - $NOHR_{f,g,c,y}$... Kapazitätsauslastung: Inverse von firmenspezifischer Unsicherheit
 - $VarP_{c,y}$... Varianz der Börsenpreise: industrie-spezifische Unsicherheit
 - v_c ... Fixe Effekte auf Länderebene
- Paneldaten
- 437 Firmen aus 14 Europäischen Ländern, 2006–2014
 - Verschiedene Aggregationslevel (keine Typen, 3 Typen, 6 Typen)
 - Fundamentalmittel:
 - Berechnung der Merit Order Kurven auf stündlicher Basis
 - Erlaubt Berechnung von $\log(\pi_{f,g,c,y})$ and $NOHR_{f,g,c,y}$

NOHR: Number of Hours Running

Kalkulation der variablen Kosten nach Erzeugungstyp

- Basierend auf folgender Gleichung (Schröter (2004), Sensfuß (2007), Graf and Wozabal (2013))

$$mc_{tt,ft,cy,h} = \frac{FP_{ft,h} + (CO_2p_{ft,h} \cdot CO_2E_{ft})}{EF_{tt,ft,cy}}$$

- Kraftwerke werden unterschieden nach
 - Brennstofftyp
 - Turbinentyp
 - Baujahr

<i>mc</i>	...Grenzkosten
<i>FP</i>	...Brennstoffkosten
<i>EF</i>	...Wirkungsgrad
<i>CO₂E</i>	...CO ₂ Emissionsfaktor
<i>CO₂p</i>	...CO ₂ Börsenpreis
<i>tt</i>	...Turbinentyp
<i>ft</i>	...Brennstofftyp
<i>h</i>	...Stunde
<i>cy</i>	...Baujahr

Berechnung der variablen Profite pro Erzeugungstyp

$$\pi_{f,g,y} = \sum_{h=1}^{8760} (p_{c,h} - mc_{g,h}) * avCap_{f,g,h} \quad \text{für } p_{c,h} > mc_{c,g,h}$$

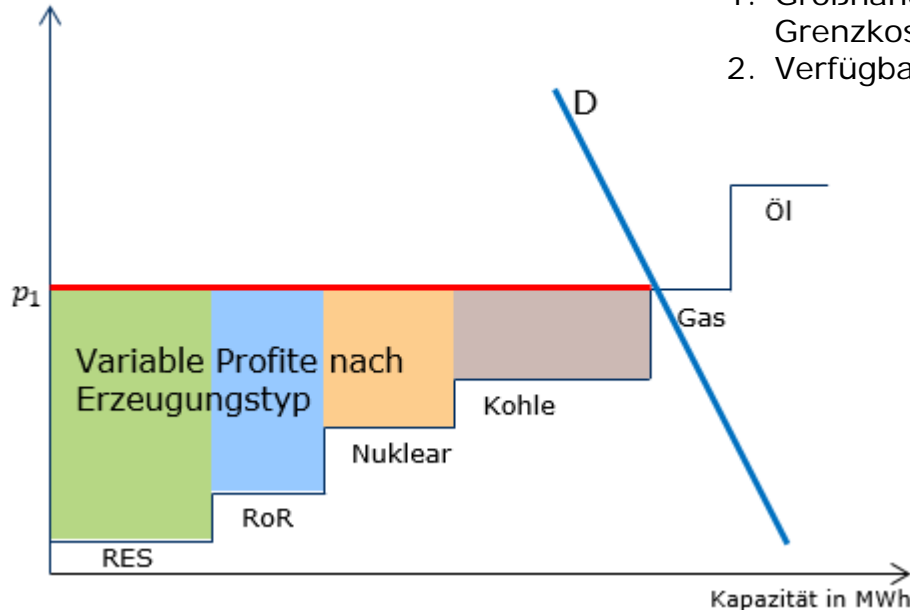
1. 2.

$$avCap_{f,g,h} = Cap_{f,g,h} * AF_{g,h}$$

- π ...variable Profite
- p ...day-ahead Börsenpreise
- mc ...Grenzkosten
- $avCap$...verfügbare Kapazität
- Cap ...Installierte Kapazität
- AF ...Verfügbarkeit (availability factor)
- f ...Firma
- c ...Land
- g ...Erzeugungstyp
- h ...Stunde
- y ...Jahr

1. Großhandelspreis minus Grenzkosten der Technologie
2. Verfügbare Kapazität

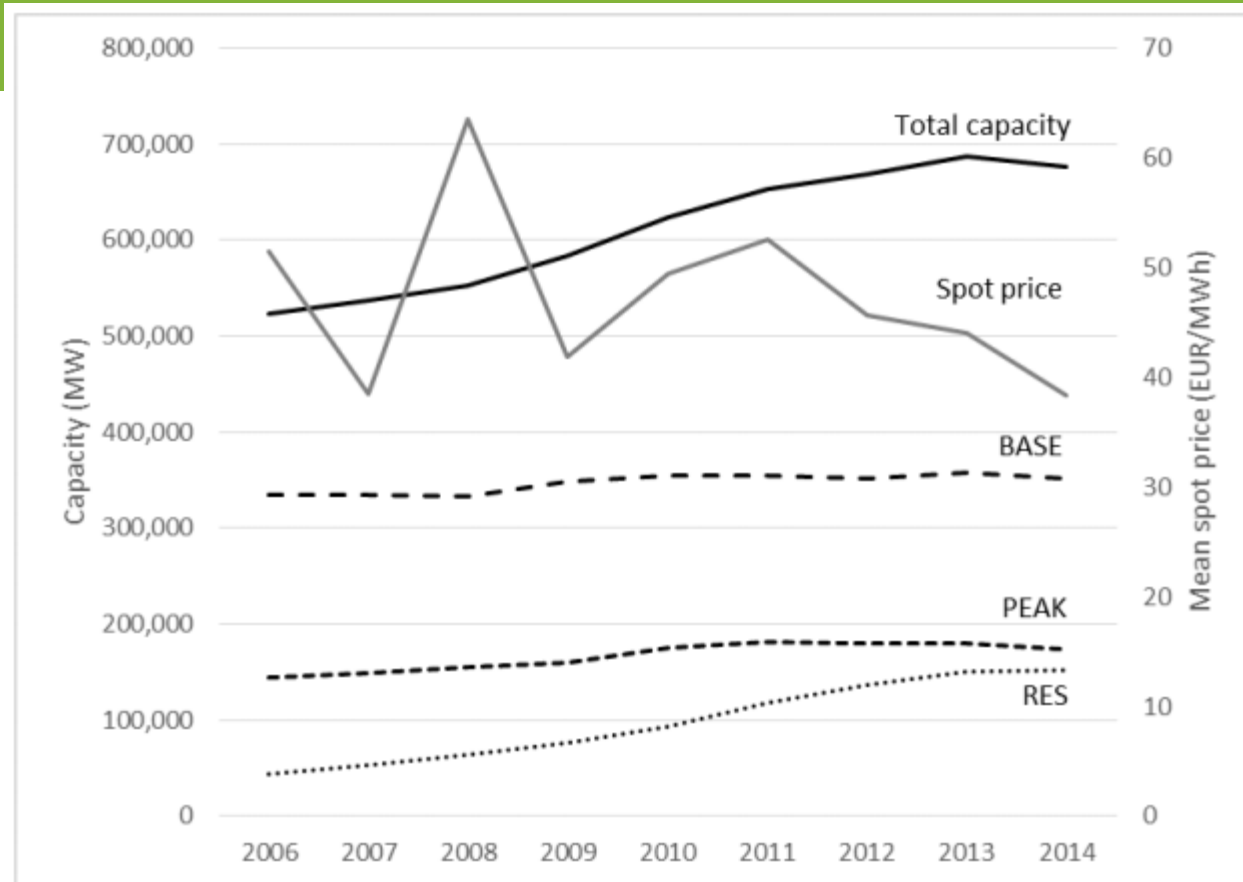
Kosten in €



Erzeugungstypen und Aggregationslevels

Firm level	3 types level	6 types level	Description
Firm	RES	Res	Intermittent renewables (solar, wind)
	BASE	RoR	Run of river
		Nuc	Nuclear
		OthRes	Other baseload renewables (geothermal, biomass, biogas, ...)
	PEAK	Coal	Various forms of coal
		Gas (Oil)	Various forms of gas (Various forms of oil)

Entwicklung der Kapazitäten und Großhandelspreise



Note: The graph is based on data of our sample of 437 firms from 14 European countries.

Abhängige Variable Investitionen – multinomial kodiert

	Disinvestment (0)		No investment (1)		Investment (2)		Total obs.
FIRM	151	5.3%	2047	71.8%	653	22.9%	2851
RES	4	0.4%	721	73.7%	253	25.9%	978
BASE	123	5.6%	1739	79.4%	329	15.0%	2191
PEAK	65	3.9%	1419	85.0%	185	11.1%	1669
Res	4	0.4%	721	73.7%	253	25.9%	978
RoR	111	5.5%	1737	85.8%	177	8.7%	2025
OthRes	4	0.5%	654	82.2%	138	17.3%	796
Nuc	14	4.9%	240	83.3%	34	11.8%	288
Coal	28	4.1%	636	92.6%	23	3.3%	687
Gas	52	3.5%	1287	86.1%	155	10.4%	1494
Oil	17	5.0%	320	93.8%	4	1.2%	341

Notes: The table shows the number of observations and their percentage shares in total observations (%) regarding the multinomial categories of the dependent variable at different aggregation levels.

Deskriptive Statistik (1)

Variable	Description	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
FIRM						
$Cap_{f,c,y}$	Total capacity (MW)	2,851	1,558.72	5,837.06	0.00	91,555.10
$\Delta Cap_{f,c,y}$	Investment (MW)	2,851	33.57	395.67	-3,257.00	9,389.00
$I_{f,c,y}$	Multinomial coded investment (0, 1, 2)	2,851	1.18	0.50	0.00	2.00
$\pi_{f,c,y}$	Variable profits (Mio. EUR)	2,851	188.00	1,140.00	0.00	32,000.00
$NOHR_{f,c,y}$	Weighted number of hours running (1000 h)	2,851	6.25	2.48	0.00	8.78
$VarP_{c,y}$	Spot price variance (100 EUR/MWh)	2,851	4.00	5.13	0.32	44.16
$resmarg_{c,y}$	Reserve margin (%)	2,527	41.86	13.75	10.16	62.12
$rnwbl_{c,y}$	Wind and Solar share (%)	2,851	7.02	7.33	0.14	43.26
RES						
$Cap_{f,c,g,y}$	Total capacity (MW)	978	806.98	3,898.31	0.00	35,431.11
$\Delta Cap_{f,c,g,y}$	Investment (MW)	978	96.50	605.13	-1.75	9,389.00
$I_{f,c,g,y}$	Multinomial coded investment (0, 1, 2)	978	1.25	0.45	0.00	2.00
$\pi_{f,c,g,y}$	Variable profits (Mio. EUR)	978	68.90	358.00	0.00	6,020.00
$NOHR_{f,c,g,y}$	Weighted number of hours running (1000 h)	978	8.50	1.18	1.23	8.78
$VarP_{c,y}$	Spot price Variance 100 EUR/MWh	978	4.12	5.44	0.32	44.16
$resmarg_{c,y}$	Reserve margin (%)	855	38.94	14.55	10.16	62.12
$rnwbl_{c,y}$	Wind and Solar share (%)	978	7.01	7.78	0.14	43.26

Deskriptive Statistik (2)

Variable	Description	Obs.	Mean	S.D.	Min.	Max.
BASE						
$Cap_{f,c,g,y}$	Total capacity (MW)	2,191	1,118.35	5,179.76	0.09	82,828.31
$\Delta Cap_{f,c,g,y}$	Investment (MW)	2,191	-5.11	118.20	-2,641.00	1,258.80
$I_{f,c,g,y}$	Multinomial coded investment (0, 1, 2)	2,191	1.09	0.44	0.00	2.00
$\pi_{f,c,g,y}$	Variable profits (Mio. EUR)	2,191	176.00	1,230.00	0.00	31,300.00
$NOHR_{f,c,g,y}$	Weighted number of hours running (1000 h)	2,191	7.39	1.84	0.00	8.78
$VarP_{c,y}$	Spot price Variance 100 EUR/MWh	2,191	3.90	4.79	0.32	44.16
$resmargin_{c,y}$	Reserve margin (%)	1,935	41.46	14.26	10.16	62.12
$rnwbl_{c,y}$	Wind and Solar share (%)	2,191	6.16	6.80	0.14	43.26
PEAK						
$Cap_{f,c,g,y}$	Total capacity (MW)	1,669	719.52	1,784.41	0.00	17,414.19
$\Delta Cap_{f,c,g,y}$	Investment (MW)	1,669	6.32	164.31	-2,179.00	2,000.00
$I_{f,c,g,y}$	Multinomial coded investment (0, 1, 2)	1,669	1.07	0.38	0.00	2.00
$\pi_{f,c,g,y}$	Variable profits (Mio. EUR)	1,669	49.10	184.00	0.00	3,720.00
$NOHR_{f,c,g,y}$	Weighted number of hours running (1000 h)	1,669	3.44	2.53	0.00	8.41
$VarP_{c,y}$	Spot price Variance 100 EUR/MWh	1,669	4.09	5.13	0.32	44.16
$resmargin_{c,y}$	Reserve margin (%)	1,525	43.16	13.48	10.16	62.12
$rnwbl_{c,y}$	Wind and Solar share (%)	1,669	8.12	7.34	0.14	43.26

Empirische Ergebnisse

Firm level & 3 Types

	(1) FIRM	(2) RES	(3) BASE	(4) PEAK
$\log(\pi_{f,c,g,y})$	1.222*** (0.041)	1.549*** (0.092)	1.135*** (0.033)	1.059 (0.038)
$I_{f,c,g,y-1}$	1.986*** (0.249)	2.666*** (0.522)	1.398* (0.277)	1.135 (0.316)
$NOHR_{f,c,g,y}$	1.045** (0.022)	1.020 (0.062)	1.084*** (0.029)	1.091* (0.052)
$VarP_{c,y}$	1.015** (0.007)	1.041*** (0.016)	1.020** (0.009)	1.011 (0.012)
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Total obs.	2,851	978	2,191	1,669
Investment obs.	653	253	329	185
Disinvestment obs.	151	4	123	65

*Notes: Dependent variable is investment category (0 = disinvestment, 1 = no investment, 2 = investment). Robust clustered (by firm) standard errors in parentheses. ***, **, * signify statistical significance at the 99%, 95%, and 90% level, respectively.*

- Odds ratios: Wahrscheinlichkeit in einer höheren Investitionskategorie zu sein (Investment=2) verglichen mit der Wahrscheinlichkeit in einer der beiden anderen Kategorien zu sein (Investment={0,1})

Empirische Ergebnisse

Firm level & 6 Types

	RES		BASE			PEAK
	(5) Res	(6) RoR	(7) OthRes	(8) Nuc	(9) Coal	(10) Gas
$\log(\pi_{f,c,g,y})$	1.549*** (0.092)	1.209*** (0.047)	1.227*** (0.058)	1.049 (0.114)	1.066 (0.132)	1.114** (0.059)
$I_{f,c,g,y-1}$	2.666*** (0.522)	1.336 (0.452)	1.441 (0.327)	1.777 (0.920)	0.899 (0.979)	1.415 (0.396)
$NOHR_{f,c,g,y}$	1.020 (0.062)	0.930 (0.057)	0.992 (0.046)	0.992 (0.194)	1.211** (0.096)	1.108* (0.060)
$VarP_{c,y}$	1.041*** (0.016)	1.025** (0.012)	1.076*** (0.021)	1.086*** (0.030)	1.018 (0.036)	1.000 (0.012)
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Total obs.	978	2,025	796	288	687	1,494
Investment obs.	253	177	138	34	23	155
Disinvestment obs.	4	111	7	14	28	52

*Notes: Dependent variable is investment category (0 = disinvestment, 1 = no investment, 2 = investment). Robust clustered (by firm) standard errors in parentheses. ***, **, * signify statistical significance at the 99%, 95%, and 90% level, respectively.*

Empirische Ergebnisse

Robustness Checks

	(15) FIRM	(16) RES	(17) BASE	(18) PEAK	(19) FIRM	(20) RES	(21) BASE	(22) PEAK
$\log(\pi_{f,c,g,y})$	1.219*** (0.040)	1.564*** (0.090)	1.131*** (0.033)	1.067* (0.038)	1.183*** (0.042)	1.554*** (0.096)	1.110*** (0.038)	1.043 (0.037)
$I_{f,c,g,y-1}$	1.983*** (0.247)	2.512*** (0.494)	1.394* (0.276)	1.083 (0.293)	2.122*** (0.296)	2.994*** (0.751)	1.426 (0.336)	1.051 (0.278)
$NOHR_{f,c,g,y}$	1.024 (0.022)	0.920 (0.060)	1.072*** (0.028)	1.002 (0.049)	1.037 (0.025)	1.026 (0.068)	1.068** (0.035)	1.049 (0.057)
$VarP_{c,y}$	1.008 (0.007)	1.022 (0.017)	1.019** (0.009)	0.996 (0.015)	1.008 (0.008)	1.026 (0.022)	0.988 (0.009)	1.024 (0.017)
$rnwbl_{c,y}$	0.922*** (0.013)	0.892*** (0.025)	0.951*** (0.018)	0.866*** (0.019)				
$resmarg_{c,y-1}$					0.941*** (0.009)	0.892*** (0.019)	0.952*** (0.012)	0.926*** (0.014)
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Obs.	2,851	978	2,191	1,669	2,365	792	1,807	1,447

Notes: Dependent variable is investment category (0 = disinvestment, 1 = no investment, 2 = investment). Robust clustered (by firm) standard errors in parentheses. ***, **, * signify statistical significance at the 99%, 95%, and 90% level, respectively.

- Effekt auf Investitionsentscheidung
 - (+) Variable Profite (RES, Base; Gas)
 - Unterstützt das q -Modell
 - (-) Firmen-spezifische Unsicherheit (geringere NOHR) (Base, Peak; Kohle, Gas)
 - Problematisch, da konventionelle Kraftwerke weniger Stunden laufen
 - (+) Industrie-spezifische Unsicherheit (var_p) (RES, Base), aber nicht für Kohle und Gas
 - Empirische Evidenz für die theoretisch fundierte Aussage „positive Effekte von aggregierter Unsicherheit, aber negative Effekte von firmen- spezifischer (oder Anlagen-spezifischer) Unsicherheit auf Investitionen“

- Spotmarkt setzt Investitionsanreize
- Effizienter Allokationsmechanismus trotz hoher Volatilität und versunkener Kosten

- Jedoch:
 - Verzerrung durch Subventionen für Erneuerbare
 - Deinvestitionen bei Grund- und speziell Spitzenlast potentiell problematisch (missing money)
 - Subventionen, Kapazitätsmärkte?

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



VIENNA UNIVERSITY OF
ECONOMICS AND BUSINESS

DEPARTMENT OF ECONOMICS

Institute for Economic Policy and Industrial
Economics
Welthandelsplatz 1, 1020 Vienna, Austria

Nora Schindler, M.Sc., MSc(WU)

T +43-1-313 36-5898
Nora.Schindler@wu.ac.at
www.wu.ac.at