

# *Investitionen erneuerbarer Energietechnologien unter dem Einfluss schwankender Rohstoffpreise - eine ökonometrische Analyse*



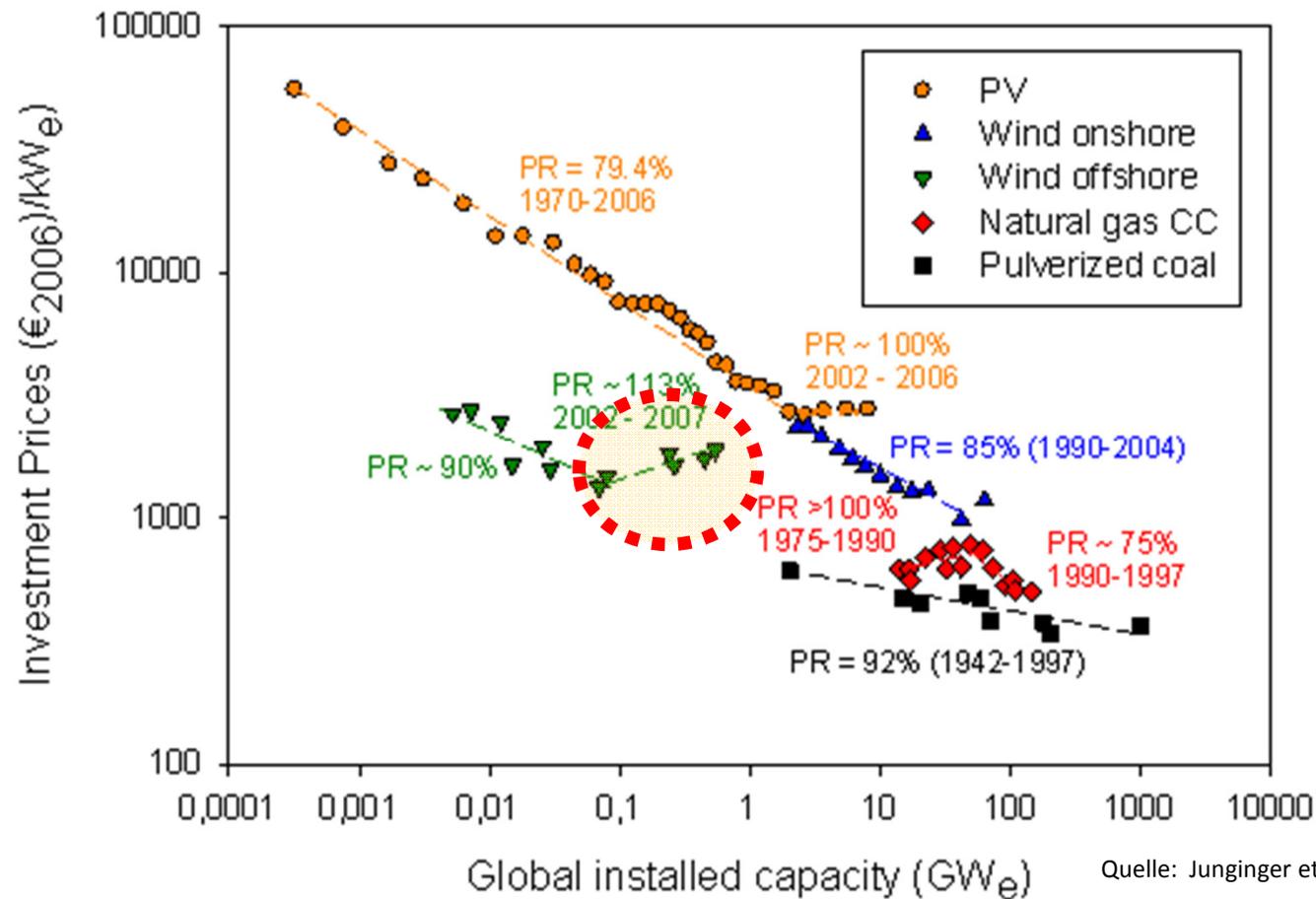
*Dipl.-Ing. Christian Panzer*  
Energy Economics Group  
Technische Universität Wien  
Web: <http://eeg.tuwien.ac.at>  
Email: [panzer@eeg.tuwien.ac.at](mailto:panzer@eeg.tuwien.ac.at)

## Inhalt

- Motivation der Arbeit
- Theorie und Hintergrundinformation
- Ausgewählte Ergebnisse
- Fazit und Empfehlungen

- Historische Beobachtungen von Investitionskosten diverser Energietechnologien

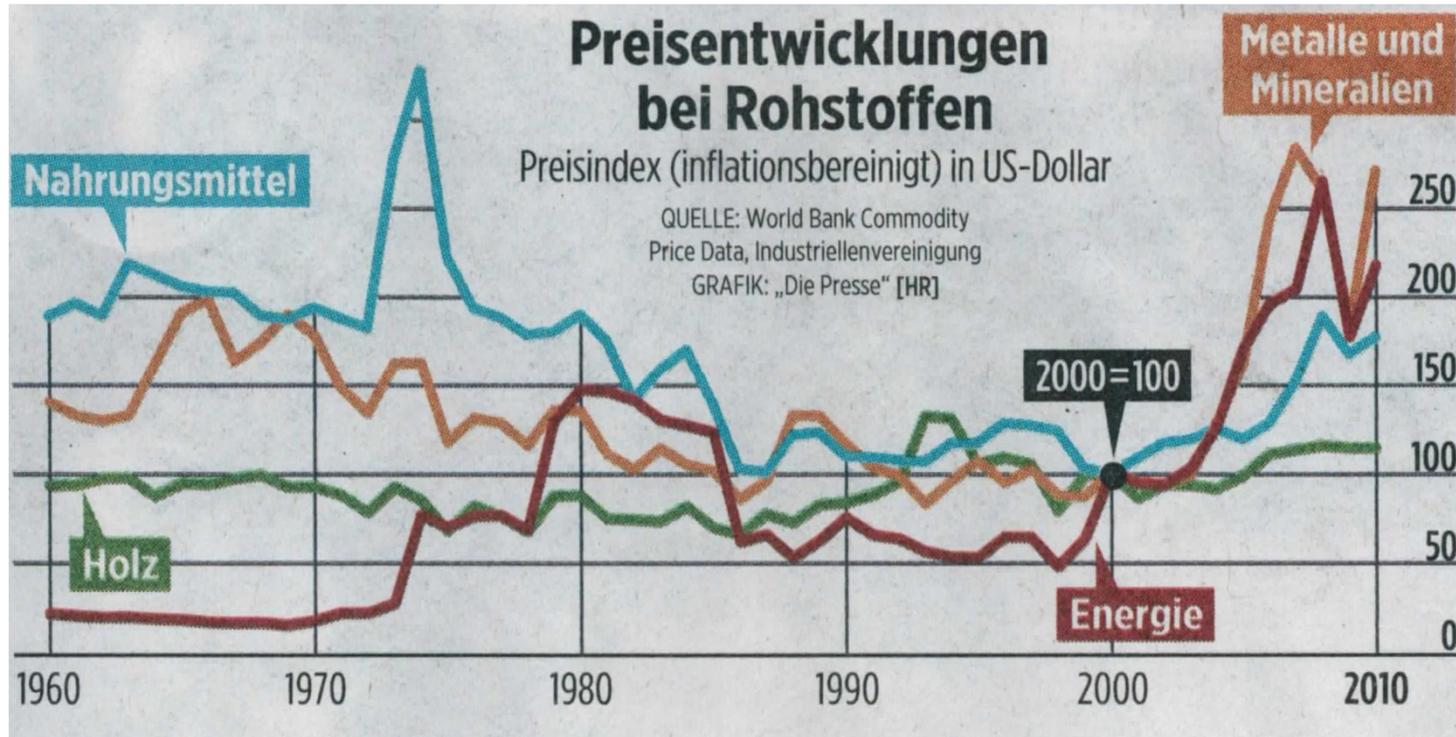
→ “Negatives Lernen” in 2002-2007?



Quelle: Junginger et al. (2010)

- Historische Entwicklung diverser Marktpreise

→ stärkster Anstieg von Energie- und Rohstoffpreisen



Quelle: Die Presse / Economist  
(10. Februar 2012)

„Damit machen Rohstoffpreise bereits 40 bis 60 Prozent der gesamten Kosten der Industrie aus“ - Strategiepapier der Industriellenvereinigung

$$c(x_t) = \prod_{CP} (\alpha + \vec{\beta} * CP_t + \vec{u}_t) \cdot \left( \frac{x_t}{x_0} \right)^{-b} \quad \begin{array}{l} LR = 1 - 2^{-b} \\ PR = 1 - LR \end{array}$$

$\alpha$  ... Konstante

$\vec{\beta}$  ... Koeffizientenvektor

$\vec{u}_t$  ... Residuenvektor

$c(x_t)$  ... Investitionskosten

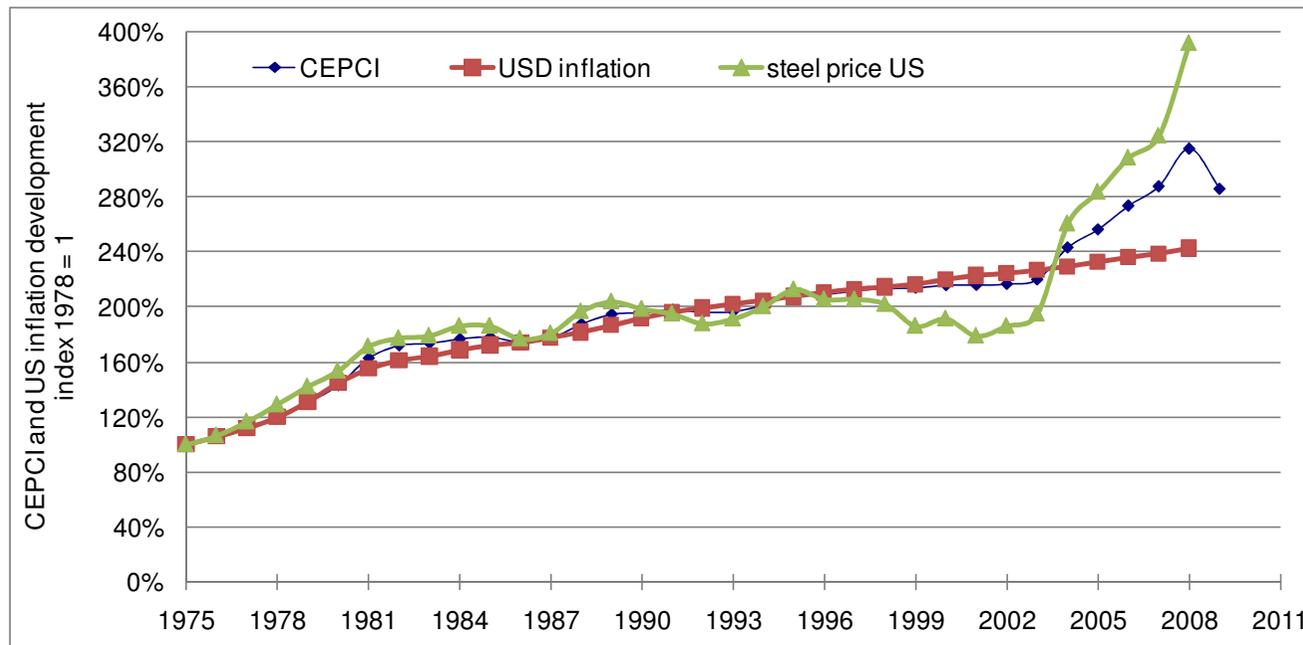
$CP_t$  ... Rohstoffpreise

$x_t$  ... kumulierte Produktion

## Methodischer Ansatz:

- Identifizierung des Einflusses von **Energie- auf Rohstoffpreise**
- Herleiten von Rohstoffpreisen basierend auf identifiziertem Modell  
→ für die Vergangenheit und Zukunft...
- Datenaufbereitung zur Quantifizierung des Einflusses von **Rohstoffpreisen** als auch **technologischen Lerneffekten** auf **Investitionskosten Energietechnologien**
- Bewertung **zukünftiger Entwicklungen** untersuchter Investitionskosten und **Sensitivitätsanalysen**

- **Technological learning cannot be considered in regression analysis - due to data gaps for the near past ...**
- **→ Learning rate was identified for a certain period (up to 2000)... then capital cost are “cleaned up“ (i.e. for the impact of learning) for the whole assessment period**



Source: Chemical engineering plattform; [www.che.com](http://www.che.com)

$$y(t) = \alpha + \vec{\beta}\vec{x}(t) + \vec{u}(t)$$

Linear regression based on Ordinary Least Square (OLS) method

Conditions for validation of OLS method:

Gauss-Markoff Theorem

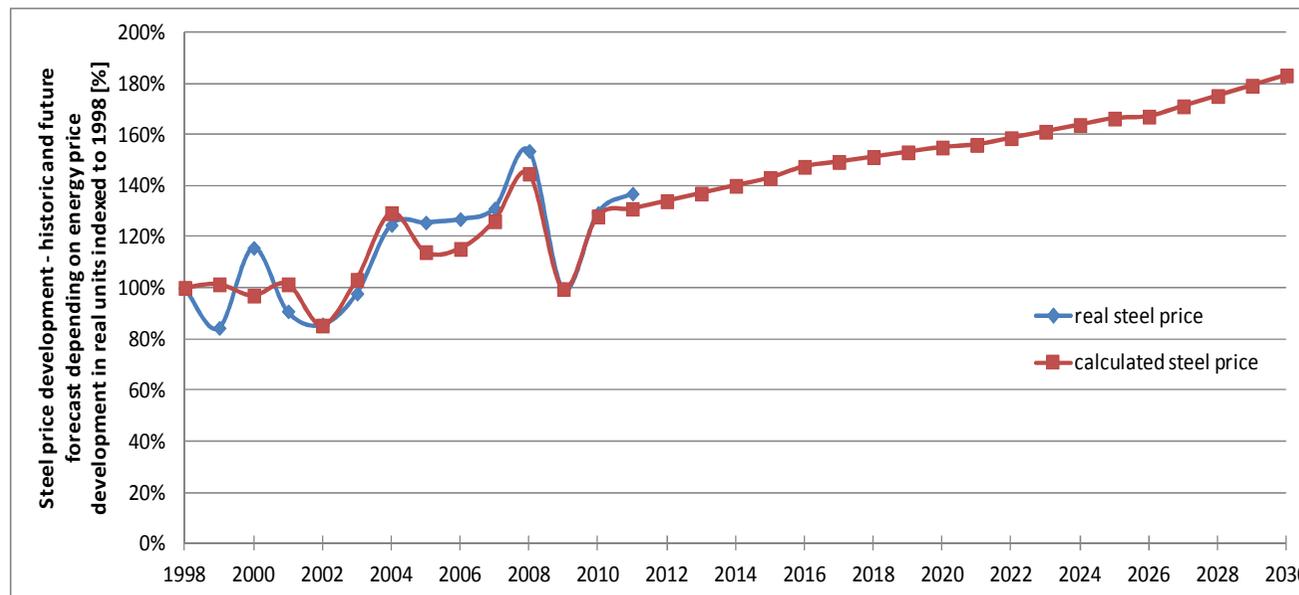
- Dependent and independent variables should **not hold a unit root**
- Residuals of regression must be **normal distributed**
- Residuals of year (t) should not be dependent of former residuals - **no serial correlation**
- Residuals must be **homoskedastic**

All four points must be fulfilled in order to have **significant and efficient regressors!**

- $R^2_{adj}$  indicates the **quality of the fit** of the linear regression

$$\frac{\Delta c_{\text{steel}}}{\Delta t} = c + \text{DIFFCOAL} * \frac{\Delta c_{\text{coal}}}{\Delta t} + \text{DIFFCOAL}(-1) * \frac{\Delta c_{\text{coal}}}{\Delta(t-1)} + u(t)$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	18.46943	20.44624	0.903317	0.3964
DIFFCOAL	2.493618	0.815295	3.058548	0.0184
DIFFCOAL(-1)	-4.475420	1.130665	-3.958219	0.0055

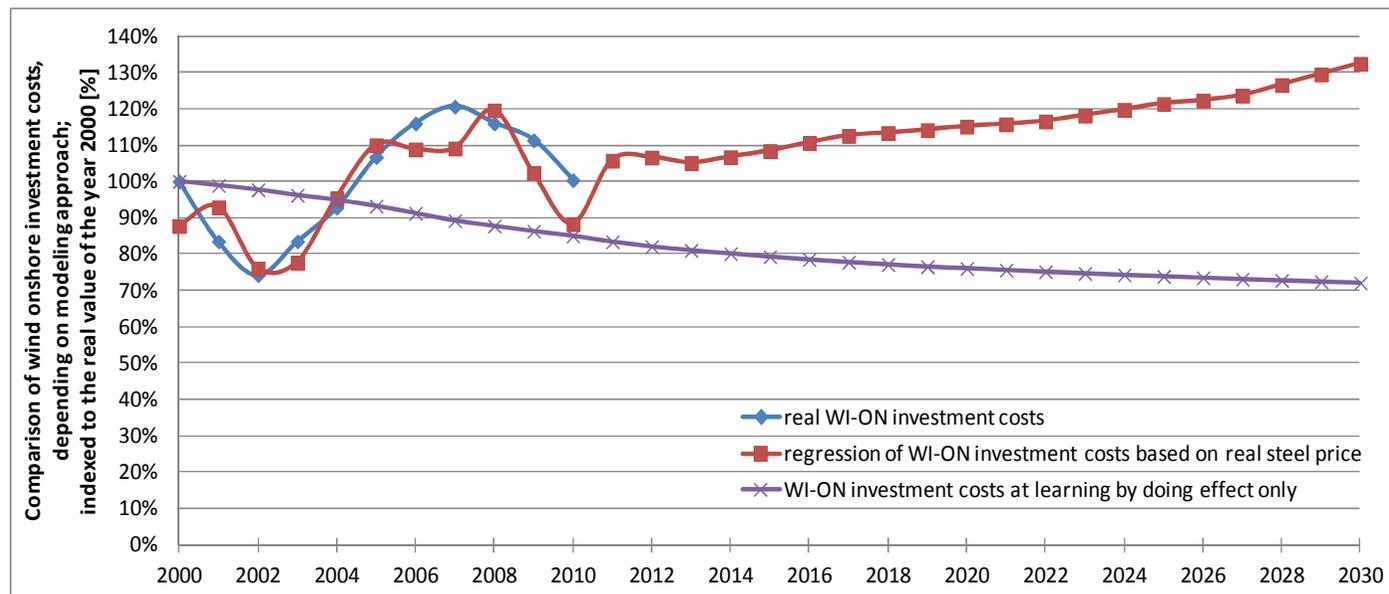


Quelle: Eigene Berechnung

- Nur geringfügige Abweichung in Erklärung des Stahlpreises durch Kohlepreis
- 2001 ... stark exogener Einfluss auf den Weltstahlpreis - Depression in USA
- Generell Erklärung der Stahlkosten, nicht des Marktpreises!

$$\ln INV_{WI-ON}(t) = c + LSTEEL * \ln c_{steel}(t) + LSTEEL(-1) * \ln c_{steel}(t-1) + u(t)$$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.359379	0.966299	-0.371913	0.7227
LOG_STEEL	0.556760	0.155566	3.578923	0.0117
LOG_STEEL(-1)	0.642003	0.144951	4.429112	0.0044

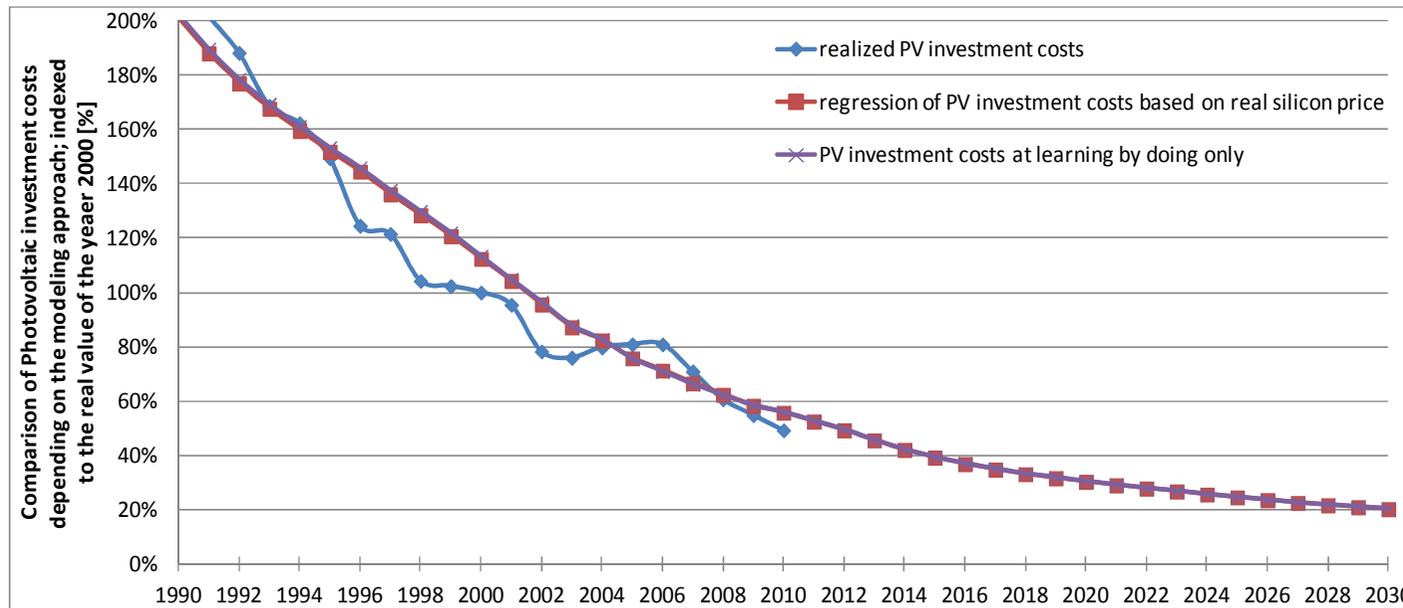


Quelle: Eigene Berechnung

- *Starke Abhängigkeit von Stahlpreisen*
- *Minimale Einfluss durch ausschließliche Berücksichtigung des Energiepreiseinflusses*
- *Totale Kompensation von Lerneffekten (7%)*

$$\ln INV_{PV}^*(t) = c * k^* + PV * \ln c_{silicon}^*(t) + PV(-3) * \ln c_{silicon}^*(t-3) + u(t)$$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.029428	0.003241	2477.367	0.0000
LOG(SILICON)-EQ02.@COEFS(2)*LOG(S...	0.009922	0.002221	4.467030	0.0005
LOG(SILICON(-3))-EQ02.@COEFS(2)*LO...	-0.006526	0.002172	-3.005238	0.0095

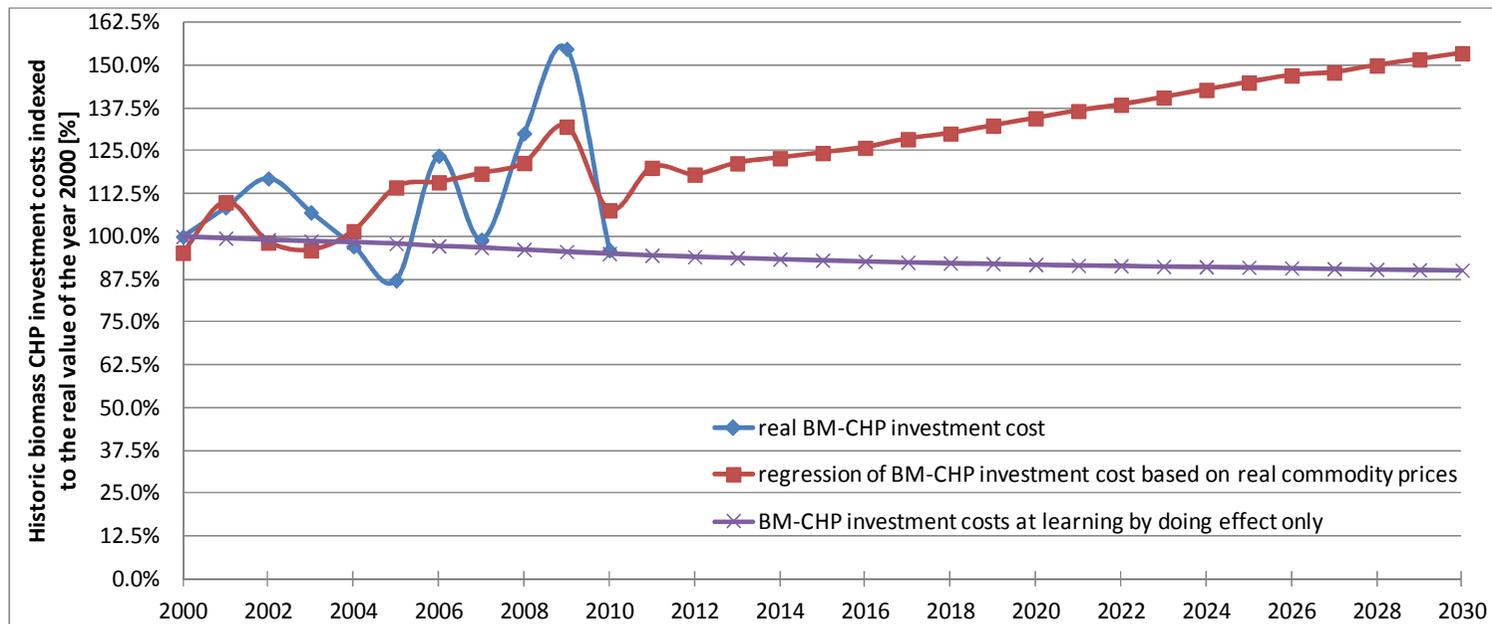


Quelle: Eigene Berechnung

- *Cochrane-Orcutt Anwendung gegen Autokorrelation der Residuen*
- *Signifikanter Einfluss von Siliziumkosten - kompensiert durch technologische Lerneffekte von 20% und starkem jährlichen Wachstum (kumulierte Installation)*

$$INV_{BM-CHP}(t) = c + CONCRETE(-1) * c_{concrete}(t-1) + STEEL(-1) * c_{steel}(t-1) + u(t)$$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1395.545	1613.881	0.864714	0.4158
CONCRETE(-1)	12.86543	20.73821	0.620373	0.5547
STEEL(-1)	4.367436	3.266496	1.337040	0.2230

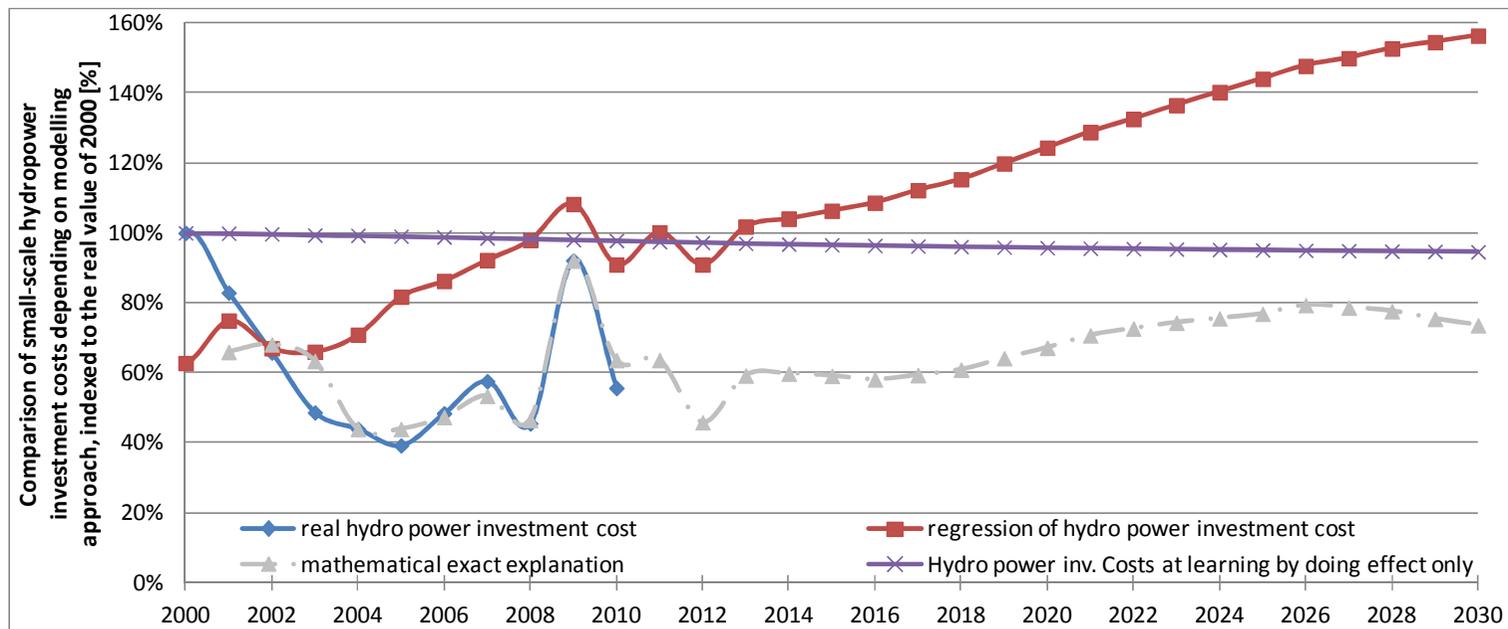


Quelle: Eigene Berechnung

- *Standortspezifische Investitionskosten verzerren historische Entwicklung*
- *Generell Tendenz durch Energiepreise beschrieben*
- *Geringe Lerneffekte stark durch steigende Energiepreise kompensiert*

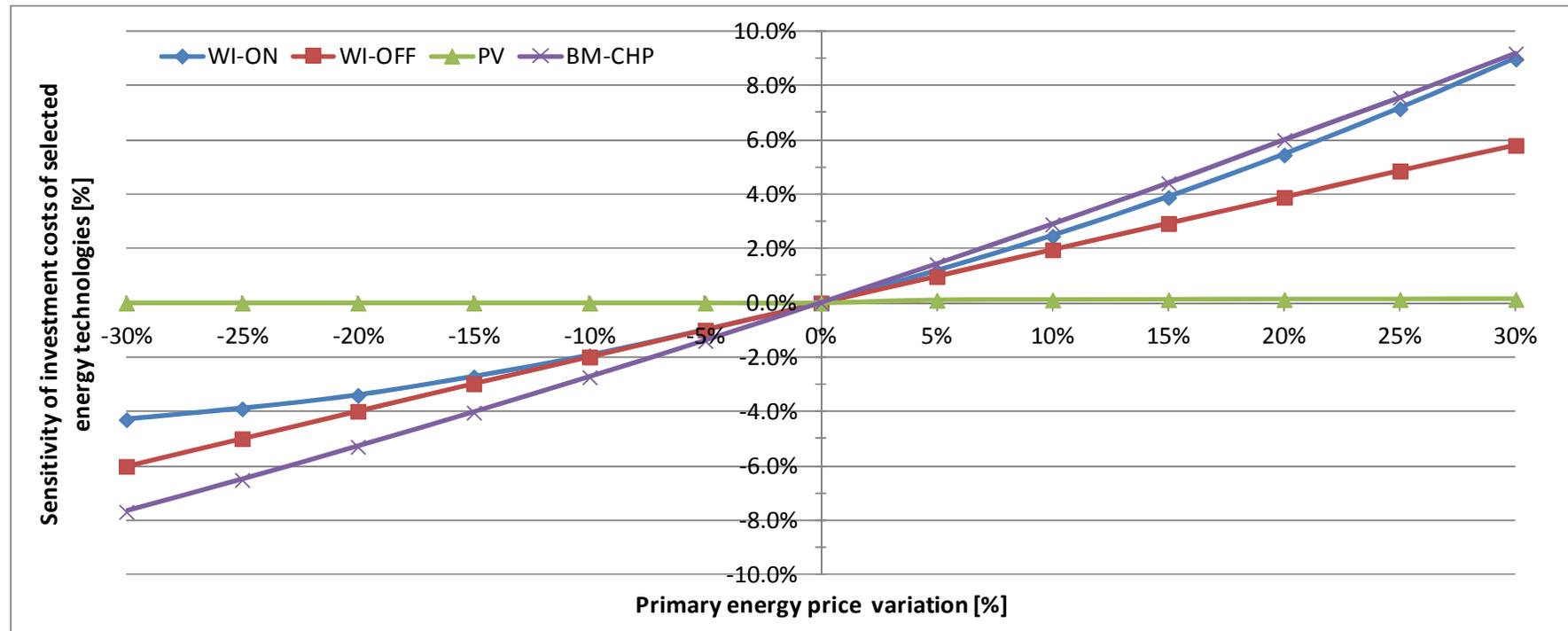
$$\frac{\Delta INV_{Hydro}}{\Delta t} = STEEL(-1) * \frac{\Delta C_{steel}}{\Delta(t-1)} + CONCRETE(-1) * \frac{\Delta C_{concrete}}{\Delta(t-1)} + u_t$$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(STEEL(-1))	3.805532	3.341348	1.138921	0.2841
D(CONCRETE(-1))	34.19096	61.46667	0.556252	0.5916



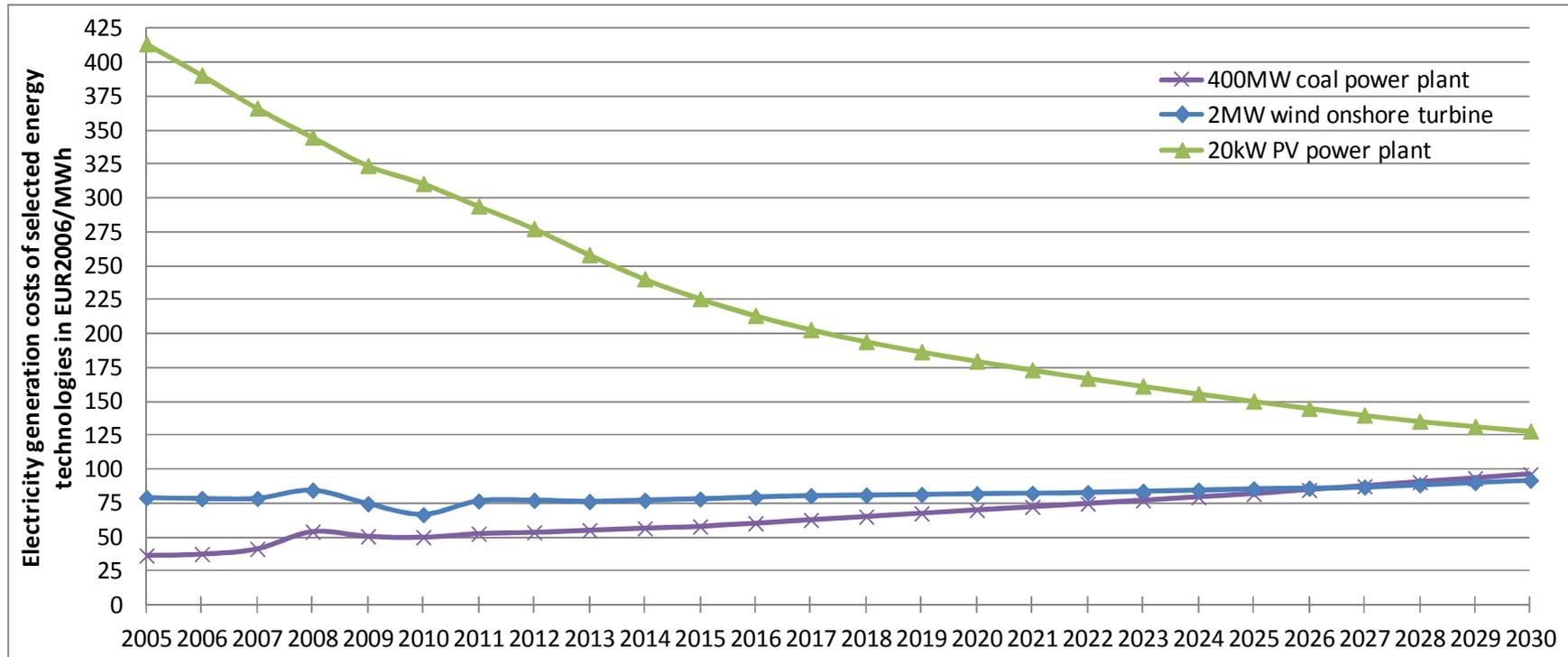
Quelle: Eigene Berechnung

- *Standortspezifische Investitionskosten verzerren historische Entwicklung*
- *Nicht signifikante Regressoren weisen auf keinen Einfluss von Energie- und Rohstoffpreisen hin. Geprägt von anderen Kostenträgern wie UVP, etc...*



Quelle: Eigene Berechnung

- *Photovoltaik Investitionskosten robust gegen Energiepreisschwankungen*
- *Wind onshore: signifikanter Beitrag - unterschiedlich auf positive und negative Schwankungen*
- *Biomasse KWK technologisch sehr ähnlich zu konventionellen - stärkster Einfluss allerdings sind Investitionskosten nur ein Teil der Stromgestehungskosten*



Quelle: Eigene Berechnung

- **Kohlekraftwerk: Anstieg durch Investitionskosten, Kohlepreis und CO2 Preis!**
- **Wind onshore: Anstieg durch Investitionskosten - jedoch moderat und unterschreitet konventionelle Erzeugungskosten in 2025 (lt. Szenario)!**
- **Photovoltaik: Starke Reduktion der Stromgestehungskosten durch technologisches Lernen und starken Zukunftsausbau - Netzparität in AUT ca. in 2015, aber in 2030 noch leicht über Strommarktpreisniveau!**

- **Rohstoffpreise** werden von **Energiepreisen** getrieben, **ABER** auch marktbasierende Parameter wie Überkapazitäten oder starke Nachfrage üben Einflüsse aus.
- **Langzeitlieferverträge** verursachen zusätzlichen **zeitversetzten Einfluss** von Energiepreisen auf Rohstoffpreise.
- Produktionsverfahren erneuerbarer Energietechnologien verbessern sich kontinuierlich, aber Firmen tauschen ihre Produktion nur nach bestimmter Zeit aus -> daher **zeitverzögerte Einflüsse** von Rohstoffpreisen auf Investitionskosten
- **Wind und KWK** Investitionskosten **stark beeinflusst**, **Photovoltaik** auch aber **kompensiert** durch Lerneffekte, **Wasserkraft** **nicht beeinflusst!**
- **Modellierungsansatz** erlaubt **signifikant präzisere Approximationen** der Investitionskosten als der Standard „learning by doing“ Ansatz.
- **Langfrist Vorhersagen** weisen **hohe Unsicherheit** auf, da sie auf historischen Zusammenhänge gebaut sind. Zusätzliche Unsicherheit in Energiepreisannahmen.
- Eine generelle **Kopplung** von **Förderpolitiken** an **Rohstoffpreisindexen** ist **nicht empfehlenswert** da die Auswirkung stark technologiespezifisch sind

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

## Kontakt

**Dipl.-Ing. Christian Panzer**

e-mail: [panzer@eeg.tuwien.ac.at](mailto:panzer@eeg.tuwien.ac.at)

Energy Economics Group (EEG)  
Technische Universität Wien  
Gusshausstraße 25-29/E370-3  
1040 Wien, Austria  
<http://eeg.tuwien.ac.at>