

**Energiepreise für aktuelle
Modellierungsarbeiten.
Regressionsanalytisch basierte
Projektionen.**

**Teil 1: Preise für Importenergien
und Kraftwerksbrennstoffe**

Berlin, März 2010

Dr. Felix Chr. Matthes

Öko-Institut e.V.

Büro Berlin

Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel.: +49-30-280 486-80
Fax: +49-30-280 486-88

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: +49-61 51-81 91-0
Fax: +49-61 51-81 91-33

Geschäftstelle Freiburg

Merzhauser Str. 173
D-79100 Freiburg
Tel.: +49-761-452 95-0
Fax: +49-761-452 95 - 88

www.oeko.de

Zusammenfassung

Die zukünftige Entwicklung der Brennstoffpreise bildet eine entscheidende Determinante für die Erarbeitung von Projektionen für die zukünftige Energie- bzw. Emissionsentwicklung. Die Annahmen zu den zukünftigen Energieträgerpreisen beeinflussen dabei ganz wesentlich sowohl die Konfiguration des Energiesystems als auch dessen gesamte Systemkosten und die Energiepreise für die verschiedenen Verbrauchergruppen.

Eine detaillierte Analyse der historischen Entwicklung der deutschen Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle zeigt erstens die signifikanten Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung der Rohölpreise einerseits und der Entwicklung der Erdgas- und Steinkohlenpreise andererseits. Zweitens machen die Analysen aber auch die erheblichen Effekte der Wechselkurse wie auch der Preisbereinigungen im Währungsraum des Euro bzw. des US-Dollars deutlich.

Auf Grundlage einer Sichtung verschiedener Mainstream-Projektionen für die Entwicklung des Rohölpreises wird empfohlen, die Projektion des „Annual Energy Outlooks 2010“ der Energy Information Administration bis zum Jahr 2035 zur Grundlage zu machen, diese bis zum Jahr 2050 fortzuschreiben und den Wechselkurs des Jahres 2009 auch für die Fortschreibung der Importpreise in Ansatz zu bringen. Aus der Analyse von langen historischen Zeitreihen werden Fortschreibungsmethoden für die Grenzübergangspreise für Erdgas und Steinkohle entwickelt und angewendet (Tabelle Z-1).

Tabelle Z1 Ist-Werte und Projektion für Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle, 2005 bis 2050

	Historische Werte		Projektion				
	2005	2008	2015	2020	2030	2040	2050
Rohöl US-\$/bbl	59	101	96	110	126	144	161
Rohöl €/t	327	484	484	555	633	725	811
Steinkohle €/t SKE	68	112	95	105	117	130	142
Rohöl €/GJ	7,5	11,8	11,8	13,5	15,4	17,7	19,8
Erdgas €/GJ	5,0	8,1	8,5	9,7	11,1	12,6	14,0
Steinkohle €/GJ	2,3	3,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9

Anmerkung: Alle Preisangaben als reale Preise (Basis 2008), alle Angaben bezogen auf den unteren Heizwert (NCV)

Quelle: Öko-Institut.

Eine Sensitivitätsanalyse für unterschiedliche Wechselkursannahmen führt für den Fall, dass sich die Wechselkurse langfristig den (heutigen) Kaufkraftparitäten anpassen zu deutlich erhöhten Grenzübergangspreisen (im Jahr 2050 +19% für Rohöl, +18% für Erdgas bzw. +15,5% für Steinkohle).

Auf Grundlage dieser Projektion für die Brennstoffpreise von Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutscher Grenzen werden die Einstandspreise der Brennstoffe Steinkohle, Erdgas, leichtes Heizöl sowie schweres Heizöl für die Stromerzeugung analysiert. Berücksichtigt werden dabei sowohl die Transportentfernung (relevant v.a. für Steinkohle) als auch die Besteuerung von Heizöl. Mit unterschiedlichen Analyseverfahren, darunter auch wieder regressionsanalytisch basierten Ansätzen werden Projektionsmethoden identifiziert, die die entsprechenden Brennstoffpreisentwicklungen der Vergangenheit

bestmöglich nachbilden bzw. den aktuellen Verhältnissen entsprechen und dementsprechend auch für die Projektion geeignet sind (Tabelle Z-2).

Tabelle Z2 Ist-Werte und Projektion für Brennstoffpreise für Steinkohle, Erdgas sowie leichtes und schweres Heizöl frei Kraftwerk, 2005 bis 2050

		Historische Werte		Projektion				
		2005	2008	2015	2020	2030	2040	2050
Steinkohle	€/GJ	2,9	4,4	3,8	4,1	4,5	5,0	5,4
Erdgas	€/GJ	6,3	9,3	9,7	11,0	12,3	13,8	15,3
Heizöl leicht	€/GJ	12,1	17,0	14,4	16,4	18,5	21,1	23,5
Heizöl schwer	€/GJ	5,9	9,4	9,1	10,4	11,8	13,5	15,0
Steinkohle	€/MWh	10,3	15,7	13,6	14,9	16,3	17,9	19,4
Erdgas	€/MWh	22,6	33,5	35,0	39,5	44,3	49,8	55,0
Heizöl leicht	€/MWh	43,7	61,2	51,8	58,9	66,7	75,9	84,5
Heizöl schwer	€/MWh	21,2	33,8	32,7	37,3	42,4	48,5	54,0

Anmerkung: Alle Preisangaben als reale Preise (Basis 2008), alle Angaben bezogen auf den unteren Heizwert (NCV)

Quelle: *Öko-Institut.*

Insgesamt zeigen die Analysen, dass es auf Grundlage der für die Vergangenheit beobachtbaren Zusammenhänge der verschiedenen Energieträgerpreistrends möglich ist, konsistente Datensätze für die langfristige Projektion von Brennstoffpreisen auf der Importstufe sowie für den Kraftwerkseinsatz zu entwickeln.

Die beiden Basisgrößen Rohölpreis auf den internationalen Brennstoffmärkten sowie Wechselkurs zwischen US-Dollar und Euro bleiben gleichwohl Setzungen, deren Einfluss auf die Robustheit der jeweiligen Modellierungsergebnisse durch Sensitivitätsanalysen jeweils gesondert betrachtet werden sollte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	9
2	Importpreise und deren Determinanten	10
2.1	Historische Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle	10
2.2	Preis-Projektionen für Rohöl	15
2.3	Ableitung der Projektionen für Erdgas und Steinkohle	17
3	Ableitung der Projektion für Kraftwerksbrennstoffe	23
3.1	Erdgas.....	23
3.2	Steinkohle	23
3.3	Leichtes und schweres Heizöl.....	24
3.4	Brennstoffpreise frei Kraftwerk	27
4	Literatur	29
4.1	Studien	29
4.2	Andere Datenquellen.....	29
	Anhang: Detaillierte Ergebnisse der Regressionsanalysen	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Historische Preisentwicklung für den Import von Rohöl, Erdgas und Steinkohle nach Deutschland (nominale Preise), 1970 bis 2010.....	10
Abbildung 2	Historischer Verlauf von Wechselkursen und Kaufkraftparitäten zwischen US-Dollar und Euro sowie der BIP-Deflatoren für Euro und US-Dollar, 1970 bis 2010	11
Abbildung 3	Historische Preisentwicklung für den Import von Rohöl, Erdgas und Steinkohle nach Deutschland in realen Preisen für Euro und US-Dollar, 1970 bis 2010.....	13
Abbildung 4	Mainstream-Projektionen für die Rohöl-Preisentwicklung auf Basis US-Dollar, 2005 bis 2035	15
Abbildung 5	Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), jährliche Werte von 1970 bis 2010	18
Abbildung 6	Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), Quartals-Werte von 1991 bis 2009	20
Abbildung 7	Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), 1970 bis 2050.....	21
Abbildung 8	Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Einstandspreise für leichtes und schweres Heizöl in der Verstromung zu konstanten Preisen (2008), jährliche Werte von 1970 bis 2010	26
Abbildung 9	Entwicklung der Preise für leichtes und schweres Heizöl, Erdgas und Steinkohle frei Kraftwerk zu konstanten Preisen (2008), 2000 bis 2050	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Vergleich der Ausgangspreis-Niveaus für Rohöl in den verschiedenen Projektionen mit den deutschen Grenzübergangspreisen	16
Tabelle 2	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Erdgas frei deutsche Grenze auf Basis von Jahresdurchschnittswerten.....	17
Tabelle 3	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Kraftwerkskohle frei deutsche Grenze auf Basis von Jahresdurchschnittswerten.....	18
Tabelle 4	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Erdgas frei deutsche Grenze auf Basis von Quartalsdurchschnittswerten.....	19
Tabelle 5	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Kraftwerkskohle frei deutsche Grenze auf Basis von Quartalsdurchschnittswerten.....	20
Tabelle 6	Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), 2005 bis 2050.....	22
Tabelle 7	Sensitivitätsanalyse für Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle in Bezug auf den für 2050 unterstellten Wechselkurs, konstante Preise (2008), 2050.....	22
Tabelle 8	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl frei deutsche Grenze und die Preise für leichtes Heizöl frei Kraftwerk auf Basis von Jahresdurchschnittswerten.....	25
Tabelle 9	Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl frei deutsche Grenze und die Preise für schweres Heizöl frei Kraftwerk auf Basis von Jahresdurchschnittswerten.....	25
Tabelle 10	Entwicklung der Preise für leichtes und schweres Heizöl, Erdgas und Steinkohle frei Kraftwerk zu konstanten Preisen (2008), 2005 bis 2050	28

1 Einleitung und Fragestellung

Die zukünftige Entwicklung der Brennstoffpreise bildet eine entscheidende Determinante für die Erarbeitung von Projektionen für die zukünftige Energie- bzw. Emissionsentwicklung. Die Annahmen zu den zukünftigen Energieträgerpreisen beeinflussen dabei ganz wesentlich sowohl die Konfiguration des Energiesystems als auch dessen gesamte Systemkosten und die Energiepreise für die verschiedenen Verbrauchergruppen.

Für die Entwicklung von Projektion für Energieträgerpreise ergeben sich vor allem zwei zentrale Fragen:

- Was sind die Leitgrößen der Energiepreisentwicklung und deren Bestimmungparameter?
- Welchen Einfluss haben diese Leitgrößen auf die Entwicklung der Energiepreise für die verschiedenen Einsatzbereiche?

In der hier vorgelegten Analyse wird diesen Fragen für diejenigen Brennstoffpreise nachgegangen, für die erstens eine starke Abhängigkeit von den Entwicklungen auf den internationalen Brennstoffmärkten für Öl, Erdgas und Kohle zu konstatieren ist und die zweitens für den Bereich der Stromerzeugung relevant sind (eine weitere Analyse wird sich mit der Entwicklung der Brennstoffpreise für weitere Sektoren beschäftigen).

Die Untersuchung folgt für die unterschiedlichen Aspekte einem vierstufigen Analyseansatz:

- In einem ersten Schritt werden die historische Entwicklung der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle und der Einfluss von Wechselkursen und Preisbereinigungen dokumentiert (Kapitel 2.1).
- In einem zweiten Schritt werden eine Reihe aktueller Mainstream-Projektionen für die globalen Rohölpreise dargestellt und eine Empfehlung für die den Projektionen zu Grunde zu legende Projektion und die entsprechenden Wechselkursgrößen erarbeitet (Kapitel 2.2).
- In einem dritten Schritt werden die Zusammenhänge zwischen den Entwicklungen der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle regressionsanalytisch untersucht und auf dieser Grundlage eine Methode für die Fortschreibung der Erdgas- und Steinkohlepreise (auf der Importstufe) entwickelt (Kapitel 2.3).
- In einem vierten Schritt werden auf dieser Grundlage die Einstandspreise für die Brennstoffe Steinkohle, Erdgas sowie leichtes und schweres Heizöl frei Kraftwerk ermittelt (Kapitel 3).

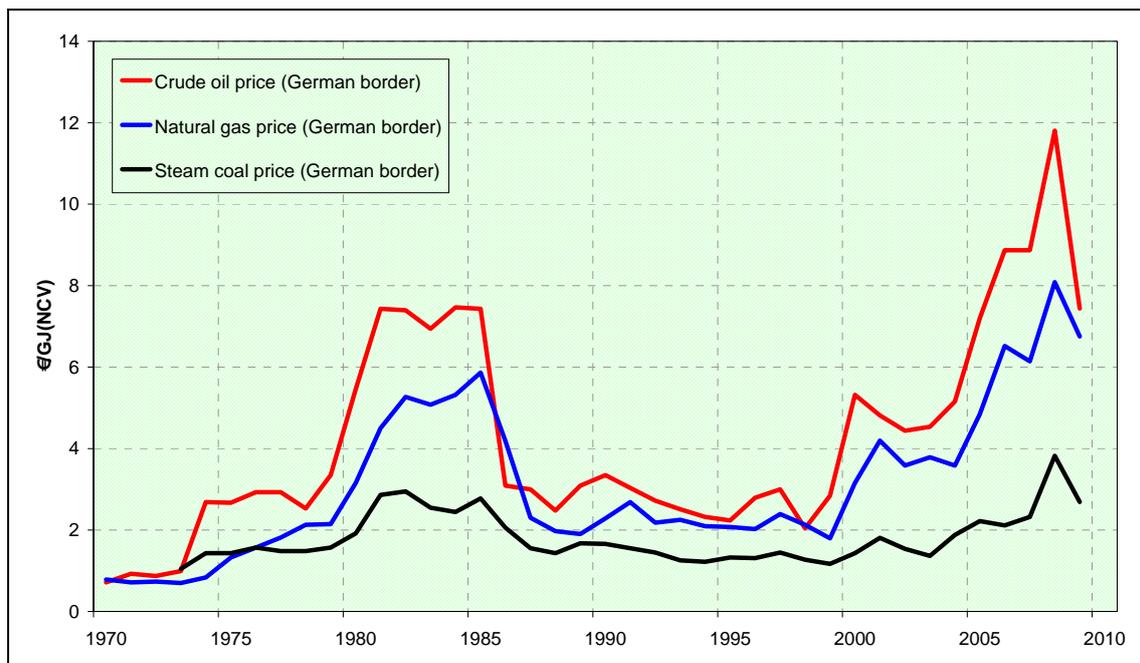
Die detaillierten Ergebnisse der verschiedenen Regressionsanalysen sind im Anhang detailliert zusammengestellt.

2 Importpreise und deren Determinanten

2.1 Historische Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle

Die Entwicklung der deutschen Grenzübergangspreise für Rohöl wie auch für Erdgas und Kraftwerks- (Stein-) Kohle in den vergangenen vier Dekaden vollzog sich in verschiedenen Etappen.¹ Ausgehend von einem niedrigen Niveau stiegen die Importpreise im Zuge der beiden Ölpreiskrisen (1973 bzw. 1979) erheblich an, gingen dann aber bis zu den 1990er Jahren wieder erheblich zurück und verharrten bis kurz nach der Jahrtausendwende auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Seitdem sind die Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle erheblich gestiegen, erreichten im Jahr 2008 ihren historischen Höchststand, sind aber im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise wieder erheblich zurückgegangen.

Abbildung 1 Historische Preisentwicklung für den Import von Rohöl, Erdgas und Steinkohle nach Deutschland (nominale Preise), 1970 bis 2010



Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft, Berechnungen des Öko-Instituts.

Die Abbildung 1 verdeutlicht in der Zusammenschau einerseits diese Entwicklung für die auf den Energieinhalt der jeweiligen Energieträger umgerechneten Preise² und

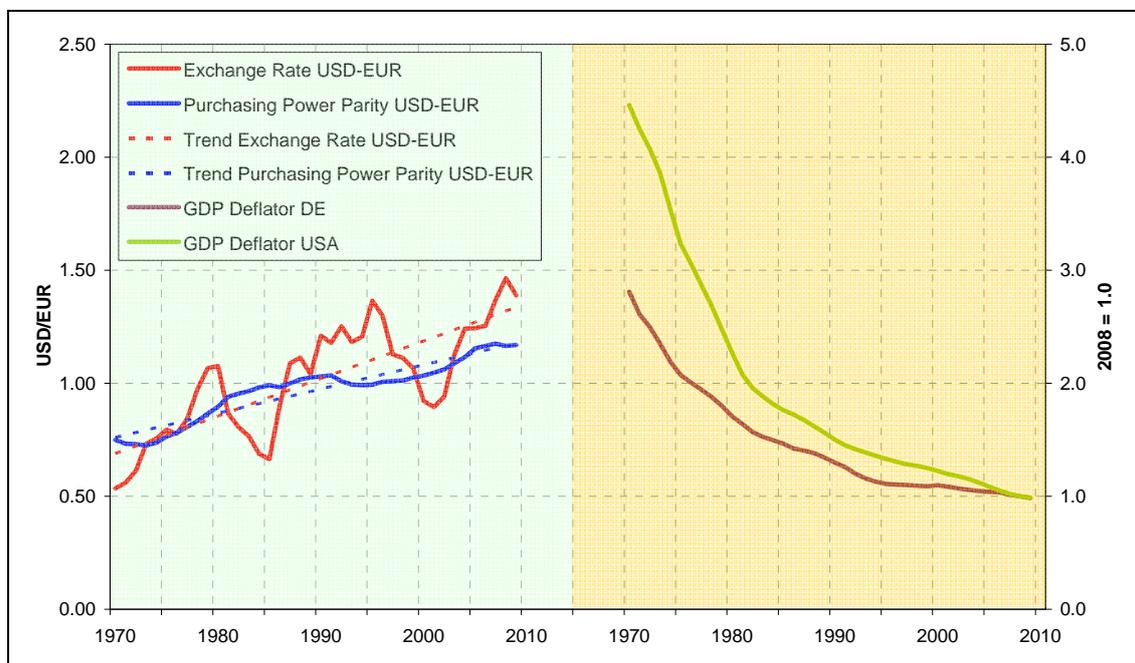
¹ Als Datenbasis für die Analysen der Importpreise wurde die von der Statistik der Kohlenwirtschaft zusammengestellte Zeitreihe für die Grenzübergangspreise auf Basis des Energiegehalts (Stand 03/2010) verwendet

² Alle Energiepreise wurden bezogen auf den unteren Heizwert berechnet. Die auf physische Größen bezogenen Preise für Rohöl und Steinkohle wurden mit den Standard-

andererseits die Tatsache, dass die generellen Preisentwicklungstrends für Rohöl, Erdgas und Steinkohle einem ähnlichen Muster folgen.

Die in Abbildung 1 gezeigten Preisentwicklungen bedürfen aber – vor allem mit Blick auf die Ableitung von Energiepreisprojektionen für die Zukunft – hinsichtlich zweier Einflussgrößen einer Einordnung. Erstens ist für längere Zeiträume die Preisentwicklung in nominalen Preisen wenig aussagenkräftig und zweitens handelt es sich bei allen drei hier betrachteten Primärenergieträgern um Güter, die auf den globalen Brennstoffmärkten in US-Dollar gehandelt werden. Damit kommt der Entwicklung der Wechselkurse zwischen US-Dollar und Euro sowie den Deflatoren zur Umrechnung nominaler in reale Preise eine besondere Bedeutung zu.

Abbildung 2 Historischer Verlauf von Wechselkursen und Kaufkraftparitäten zwischen US-Dollar und Euro sowie der BIP-Deflatoren für Euro und US-Dollar, 1970 bis 2010



Quellen: OECD, Statistisches Bundesamt, U.S. Bureau of Economic Analysis, Berechnungen des Öko-Instituts.

Die Abbildung 2 zeigt die Entwicklung beider Größen, jeweils für den Zeitraum 1970 bis 2009. Zur Einordnung dieser Parameter werden diese mit zwei anderen Parametern verglichen, einerseits wird die Entwicklung der Wechselkurse zwischen US-Dollar und Euro mit den entsprechenden den Kaufkraftparitäten kontrastiert und zweitens werden

Umrechnungsfaktoren der AG Energiebilanzen in Energiegrößen umgerechnet. Die für Erdgas gewöhnlich auf den oberen Heizwert bezogenen Preisangaben wurden mit dem Faktor 0,9025 in auf den unteren Heizwert bezogene Größen umgerechnet.

die Deflatoren für Deutschland (Euro) den entsprechenden Werten für die US (US-Dollar) gegenüber gestellt.³

Die Zusammenschau von Wechselkursen, Kaufkraftparitäten und Deflatoren verdeutlicht vor allem folgende Aspekte:

- Die Wechselkursentwicklung ist im Verlauf der letzten 40 Jahre durch erhebliche Schwankungen geprägt. Der (auf Euro umgerechnete) Höchstkurs des US-Dollar lag im Jahr 1971 bei 0,53 US-Dollar je Euro, erreichte 2008 mit (jahresdurchschnittlich) 1,46 US-Dollar je Euro seinen tiefsten Wert, schwankte aber von 1985 bis 1995 aber auch in der Bandbreite von 0,66 bis 1,36 US-Dollar je Euro. Die Phasen sehr hoher Ölpreise fielen damit zumindest teilweise auch mit sehr niedrigen Wechselkursen für den US-Dollar zusammen und milderten damit die Preisausschläge für Deutschland bzw. die Eurozone.
- Die Entwicklung des Wechselkurses zwischen US-Dollar und Euro folgt einem wesentlich steilerem Trend als die Kaufkraftparitäten (PPP – Purchasing Power Parities) auf Ebene des Bruttoinlandsprodukts. Während im Zeitraum 1970 bis 1990 der Entwicklungstrend der Wechselkurse etwa der Entwicklung der Kaufkraftparitäten entspricht, ist seit 1970 ein deutliches Auseinanderlaufen der beiden Entwicklungen zu konstatieren. Die Frage, ob sich dieser Prozess fortsetzt, ist dabei entscheidend für die Annahme zur zukünftigen Wechselkursentwicklung und damit die effektiven Primärenergiepreise in der Eurozone.
- Ein Vergleich der Deflatoren für die USA und Deutschland zeigt schließlich die im Zeitraum 1970 bis 1990 besonders stark auseinanderlaufenden Trends der Geldentwertung die Entwicklung der inflationsbereinigten Preise.

Mit den genannten Daten für Deflatoren und Wechselkurse können einerseits für Deutschland Zeitreihen der inflationsbereinigten (realen) Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle ermittelt werden. Die Abbildung 3 verdeutlicht zunächst, dass die im Jahr 2008 erreichten nominalen Höchstwerte für Energieträgerimportpreise in realen Preisen noch leicht unter den im Zuge der zweiten Ölpreiskrise erreichten Werten liegen. Sowohl die realen Preisniveaus für den Import von Rohöl als auch die entsprechenden Werte für die Einfuhr von Erdgas und Steinkohle erreichten 2008 nicht die für das Jahr 1981 errechneten inflationsbereinigten Werte.

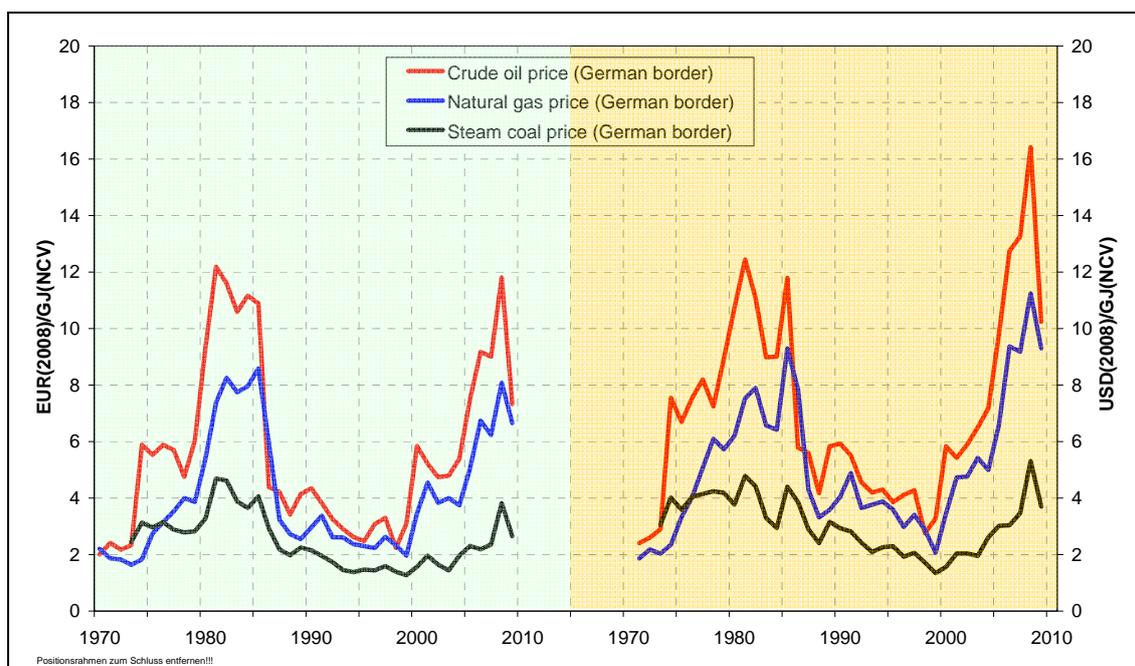
In Abbildung 3 werden aber auch die Ergebnisse einer Modellrechnung für den Effekt von Wechselkursen und Geldentwertung gezeigt. Werden die nominalen Einfuhrpreise für die drei gezeigten Energieträger mit den jeweils aktuellen Wechselkursen auf US-Dollar umgerechnet und wird dann der Deflator für das Bruttoinlandsprodukt der USA

³ Als Datenbasis für die Kaufkraftparitäten wurden die Zeitreihen herangezogen, die von der OECD für die Vergleiche des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zwischen verschiedenen Staaten ermittelt werden. Als Deflatorgrößen wurden hier Daten genutzt, die vom Statistischen Bundesamt (für Deutschland) bzw. vom U.S. Bureau of Economic Analysis (für die USA) zur Ermittlung des realen Bruttoinlandsprodukts verwendet werden.

genutzt, um eine Umrechnung auf das reale Preisniveau von 2008 vorzunehmen, ergibt sich ein deutlich anderes Bild:

- Umgerechnet auf US-Dollar markieren die im Jahr 2008 erreichten Preisspitzen (der deutschen Importpreise) auch bei Betrachtung der Zeitreihe für reale Preise sehr deutlich Höchstwerte, sehr klar ausgeprägt für Erdgas und Rohöl, aber letztlich auch für Steinkohle.
- Die Bandbreite (d.h. die Volatilität) der realen Importpreise zwischen den im Verlauf der 1990er Jahre erreichten niedrigen Niveaus und den Preisspitzen des Jahres 2008 ist für die Zeitreihe in US-Dollar deutlich stärker ausgeprägt als für die Eurozone. Die Auswirkungen der massiven Ölpreisanstiege waren also für die Konsumenten bzw. Volkswirtschaften im Dollarraum erheblich signifikanter als für Deutschland bzw. die Eurozone.

Abbildung 3 Historische Preisentwicklung für den Import von Rohöl, Erdgas und Steinkohle nach Deutschland in realen Preisen für Euro und US-Dollar, 1970 bis 2010



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistik der Kohlenwirtschaft, Berechnungen des Öko-Instituts.

Aus den vorstehenden Analysen werden vor allem zwei Aspekte für die Projektion zukünftiger Importpreise deutlich:

- Neben den Preisprojektionen für Rohöl, Erdgas und Steinkohle auf dem Weltmarkt und damit im Bereich des Handels auf Basis des US-Dollars bilden die Annahmen für die zukünftig erwartbaren Wechselkurse zwischen US-Dollar und Euro eine zweite entscheidende Größe.

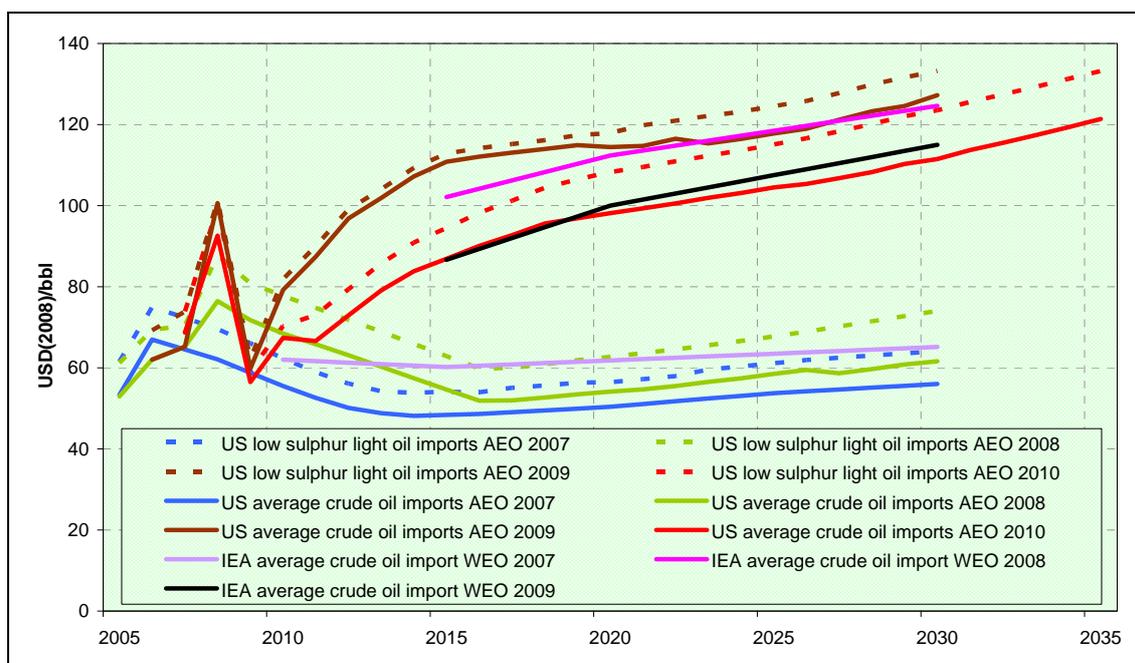
- Die Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle folgen zumindest im Grundsatz einem vergleichbaren Entwicklungsmuster, wenn auch mit unterschiedlicher Dynamik.

Während hinsichtlich des ersten Aspekts zweifelsohne Setzungen bzw. eigenständige Modellierungen notwendig sind, sind bezüglich des zweiten Aspekts weitere Analysen sinnvoll, auf deren Grundlage ggf. auch Fortschreibungsmethoden entwickelt werden können.

2.2 Preis-Projektionen für Rohöl

Die Erwartungen zur zukünftigen Entwicklung der Rohölpreise auf dem Weltmarkt haben sich in den letzten Jahren fundamental geändert. Die Abbildung 4 verdeutlicht dies am Beispiel der weitgehend als Mainstream geltenden Projektionen des „World Energy Outlook“ (WEO) der International Energy Agency (IEA) sowie des „Annual Energy Outlook“ (AEO) der US-Energiestatistikbehörde (Energy Information Administration – EIA). Während bis zu den entsprechenden Ausgaben der jeweiligen Projektion im Jahr 2007 die Erwartung vorherrschte, dass sich die Rohölpreise für die nächsten Dekaden – umgerechnet auf das Preisniveau von 2008 – im Bereich um die 60 US-Dollar je Barrel (US-\$/bbl) bewegen würden⁴, gehen die entsprechenden Ausgaben der beiden genannten Standard-Projektionen ab 2008 von zukünftig massiven Preissteigerungen aus, die für den Zeithorizont 2030 zu Preisniveaus von etwa 110 bis 130 US-\$/bbl führen.

Abbildung 4 Mainstream-Projektionen für die Rohöl-Preisentwicklung auf Basis US-Dollar, 2005 bis 2035



Quelle: Energy Information Administration, International Energy Agency, Berechnungen des Öko-Instituts.

Die jüngsten Projektionen von IEA und EIA (WEO 2009 bzw. AEO 2010) legen für den Zeithorizont 2030 übereinstimmend ein Preisniveau von etwa 110 US-\$/bbl. zu Grunde

⁴ Die Abbildung zeigt neben dem durchschnittlichen Mix der Rohölimporte auch die Preise für die besonders hochwertigen Rohölsorten (Low sulphur light oil), die jeweils um einige US-Dollar je Barrel höher liegen als die Durchschnittswerte für leichte und schwefelarme bzw. schwere und schwefelreiche Rohölsorten.

wobei die Importpreise für die qualitativ höherwertigen Rohölsorten im Jahr 2030 – umgerechnet auf reale Preise von 2008 – das Niveau von 120 US-\$/bbl und im Jahr 2035 Werte von über 130 US-\$/bbl erreichen.

Für die Ermittlung der Preisprojektionen für Deutschland ist das Bezugsniveau der Rohölpreise im Basiszeitraum von besonderer Bedeutung. Tabelle 1 zeigt – die jeweils auf die Preisbasis 2008 umgerechneten – Basiswerte der verschiedenen Projektionen von EIA und IEA im Vergleich zu den deutschen Grenzübergangspreise für Rohöl, die mit den jeweils aktuellen Wechselkursen und dem Deflator für das BIP der USA auf eine vergleichbare Basis umgerechnet wurden.

Tabelle 1 Vergleich der Ausgangspreis-Niveaus für Rohöl in den verschiedenen Projektionen mit den deutschen Grenzübergangspreisen

	EIA			IEA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Deutsche Importe
	Annual Energy Outlook		International Energy Outlook	World Energy Outlook	
	US-Importe (Mittelwert)	US-Importe (Low sulphur sweet lights)	Globaler Mittelwert	IEA Importe (Mittelwert)	
	USD (2008)/bbl				
2005	53,0	61,2	61,3		57,0
2006	62,0	69,3	69,2	64,8	68,6
2007	68,7	73,9	73,8	70,8	72,8
2008	92,6	99,6	101,8	97,2	101,4

Quelle: Energy Information Administration, International Energy Agency, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Berechnungen des Öko-Instituts.

Dieser Überblick verdeutlicht, dass sowohl die durchschnittlichen Rohölpreise für den „International Energy Outlook“ (IEO) der EIA sowie den WEO der IEA etwa dem Preisniveau für die hochwertigen Rohölsorten im AEO entsprechen. Auch die entsprechend umgerechneten Grenzübergangspreise für Deutschland entsprechen diesem Niveau.

Vor diesem Hintergrund werden für die Analysen die folgenden Ansatzpunkte definiert:

- Grundlage für die Projektion bildet der AEO 2010 der EIA. Die Bezugnahme auf eine jährlich aktualisierte Mainstream-Projektion ist dabei zunächst eine pragmatische Konvention, die aber wegen der vergleichsweise hohen Aktualisierungsfrequenz und der Tatsache, dass im AEO jeweils auch konsistente Hoch- und Niedrigpreisvarianten entwickelt werden, auch für zukünftige Analysen erhebliche Vorzüge besitzt. Für das Jahr 2020 beträgt der Preis der für die deutschen Grenzübergangspreise relevanten Rohölqualitäten 110 US-\$/bbl und für 2030 126 US-\$/bbl. Die Dynamik der im AEO 2010 zu Grunde gelegten Preisentwicklung wird bis 2050 fortgeschrieben, so dass sich für 2040 ein Rohölpreis von 144 US-\$/bbl und für 2050 ein Wert von 161 US-\$/bbl ergibt.
- Für die zukünftige Entwicklung der Wechselkurse zwischen US-Dollar und Euro wird zunächst ein konstanter Wert auf dem Niveau von 2009 (1,39 US-\$/€) zu Grund gelegt. Die alternative Annahme einer langfristigen Konvergenz von Wechselkursen und Kaufkraftparitäten (1,17 US-\$/€) würde zu entsprechend höheren Importpreisen auf Euro-Basis führen. Dieser Fall wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht.

2.3 Ableitung der Projektionen für Erdgas und Steinkohle

Wie die Datenzusammenstellungen in Abbildung 1 und Abbildung 3 deutlich zeigen, zeigt die Dynamik der Grenzübergangpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle einer ähnlichen Dynamik. Im Folgenden wird daher untersucht, ob sich für die Verlaufsdy- namiken der Preise auch statistisch signifikante Zusammenhänge identifizieren lassen.

Eine erste Analyse greift auf Zeitreihen für Jahresdurchschnittswerte im Zeitraum 1970 bis 2009 zurück.

- Die Grenzübergangpreise wurden der Zusammenstellung der Statistik der Kohlenwirtschaft (nominale Preise für den Energiegehalt der importierten Ener- gieträger) entnommen.
- Unter Verwendung der BIP-Deflatoren des Statistischen Bundesamtes wurden die nominalen Grenzübergangpreise auf reale Preise (Preisbasis 2008) um- gerechnet.

Die Regressionsanalysen für die Hypothese einer linearen Regressionsfunktion führt zu den in Tabelle 2 und Tabelle 3 gezeigten Ergebnissen.

Tabelle 2 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Erdgas frei deutsche Grenze auf Basis von Jahresdurchschnittswerten

	Grenzübergangspreise für Erdgas (Deutschland)	
Unabhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland, jeweils 2 Quartale versetzt)	
Abhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Erdgas (Deutschland)	
Regression	Linear	
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,144	(0,86)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	0,705 **	(26,91)
Test F-Verteilung	724,10	(1, 37)
Bereinigtes R ²	0,950	

Quelle: Öko-Institut.

Als unabhängige Variable für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Rohöl- und Erdgaspreisen wurden dabei (als Ergebnis einer Reihe von Datenanalysen) die im Zeitverlauf um zwei Quartale nach hinten zeitversetzten Rohölpreise (also der Mittelwert aus den Preisen für das jeweils aktuelle und das jeweilige Vorjahr) in Ansatz ge- bracht. Der Test der F-Verteilung liegt bei den gezeigten Freiheitsgraden deutlich über dem entsprechenden Grenzwert. Als Ergebnis des t-Tests ergibt sich für den Koeffi- zienten der Steigungsgröße eine sehr hohe Qualität (Konfidenzintervall von 99%), wo- bei die Steigungsgröße eine Dämpfung des linearen Zusammenhangs zwischen Roh- öl- und Erdgaspreis um knapp 30% erwarten lässt. Die Testergebnisse für die Absolut- größe lassen jedoch nur auf ein Konfidenzintervall unter 95% schließen. Das Be- stimmtheitsmaß R² erreicht mit 0,95 ein angesichts der dominierenden Rolle des Stei- gungsgliedes der Regressionsgleichung erwartbar hohes Niveau.

Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Rohöl- und Steinkohlepreisen wurde als unabhängige Variable (im Ergebnis einer Reihe von Datenanalysen) die im

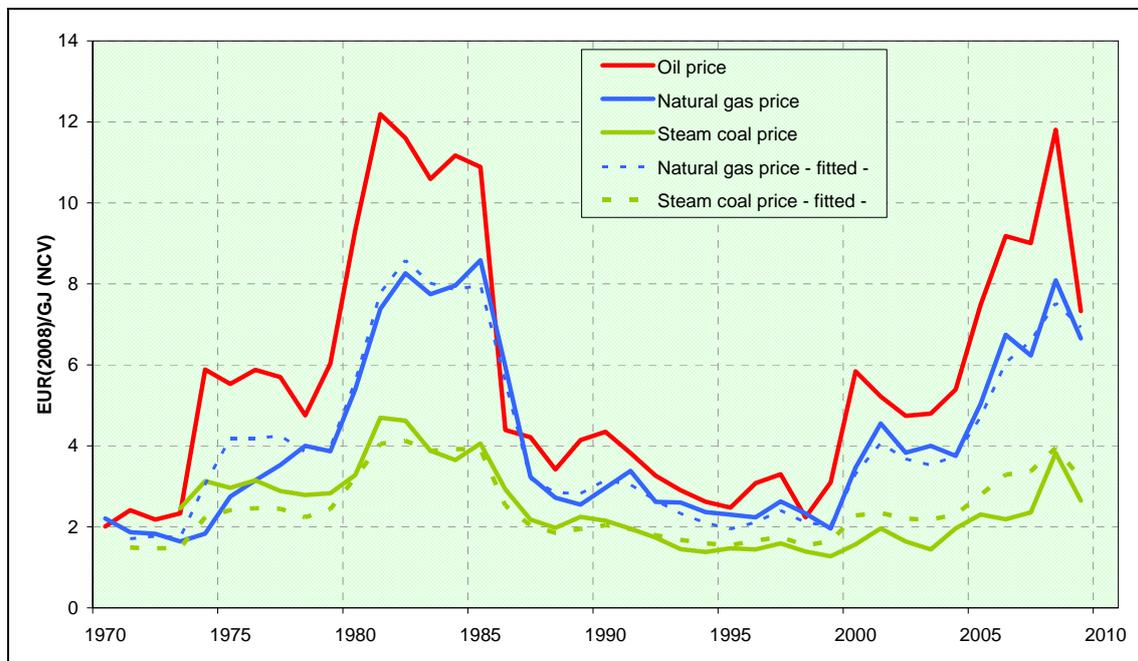
Zeitverlauf um ein Quartal nach hinten zeitversetzten Rohölpreise (also entsprechend gewichtete Wert aus den Preisen für das jeweils aktuelle und das jeweilige Vorjahr) in Ansatz gebracht. Die Ergebnisse des F-Tests sowie der t-Tests zeigen eine hohe Konsistenz der jeweiligen Verteilungen, die auf ein Konfidenzintervall von 99% schließen lassen. Die Dämpfung des linearen Zusammenhangs zwischen Rohöl- und Steinkohlepreis beträgt dabei knapp 77%. Entsprechend liegt das Bestimmtheitsmaß R^2 mit 0,708 niedriger als für den Zusammenhang zwischen Rohöl- und Erdgaspreisen.

Tabelle 3 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Kraftwerkskohle frei deutsche Grenze auf Basis von Jahresdurchschnittswerten

Grenzübergangspreise für Steinkohle (Deutschland)	
Unabhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland, jeweils 1 Quartal versetzt)
Abhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Kraftwerkskohle (Deutschland)
Regression	Linear
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,866 ** (4,58)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	0,272 ** (9,46)
Test F-Verteilung	89,51 (1, 35)
Bereinigtes R^2	0,711

Quelle: Öko-Institut.

Abbildung 5 Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), jährliche Werte von 1970 bis 2010



Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft, Statistisches Bundesamt, Berechnungen des Öko-Instituts.

Abbildung 5 zeigt einerseits den historischen Verlauf der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle sowie andererseits die auf Grundlage der regressionsanalytisch ermittelten linearen Beziehung zwischen Rohöl- und Erdgas- bzw. Rohöl- und Steinkohlepreisen rechnerisch ermittelten Größen. Während für die Erdgaspreise über den gesamten Zeitverlauf eine sehr gute Näherung errechnet wird, zeigt sich für die Steinkohlepreise vor allem für den Zeitraum ab 1995 – und mit Ausnahme des Wertes für 2008 – eine erhebliche Überschätzung der Preisniveaus.

Vor diesem Hintergrund wurde eine zweite Datenanalyse durchgeführt. Grundlage bildeten nunmehr die folgenden Datenbasen:

- Die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) quartalsweise veröffentlichten Grenzübergangspreise für Kraftwerkskohle für den Zeitraum ab 1991, die auf energiebezogene Preisgrößen umgerechnet wurden.
- Die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) monatsweise veröffentlichten Grenzübergangspreise für Rohölimporte für den Zeitraum ab 1991, die mengengewichtet auf energiebezogene Quartalspreise umgerechnet wurden.
- Die vom Bundesministerium für Wirtschaft monatsweise veröffentlichten Grenzübergangspreise für Erdgasimporte für den Zeitraum ab 1991, die mengengewichtet auf energiebezogene Quartalspreise umgerechnet wurden.

Tabelle 4 und Tabelle 5 zeigen die Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Zusammenhang zwischen Rohöl- und Erdgas- bzw. Steinkohlepreisen, jeweils für die Hypothese eines linearen Zusammenhangs auf Basis des wiederum um 2 Quartale (Erdgas) bzw. um 1 Quartal (Steinkohle) zeitverschobenen Rohölpreisniveaus.

Tabelle 4 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Erdgas frei deutsche Grenze auf Basis von Quartalsdurchschnittswerten

	Grenzübergangspreise für Erdgas (Deutschland)
Unabhängige Variable	Quartalsdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland, jeweils 2 Quartale versetzt)
Abhängige Variable	Quartalsdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Erdgas (Deutschland)
Regression	Linear
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,530 ** (8,00)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	0,687 ** (59,06)
Test F-Verteilung	3487,70 (1, 72)
Bereinigtes R ²	0,979

Quelle: Öko-Institut.

Sowohl für den Zusammenhang zwischen Rohöl- und Erdgaspreisen als auch den Zusammenhang zwischen Rohöl- und Steinkohlepreisen zeigen sich deutlich bessere Bestimmtheitsmaße (R^2 von 0,979 für den linearen Zusammenhang zwischen Rohöl- und Erdgaspreisen bzw. R^2 von 0,775 für den linearen Zusammenhang zwischen den Grenzübergangspreisen für Rohöl und Steinkohle). Gleichzeitig zeigen sich für alle Koeffizienten der Regressionsgleichung sehr gute Ergebnisse für die Konfidenzanalysen, die auf ein Konfidenzintervall von 99% schließen lassen.

Die Dämpfung des linearen Zusammenhangs zwischen Rohöl- und Erdgaspreisen beträgt auf Grundlage der Zeitreihe von Quartalswerten seit 1991 etwa 31%, für den Zusammenhang von Rohöl- und Steinkohlepreisen liegt die Dämpfung bei knapp 80%.

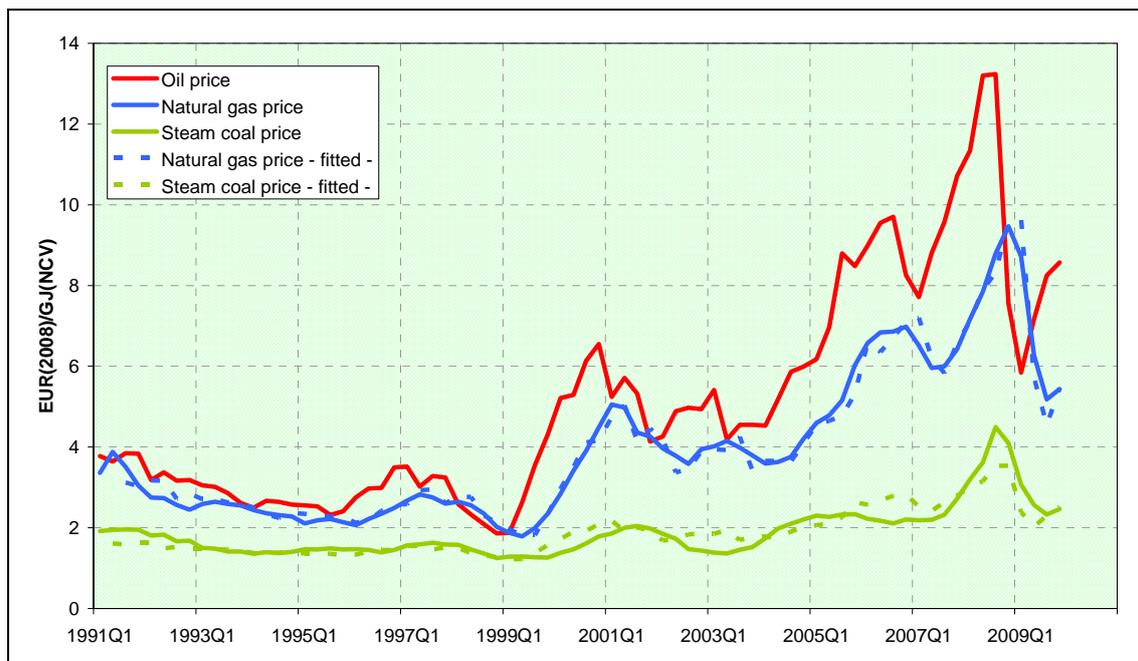
Tabelle 5 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl und Kraftwerkskohle frei deutsche Grenze auf Basis von Quartalsdurchschnittswerten

Grenzübergangspreise für Steinkohle (Deutschland)	
Unabhängige Variable	Quartalsdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland, jeweils 1 Quartal versetzt)
Abhängige Variable	Quartalsdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Kraftwerkskohle (Deutschland)
Regression	Linear
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,844 ** (11,57)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	0,204 ** (16,00)
Test F-Verteilung	256,06 (1, 73)
Bereinigtes R ²	0,775

Quelle: Öko-Institut.

Ein Vergleich der Regressionsanalysen für die Zeitreihen von Quartalsdaten für den Zeitraum 1991 bis 2009 mit entsprechenden Analysen für die jahresdurchschnittlichen Daten für den Zeitraum 1991 bis 2009 zeigt leicht schlechtere Testdaten für die Konfidenz der Konstant- und Steigungsglieder der Regressionsgleichung sowie etwas niedrigere Bestimmtheitsmaße für den Gesamtzusammenhang.

Abbildung 6 Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), Quartals-Werte von 1991 bis 2009

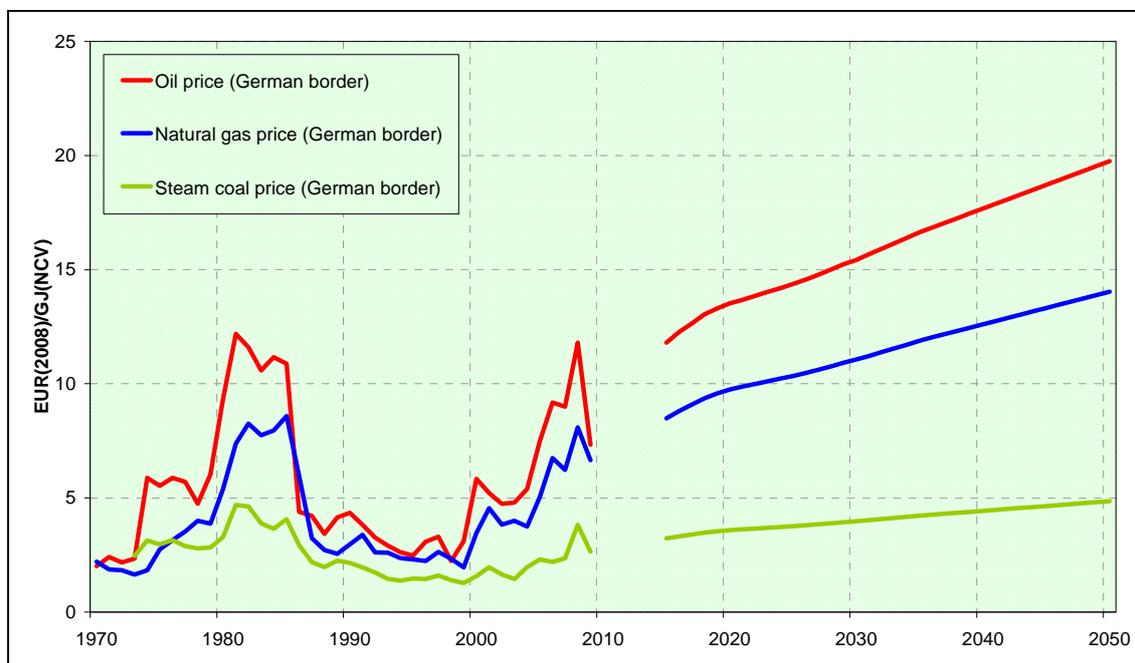


Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Bundesministerium für Wirtschaft, Statistisches Bundesamt, Berechnungen des Öko-Instituts.

In der Abbildung 6 ist einerseits der historische Verlauf der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle und andererseits der auf Basis der Quartalswerte von 1991 bis 2009 ermittelten linearen Regressionsgleichungen modellierte Preisverlauf dargestellt. Sowohl für Erdgas als auch für Steinkohle zeigt sich – wie angesichts der Ergebnisse der Regressionsanalysen erwartbar – eine sehr gute Übereinstimmung der historischen und der modellierten Werte.

Entsprechend wird für die Fortschreibung der Grenzübergangspreise für Erdgas und Steinkohle die auf Basis der Quartalswerte ermittelte Regressionsgleichung genutzt. Abbildung 7 zeigt das Ergebnis der entsprechenden Modellrechnung.

Abbildung 7 Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), 1970 bis 2050



Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft, Statistisches Bundesamt, Berechnungen des Öko-Instituts.

Zur besseren Vergleichbarkeit sind in der Tabelle 6 die entsprechenden Werte auch umgerechnet auf unterschiedliche Bezugsgrößen dargestellt, für die Rückrechnung auf die Rohölpreise auf Basis US-Dollar wurde ab 2015 ein konstanter Wechselkurs von 1,39 US-Dollar je Euro in Ansatz gebracht.

- Der internationale Rohölpreis steigt nach dem Einbruch im Jahr 2010 wieder zügig an und erreicht in den Jahren 2020 bis 2050 Niveaus von 110 bis 161 US-\$/bbl (in konstanten Preisen von 2008).
- Bei einem konstanten Wechselkurs von 1,39 US-\$/€ entspricht dies Grenzübergangspreisen für Rohöl von 555 bis 811 €/t in den Jahren 2020 bis 2050.

- Die Grenzübergangspreise für Kraftwerkskohle liegen im Jahr 2020 mit 105 €/t SKE noch unter dem Ausgangswert von 2009, bis zum Jahr 2050 steigen die Importpreise aber auch hier auf über 140 €/t SKE.
- Für Erdgasimporte folgt der Grenzübergangspreis etwas abgedämpft der Dynamik der Ölpreise, im Jahr 2020 liegen die Preise hier mit 9,7 €/GJ deutlich über dem Ausgangsniveau von 2009, mit einem Anstieg von 9,7 auf 14,0 €/GJ sind aber auch hier für die Dekaden von 2020 bis 2050 weitere und erhebliche Preisanstiege zu verzeichnen.

Tabelle 6 Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle frei deutsche Grenze zu konstanten Preisen (2008), 2005 bis 2050

		Historische Werte		Projektion				
		2005	2008	2015	2020	2030	2040	2050
Rohöl	US-\$/bbl	59	101	96	110	126	144	161
Rohöl	€/t	327	484	484	555	633	725	811
Steinkohle	€/t SKE	68	112	95	105	117	130	142
Rohöl	€/GJ	7,5	11,8	11,8	13,5	15,4	17,7	19,8
Erdgas	€/GJ	5,0	8,1	8,5	9,7	11,1	12,6	14,0
Steinkohle	€/GJ	2,3	3,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9

Anmerkung: Alle Preisangaben als reale Preise (Basis 2008), alle Angaben bezogen auf den unteren Heizwert (NCV)

Quelle: Öko-Institut.

Mit einer zusätzlichen Sensitivitätsanalyse wurde der Einfluss der Annahme zur Wechselkursentwicklung untersucht. Wenn der Wechselkurs für das Jahr 2050 auf dem Niveau der heutigen Kaufkraftparität (1,17 US-\$/€) verortet wird, so führt dies bei identischen Weltmarktpreisen für Rohöl, Erdgas und Steinkohle zu einer Steigerung der Grenzübergangspreise in Euro von knapp 19% für Rohöl, etwa 18% für Erdgas und etwa 15,5% für Steinkohle. Entsprechende Werte ergeben sich für unterschiedliche Wechselkursvarianten in der Bandbreite von 1,17 bis 1,39 US-\$/€ (Tabelle 7).

Tabelle 7 Sensitivitätsanalyse für Projektion für die Entwicklung der Importpreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle in Bezug auf den für 2050 unterstellten Wechselkurs, konstante Preise (2008), 2050

		Historische Werte		Projektion 2050 für Wechselkurs von				
		2005	2008	1,39	1,35	1,30	1,25	1,17
Rohöl	US-\$/bbl	59	101	161	161	161	161	161
Rohöl	€/t	327	484	811	835	867	901	963
Steinkohle	€/t SKE	68	112	142	146	150	155	164
Rohöl	€/GJ	7,5	11,8	19,8	20,3	21,1	22,0	23,5
Erdgas	€/GJ	5,0	8,1	14,0	14,4	15,0	15,5	16,6
Steinkohle	€/GJ	2,3	3,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,6
				relativ zur Wechselkursvariante 1,39 US-\$/€				
Rohöl	€/GJ	0,0	0,0	-	+3,0%	+6,9%	+11,2%	+18,8%
Erdgas	€/GJ	1,2	1,5	-	+2,9%	+6,7%	+10,8%	+18,1%
Steinkohle	€/GJ	1,0	1,0	-	+2,4%	+5,7%	+9,3%	+15,5%

Anmerkung: Alle Preisangaben als reale Preise (Basis 2008), alle Angaben bezogen auf den unterer Heizwert (NCV)

Quelle: Öko-Institut.

3 Ableitung der Projektion für Kraftwerksbrennstoffe

3.1 Erdgas

Für die Erdgaspreise frei Kraftwerk wird ein praktischer Erfahrungswert in Ansatz gebracht. Danach können für die Verstromung Einstandspreise veranschlagt werden, die um etwa 4 €/MWh (bezogen auf den oberen Heizwert) über den Grenzübergangspreis für Erdgas liegen. Dieser Faktor (bezogen auf den unteren Heizwert ergibt sich ein Äquivalent von 1,23 €/GJ) enthält die Kosten für Durchleitung und Strukturierung des Kraftwerksgases.

Als Annahme für die Erdgas-Einstandspreise frei Kraftwerk wird damit der um 1,23 €/GJ erhöhte Grenzübergangspreis für Erdgas (bezogen auf den unteren Heizwert) in Ansatz gebracht.

3.2 Steinkohle

Die Steinkohlenpreise frei Kraftwerk hängen einerseits von den Weltmarktpreisen, andererseits aber auch den Transportkosten zum Kraftwerk ab. Diese Transportkosten sind wiederum abhängig vom jeweiligen Kraftwerksstandort und ergeben sich damit aus der Zahl der Umladevorgänge sowie den entsprechenden Transportentfernungen.

Für die Ermittlung der Einstandspreise für Kraftwerkskohle wird auf eine Arbeit von Prognos (2006) Bezug genommen, in der die Kosten für den Transport der Steinkohle zum Kraftwerk näher analysiert wurden. Für die Ermittlung eines repräsentativen Werts für Deutschland werden die folgenden Parameter in Ansatz gebracht:

- Kraftwerksstandort im Ruhrgebiet, Transportentfernung ca. 200 km;
- insgesamt 3 Be-, Ent- bzw. Umladungsvorgänge auf dem Weg vom Seehafen der Steinkohlenanlieferung bis zum Kraftwerksstandort.

Insgesamt ergeben sich für diesen Bereitstellungspfad Kosten von 0,55 €/GJ (bezogen auf den unteren Heizwert sowie zu konstanten Preisen von 2008).

Zur Illustration des Einflusses der Transportkosten können die entsprechenden Werte für die folgenden Vergleichsdestinationen dienen:

- Anlieferung am Küstenstandort im Panmax-Frachter: 0,09 €/GJ;
- Anlieferung am Küstenstandort mit zusätzlichem Seetransport von einem der ARA-Häfen (Amsterdam/Rotterdam/Antwerpen): 0,10 €/GJ;
- Anlieferung zu einem Standort am Niederrhein: 0,46 €/GJ;
- Anlieferung zu einem Standort im Rhein/Main-Gebiet: 0,62 €/GJ;
- Anlieferung zum Standort Karlsruhe: 0,65 €/GJ;
- Anlieferung zu einem Standort im Saarland: 0,69 €/GJ sowie
- Anlieferung zu einem Standort in Bayern: 0,87 €/GJ.

3.3 Leichtes und schweres Heizöl

Für die Abschätzung der Einstandspreise von leichtem und schwerem Heizöl wurden wiederum Regressionsanalysen angestellt. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Eine (wichtige) Determinante für die Kraftwerkspreise von Heizöl bildet zweifelsohne der Importpreis von Rohöl.
- Der Einsatz von Heizöl für die Verstromung ist der Mineralölbesteuerung unterworfen, die einerseits im Zeitverlauf erheblichen Schwankungen unterworfen ist und die sich zweitens für verschiedene Einsatzfelder im Bereich der Verstromung (v.a. in Bezug auf den Einsatz in Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung) unterscheidet.

Für die nachfolgend beschriebenen Regressionsanalysen wurden die folgenden Datenreihen verwendet:

- Grenzübergangspreise für Rohöl nach Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft für den Zeitraum 1970 bis 2009;
- Preise für schweres Heizöl zum Einsatz in der Verstromung nach Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft für den Zeitraum 1970 bis 2009;
- Preise für leichtes Heizöl zum Einsatz in der Industrie nach Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft für den Zeitraum 1970 bis 2009;
- Steuersätze für leichtes und schweres Heizöl zum Einsatz in der Verstromung nach Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes (bei unterjähriger Änderung der Steuersätze wurden die Steuersätze für das jeweilige Jahr entsprechend gewichtet).

Aus den auf den Energiegehalt bezogenen Preisen für die Einstandspreise von leichtem bzw. schwerem Heizöl, den Steuersätzen für die jeweiligen Heizölsorten und den Grenzübergangspreisen für Rohöl wurde ein Spread für leichtes und schweres Heizöl ermittelt, der wiederum mit den Grenzübergangspreisen für Rohöl in Beziehung gesetzt wurde.

Die Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalyse für leichtes Heizöl. Die t-Tests für die Koeffizienten der linearen Regressionsgleichung ergeben sehr gute Resultate für die Konfidenz. Sowohl für das Absolut-, als auch das Steigungsglied der Regressionsgleichung ergibt sich ein Konfidenzintervall von 99%. Auch der F-Test führt zu belastbaren Ergebnissen. Die Steigung des steuerbereinigten Spreads für leichtes Heizöl im Vergleich zu den Importpreisen für Rohöl wird damit um knapp 86% abgedämpft, das Absolutglied der Regressionsgleichung liegt mit 0,895 vergleichsweise hoch. Das Bestimmtheitsmaß R^2 liegt mit 0,289 erwartungsgemäß auf niedrigem Niveau.

Für den Einstandspreis von leichtem Heizöl kann also auf Grundlage des steuerbereinigten Spreads zwischen Einstandspreis in der Industrie sowie dem Grenzübergangspreis für Rohöl eine belastbare Umrechnung vorgenommen werden.

Tabelle 8 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl frei deutsche Grenze und die Preise für leichtes Heizöl frei Kraftwerk auf Basis von Jahresdurchschnittswerten

Brennstoffpreise für leichtes Heizöl (frei Kraftwerk)	
Unabhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland)
Abhängige Variable	Differenz zwischen Preis für leichtes Heizöl (frei Kraftwerk, ohne Steuern) und Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland)
Regression	Linear
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,895 ** (4,00)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	0,143 ** (4,10)
Test F-Verteilung	16,82 (1, 38)
Bereinigtes R ²	0,289

Quelle: Öko-Institut.

In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Regressionsanalyse für den Spread zwischen steuerbereinigtem Einstandspreis am Kraftwerk und dem Grenzübergangspreis für Rohöl (auf Basis des jeweiligen Energiegehalts) im Überblick dargestellt. Die f-Tests für das Absolut- wie auch das Steigungsglied führen zu Konfidenzintervallen von schlechter als 95%. Für das Absolutglied erreicht das Konfidenzintervall nur einen Wert von besser als 90%, für das Steigungsglied der Regressionsgleichung wird selbst dieser Wert nicht erreicht.

Tabelle 9 Ergebnisse der Regressionsanalyse für die Importpreise von Rohöl frei deutsche Grenze und die Preise für schweres Heizöl frei Kraftwerk auf Basis von Jahresdurchschnittswerten

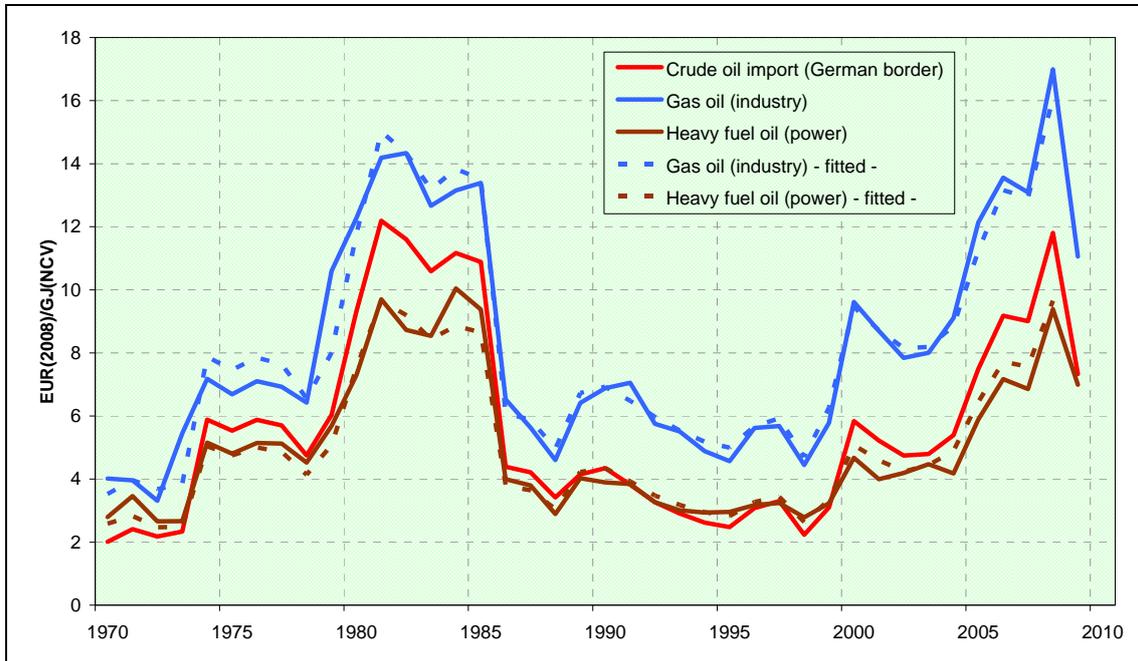
Brennstoffpreise für schweres Heizöl (frei Kraftwerk)	
Unabhängige Variable	Jahresdurchschnittlicher Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland)
Abhängige Variable	Differenz zwischen Preis für schweres Heizöl (frei Kraftwerk, ohne Steuern) und Grenzübergangspreis Rohöl (Deutschland)
Regression	Linear
Koeffizient Absolutglied (Test t-Verteilung)	0,246 (1,77)
Koeffizient Steigung (Test t-Verteilung)	-0,253 (-11,67)
Test F-Verteilung	136,29 (1, 38)
Bereinigtes R ²	0,776

Quelle: Öko-Institut.

Da andere Analysen nicht zu besseren Ergebnissen führten und gleichzeitig der untersuchte Spread für schweres Heizöl nur eine von insgesamt drei Bestimmungsgrößen (Grenzübergangspreis für Rohöl, Spread, Besteuerung des Heizöls für den Einsatz in der Verstromung) für den Einstandspreis frei Kraftwerk ist, wurde die ermittelte Regressionsgleichung trotzdem in Ansatz gebracht.

Die Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Schätzungen im Vergleich zur historischen Entwicklung der Heizölpreise. In der Zusammenstellung wird deutlich, dass mit dem gewählten Zerlegungsmodell und den errechneten linearen Regressionsgleichungen die historische Entwicklung vergleichsweise gut nachgebildet werden kann und eine entsprechende Projektion der Heizölpreise zu belastbaren Ergebnissen führen dürfte.

Abbildung 8 Historischer Verlauf und regressionsanalytische Schätzung der Einstandspreise für leichtes und schweres Heizöl in der Verstromung zu konstanten Preisen (2008), jährliche Werte von 1970 bis 2010



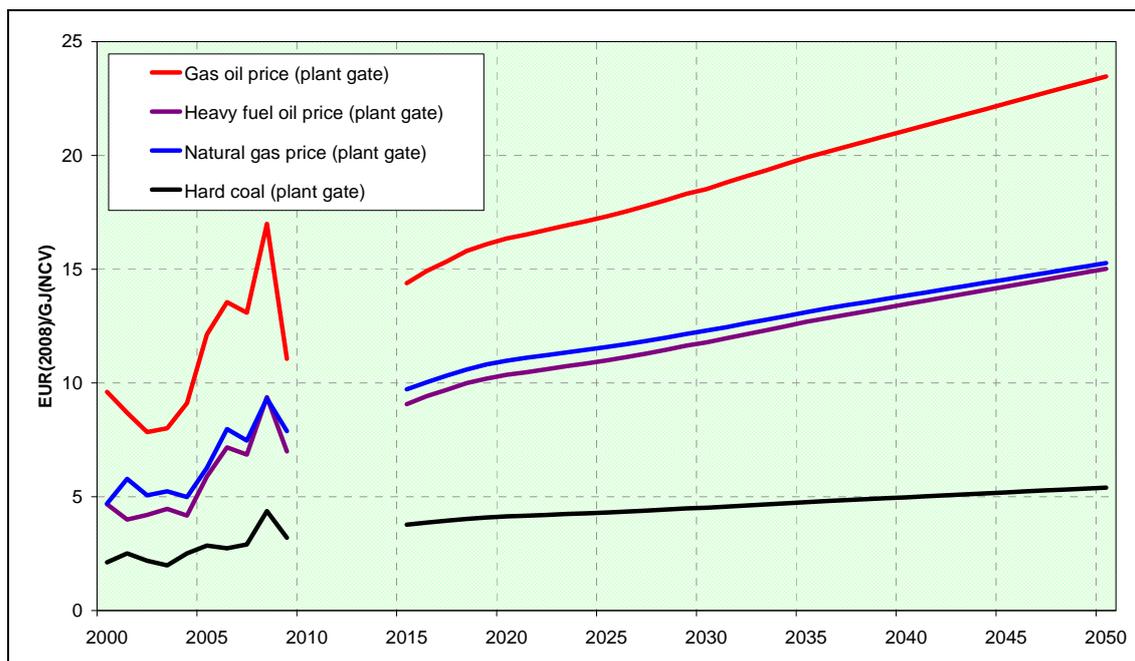
Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft, Statistisches Bundesamt, Berechnungen des Öko-Instituts.

3.4 Brennstoffpreise frei Kraftwerk

Die Abbildung 9 fasst die Ergebnisse der Preisprojektionen für diejenigen Kraftwerksbrennstoffe zusammen, deren Preisbildung von internationalen Rohstoffmärkten abhängig ist. Für alle gezeigten Energieträger ist eine im Zeitverlauf steigende Dynamik festzustellen:

- Sehr nahe beieinander liegt die Preisentwicklung für Erdgas und für schweres Heizöl. Hier fällt der Preisanstieg für den Zeitraum 2008 bis 2050 insgesamt am stärksten aus (60% für schweres Heizöl bzw. 64% für Erdgas).
- Die höchsten Preisniveaus ergeben sich für leichtes Heizöl. Die Preise erhöhen sich von 2008 bis 2050 um insgesamt 38%, die Preisdynamik liegt damit (v.a. steuerbedingt) unter der für Erdgas und schweres Heizöl.
- Am geringsten ausgeprägt, aber beim gewählten Basisszenario für die Rohölpreisentwicklung immer noch sehr deutlich fällt der Anstieg der Steinkohlenpreise frei Kraftwerk aus. Hier wachsen die Preise im Gesamtzeitraum 2008 bis 2050 um insgesamt 24%.

Abbildung 9 Entwicklung der Preise für leichtes und schweres Heizöl, Erdgas und Steinkohle frei Kraftwerk zu konstanten Preisen (2008), 2000 bis 2050



Quelle: Öko-Institut.

In der Tabelle 10 sind schließlich die Basisdaten sowie die Projektionswerte für die von den internationalen Brennstoffmärkten abhängigen Einsatzbrennstoffe für die Stromerzeugung auch numerisch dargestellt. Die Zusammenstellung zeigt, dass die im Jahr 2008 aufgetretenen bisherigen Höchstpreise für die Kraftwerksbrennstoffe bereits in naher Zukunft wieder erreicht bzw. übertroffen werden. Für Erdgas liegt der Brennstoffpreis frei Kraftwerk (zu konstanten Preisen von 2008) bereits im Jahr 2015 wieder

über dem Wert von 2008, für Steinkohle wird der Wert von 2008 in der Dekade von 2020 bis 2030 überschritten. Für schweres Heizöl übersteigen die Werte bereits 2020 wieder das Niveau von 2008 und für leichtes Heizöl liegen die Werte im 2030 wieder deutlich über den Höchstwerten von 2008.

Tabelle 10 Entwicklung der Preise für leichtes und schweres Heizöl, Erdgas und Steinkohle frei Kraftwerk zu konstanten Preisen (2008), 2005 bis 2050

		Historische Werte		Projektion				
		2005	2008	2015	2020	2030	2040	2050
Steinkohle	€/GJ	2,9	4,4	3,8	4,1	4,5	5,0	5,4
Erdgas	€/GJ	6,3	9,3	9,7	11,0	12,3	13,8	15,3
Heizöl leicht	€/GJ	12,1	17,0	14,4	16,4	18,5	21,1	23,5
Heizöl schwer	€/GJ	5,9	9,4	9,1	10,4	11,8	13,5	15,0
Steinkohle	€/MWh	10,3	15,7	13,6	14,9	16,3	17,9	19,4
Erdgas	€/MWh	22,6	33,5	35,0	39,5	44,3	49,8	55,0
Heizöl leicht	€/MWh	43,7	61,2	51,8	58,9	66,7	75,9	84,5
Heizöl schwer	€/MWh	21,2	33,8	32,7	37,3	42,4	48,5	54,0

Anmerkung: Alle Preisangaben als reale Preise (Basis 2008), alle Angaben bezogen auf den unteren Heizwert (NCV)

Quelle: *Statistik der Kohlenwirtschaft, Öko-Institut.*

Insgesamt verdeutlicht die Übersicht, dass nach den hier entwickelten Fortschreibungsmethoden und Modellrechnungen auch für die Einsatzbrennstoffe in Kraftwerken spätestens im Jahr 2030 die bisherigen Höchstpreisniveaus von 2008 mehr oder weniger deutlich überschritten werden und sich im Verlauf der folgenden Jahre weiter erhöhen dürften.

4 Literatur

4.1 Studien

Energy Information Administration (EIA) (2007): Annual Energy Outlook 2007 With Projections to 2030. DOE/EIA-0383(2007), Washington DC, February 2007.

Energy Information Administration (EIA) (2008): Annual Energy Outlook 2008 With Projections to 2030. DOE/EIA-0383(2008), Washington DC, June 2008.

Energy Information Administration (EIA) (2009a): An Updated Annual Energy Outlook 2009 Reference Case Reflecting Provisions of the American Recovery and Reinvestment Act and Recent Changes in the Economic Outlook. SR/OIAF/2009-03, Washington DC, April 2009.

Energy Information Administration (EIA) (2009b): International Energy Outlook 2009. DOE/EIA-0484(2009), Washington DC, May 2009.

Energy Information Administration (EIA) (2009c): Annual Energy Outlook 2010 Early Release Overview. DOE/EIA-0383(2010), Washington DC, December 2009.

International Energy Agency (IEA) (2007): World Energy Outlook 2007. Paris.

International Energy Agency (IEA) (2008): World Energy Outlook 2008. Paris.

International Energy Agency (IEA) (2009): World Energy Outlook 2009. Paris.

Prognos (2006): Variantenvergleich Küste versus Binnenland. Ein volkswirtschaftlicher Vergleich der Kosten, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit von Kraftwerksstandorten. Berlin, 29. November 2006.

4.2 Andere Datenquellen

Organization for Economic Co-ordination and Development (OECD): Purchasing Power Parities (PPPs) for OECD Countries. Paris (http://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=SNA_TABLE4)

Statistik der Kohlenwirtschaft: Entwicklung ausgewählter Energiepreise. Herne/Köln (http://www.kohlenstatistik.de/cms/verwaltung/files.php?path=../download/1268133481_91.0.106.49.xls&name=ENPR.XLS&mime=application/octet-stream)

Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktsberechnung, Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5, Wiesbaden.

US Bureau of Economic Analysis (BEA): Current-Dollar and "Real" Gross Domestic Product. Washington DC (<http://www.bea.gov/national/xls/gdplev.xls>).

Anhang: Detaillierte Ergebnisse der Regressionsanalysen

Test **Regression - Linear**
 German border prices: Oil (-0.5Y) vs Gas (annual data 1970-2009)
 Gas v [Oil-0.5Y]

Performed by Felix Chr. Matthes

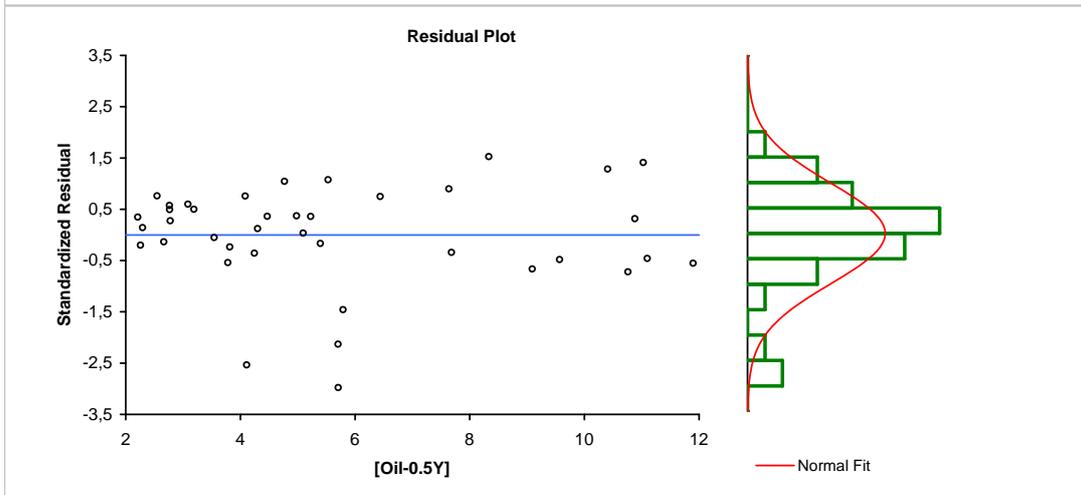
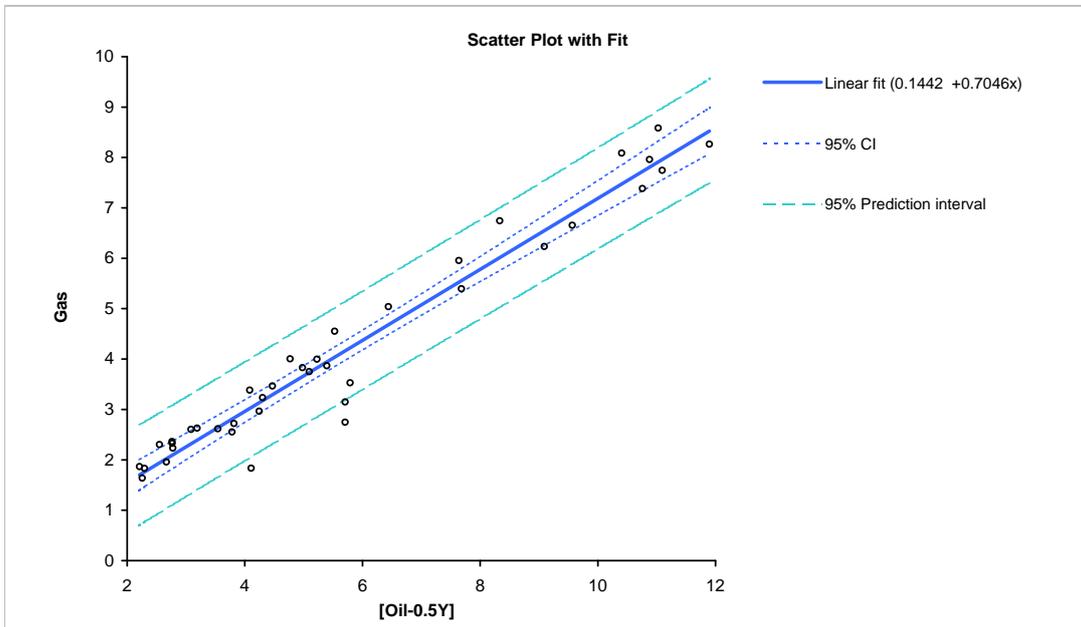
Date 28 März 2010

n | 39 (cases excluded: 1 due to missing values)

R² | 0,95
 Adjusted R² | 0,95
 SE | 0,476

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,1442	-0,1949 to 0,4833	0,16736	0,86	37	0,3945
Slope	0,7046	0,6515 to 0,7577	0,02618	26,91	37	<0.0001

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	164,042	1	164,042	724,10	<0.0001
Residual	8,382	37	0,227		
Total	172,424	38			



Test **Regression - Linear**
 German border prices: Oil (-0.25Y) vs Coal (annual data 1970-2009)

Performed by Felix Chr. Matthes

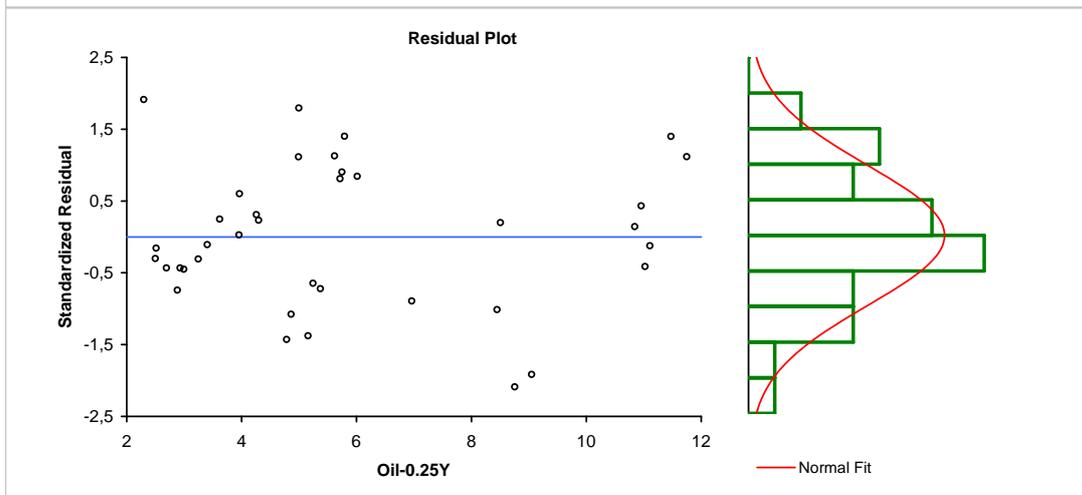
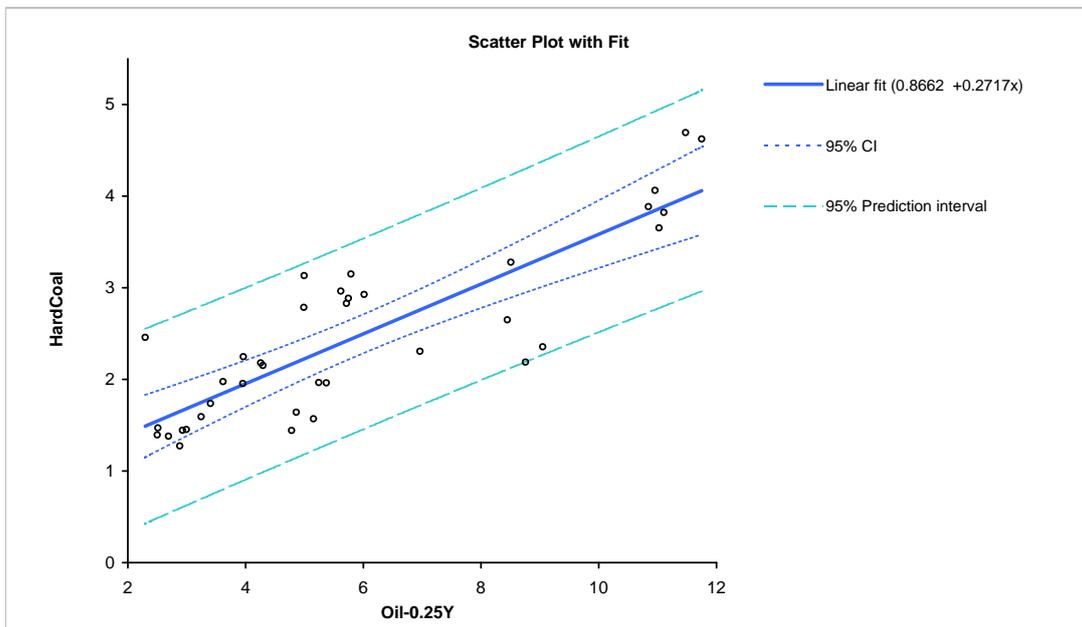
Date 28 März 2010

n | 37 (cases excluded: 3 due to missing values)

R² | 0,72
 Adjusted R² | 0,71
 SE | 0,506

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,8662	0,4823 to 1,2500	0,18906	4,58	35	<0.0001
Slope	0,2717	0,2134 to 0,3301	0,02872	9,46	35	<0.0001

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	22,927	1	22,927	89,51	<0.0001
Residual	8,965	35	0,256		
Total	31,892	36			



Test **Regression - Linear**
 German border prices: Oil (-0.5Y) vs Gas (quarterly data 1991-2009)
 Gas v Oil-0.5Y

Performed by Felix Chr. Matthes

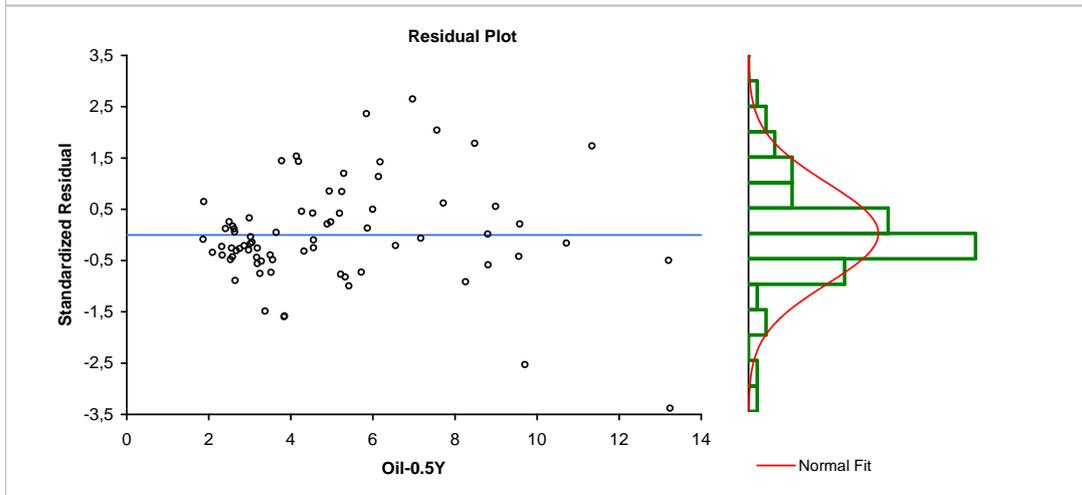
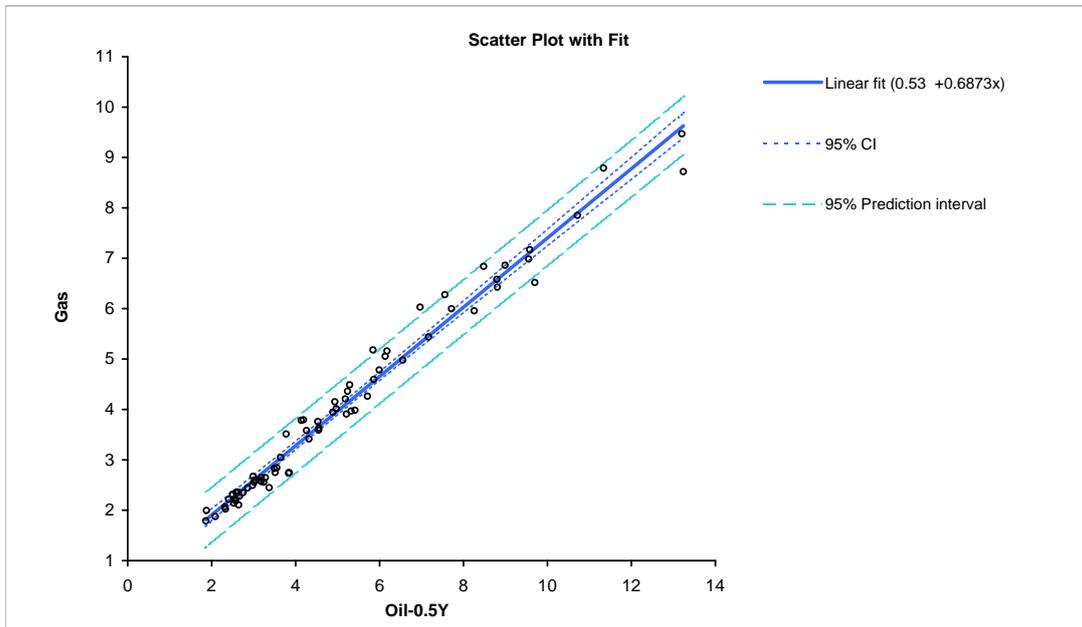
Date 28 März 2010

n | 74 (cases excluded: 2 due to missing values)

R² | 0,98
 Adjusted R² | 0,98
 SE | 0,269

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,53	0,40 to 0,66	0,066	8,00	72	<0.0001
Slope	0,6873	0,6641 to 0,7105	0,01164	59,06	72	<0.0001

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	252,919	1	252,919	3487,70	<0.0001
Residual	5,221	72	0,073		
Total	258,140	73			



Test **Regression - Linear**
 German border prices: Oil (-0.25Y) vs HardCoal (quarterly data 1991-2009)
 HardCoal v Oil-0.25Y

Performed by Felix Chr. Matthes

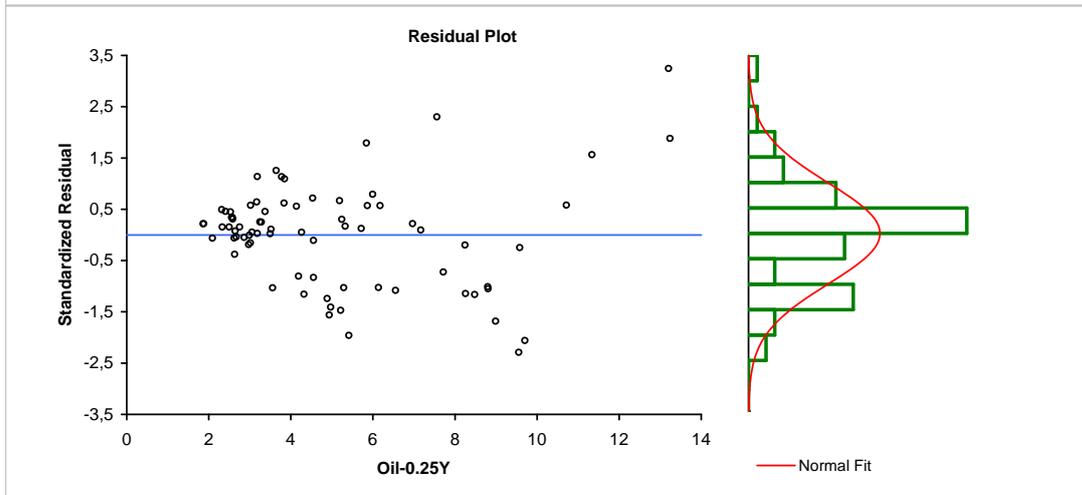
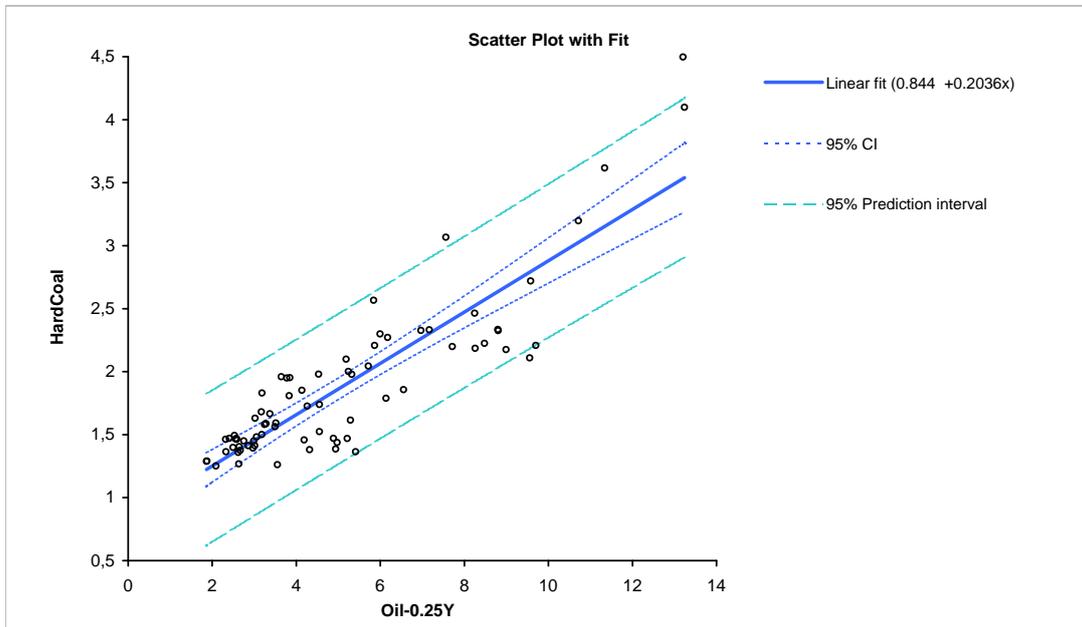
Date 28 März 2010

n | 75 (cases excluded: 1 due to missing values)

R² | 0,78
 Adjusted R² | 0,78
 SE | 0,297

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,844	0,699 to 0,989	0,0730	11,57	73	<0.0001
Slope	0,2036	0,1783 to 0,2290	0,01272	16,00	73	<0.0001

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	22,625	1	22,625	256,06	<0.0001
Residual	6,450	73	0,088		
Total	29,076	74			



Test **Regression - Linear**

Plant gate prices: Gas oil spread (annual data w/o tax) vs crude oil import prices (German border)
Gas oil spread (w/o taxes) v Oil

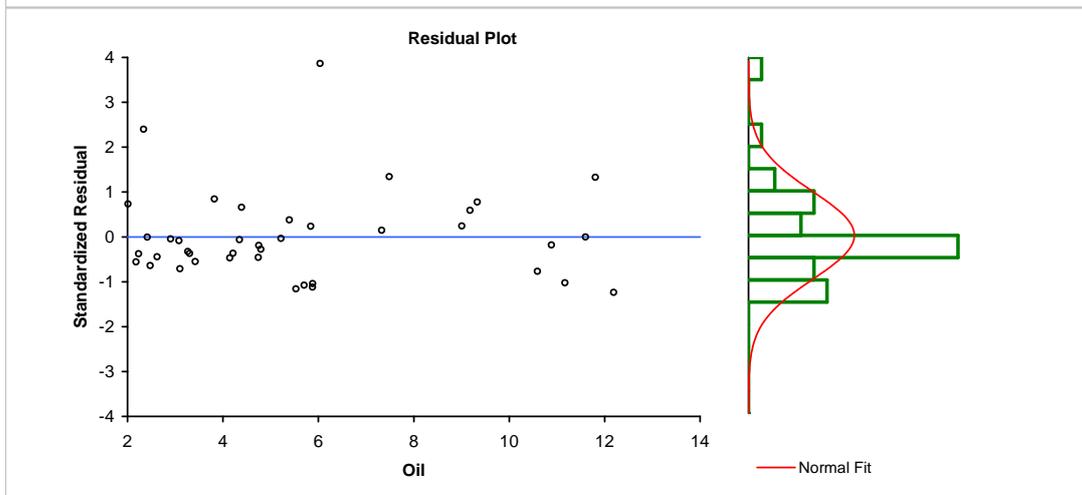
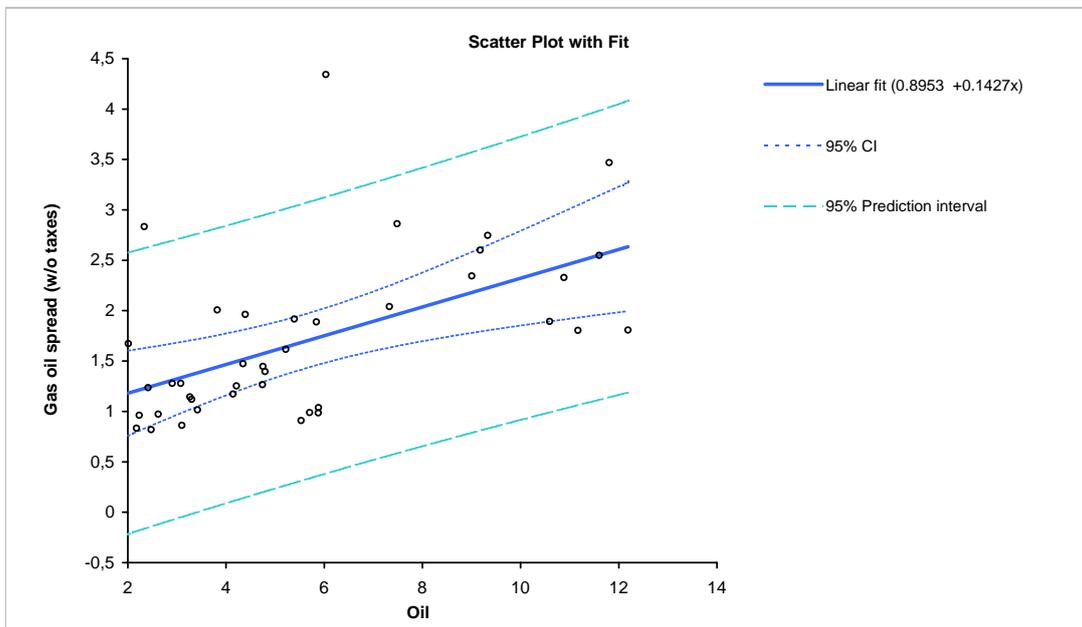
Performed by Felix Chr. Matthes

Date 28 März 2010

n	40
R ²	0,31
Adjusted R ²	0,29
SE	0,66932

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,8953	0,4424 to 1,3481	0,22368	4,00	38	0,0003
Slope	0,1427	0,0723 to 0,2131	0,03479	4,10	38	0,0002

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	7,53631	1	7,53631	16,82	0,0002
Residual	17,02341	38	0,44798		
Total	24,55972	39			



Test **Regression - Linear**

Plant gate prices: Heavy fuel oil spread (annual data w/o tax) vs crude oil import prices (German border)
Heavy fuel oil spread (w/o taxes) v Oil

Performed by Felix Chr. Matthes

Date 28 März 2010

n	40
R ²	0,78
Adjusted R ²	0,78
SE	0,41617

Term	Coefficient	95% CI	SE	t statistic	DF	p
Intercept	0,2462	-0,0353 to 0,5278	0,13908	1,77	38	0,0847
Slope	-0,2525	-0,2963 to -0,2087	0,02163	-11,67	38	<0.0001

Source of variation	Sum squares	DF	Mean square	F statistic	p
Model	23,60628	1	23,60628	136,29	<0.0001
Residual	6,58160	38	0,17320		
Total	30,18789	39			

