



PROJEKT GERNER IV

Ergebnisdokumentation:

Bestimmung der Effizienzwerte

Verteilernetzbetreiber Gas

– ENDFASSUNG –

Per J. Agrell

Peter Bogetoft

Astrid Cullmann

Christian von Hirschhausen

Anne Neumann

Matthias Walter

27.11.2008, Version 2

Hinweis

Diese Ergebnisdokumentation entstand unter der Leitung der Autoren Prof. Dr. Per Agrell und Prof. Dr. Peter Bogetoft (SUMICSID AB) sowie Prof. Dr. Christian von Hirschhausen (Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Public Sector Management, Technische Universität Dresden) im Rahmen des Projekts zum Effizienzvergleich der Verteilernetzbetreiber Strom und Gas, das von der Bundesnetzagentur in Auftrag gegeben wurde.

Diese Ergebnisdokumentation stellt die Resultate aus dem Effizienzvergleich dar, die auf Basis der Anreizregulierungsverordnung berechnet wurden. Durch die Erläuterung der Vorgehensweise und die Benennung der verwendeten Methoden ist es hiermit möglich, den Effizienzvergleich nachzuvollziehen und zu verstehen.

Die Empfehlungen der Ergebnisdokumentation drücken alleinig die Sichtweise der Autoren aus und sind nicht der Standpunkt der Bundesnetzagentur. Die Verantwortung für eventuelle Fehler liegt alleine bei den Autoren.

Titel: Ergebnisdokumentation: Bestimmung der Effizienzwerte Verteilernetzbetreiber Gas

Projektnummer: 733

Veröffentlichungsdatum: 27.11.2008

Technische Universität Dresden
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Public Sector Management
Prof. Dr. Christian von Hirschhausen
D-01062 Dresden

Sumicsid AB
Tunbyn 502
S-85590 SUNDSVALL, SWEDEN
www.sumicsid.com

Urheberrechte © 2008 SUMICSID AB.

Zusammenfassung

Die Bundesnetzagentur hat in Deutschland einen Reformprozess für die Regulierung der Strom- und Gasnetze begonnen. Die neue Anreizregulierung setzt auf individuelle Anreize zur Kostenminimierung. Hierbei stützt sie sich auf die in der Vergangenheit gezeigten Effizienzen der Netzbetreiber unter Berücksichtigung exogener Betriebsbedingungen. Die Effizienz der Netzbetreiber wird mit zwei verschiedenen Modellinstrumenten ermittelt: Dateneinhüllungsanalyse (Data Envelopment Analysis, DEA) und stochastische Effizienzgrenzenanalyse (Stochastic Frontier Analysis, SFA).

Die vorliegende Ergebnisdokumentation stellt die Resultate des Effizienzvergleichs Verteilernetzbetreiber Gas (VNB Gas) dar, welche auf Basis der Anreizregulierungsverordnung (ARegV) berechnet wurden. Die Erläuterung der Vorgehensweise und die Benennung der verwendeten Methoden ermöglichen es, den Effizienzvergleich nachzuvollziehen und zu verstehen. Die Dokumentation baut auf den im Detail dargestellten Methoden und Ansätzen des öffentlich zugänglichen Gerner Final Reports (Agrell und Bogetoft, 2007) sowie der öffentlich zugänglichen Untersuchung zu möglichen Kostentreibern für Strom- und Gasverteilernetzbetreibern (Consentec, 2006) und dem für die Bundesnetzagentur zugänglichen Weißbuch zum Effizienzvergleich der Verteilernetzbetreiber im Strom- und Gassektor auf.

Alle Analysen basieren auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen der Methoden der Effizienzanalyse. Der hier dokumentierte Effizienzvergleich fasst den Ablauf sowie die für die Umsetzung der Effizienzwerte relevanten Ergebnisse für die VNB Gas zusammen.

Der Bericht enthält die Beschreibung der einzelnen Berechnungsschritte zur Herleitung eines robusten und konsistenten Effizienzvergleichsmodells mit geeigneten Vergleichsparametern für die VNB Gas. Die Spezifikationen der nichtparametrischen (DEA) und parametrischen (SFA) Methoden werden beschrieben. Die

Modellspezifikation sowie die errechneten individuellen Effizienzwerte werden hinsichtlich ihrer Konsistenz anhand von „Second Stage“-Analysen überprüft und übersichtlich zusammengefasst.

Ausreißer werden durch die in Anlage 3 zu § 12 der ARegV dargestellten Ansätze identifiziert und behandelt. Das relevante nichtparametrische DEA Modell stellt folglich die Analyse unter Ausschluss der Ausreißer und unter der Annahme nicht-fallender Skalenerträge dar. Für die SFA wird ein linearer Funktionstyp in der normierten Variante unter Annahme konstanter Skalenerträge unterstellt.

Zur Bestimmung der individuellen Effizienzwerte wird ein „Best-of-Four“ Ansatz angewendet. Hierbei wird für jedes Unternehmen das Maximum der Effizienzwerte aus dem nichtparametrischen DEA-Modell mit Aufwandsparemtern, dem DEA-Modell mit Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten, dem parametrischen SFA-Modell mit Aufwandsparemtern, dem SFA-Modell mit Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten sowie einer unteren Effizienzgrenze von 0.60 ermittelt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1	Hintergrund.....	1
1.2	Ziele	2
1.3	Ergebnisse.....	3
1.4	Projektinteraktionen.....	4
2.	Rechtliche und ökonomische Grundlagen.....	5
3.	Allgemeine Beschreibung der Modellbildung.....	8
3.2	Modellstruktur	9
3.3	Besonderheiten bei der Modellumsetzung der VNB Gas.....	20
3.4	Modellspezifikation und Effizienzwerte.....	27
4.	Das bestmögliche Modell VNB Gas	34
4.1	Herleitung der im Modell berücksichtigten Vergleichsparameter	34
4.2	Datengrundlage	46
4.3	Verwendete Methoden.....	48
5.	Analyse der Effizienzwerte.....	51
5.2	Überblick Effizienzwerte.....	51
5.3	Analyse der DEA Effizienzwerte	53
5.4	Analyse der SFA Effizienzwerte.....	62
5.5	„Best-of-Four“ Ergebnisse	66
5.6	Konsistenzbetrachtungen der Modelle.....	71
5.7	„Second Stage“ Analyse	74
6.	Fazit/Ergebnisse	94
7.	Referenzen.....	96
Anhang A: Englische Bezeichnung und deutsche Übersetzung der Parameter Gas und deren kategorische Einordnung		98
Anhang B: Schätzergebnisse der Kostentreiberanalyse.....		107
Anhang C: Ergebnisse der Kruskal–Wallis Tests		119
Anhang D: Bezeichnung der Variablen für die „Second Stage“ Tobit Schätzung.....		124
Anhang E: Ergebnisse der Tobit Schätzungen.....		131



1. Einleitung

1.1 Hintergrund

- 1.01 Dieser Bericht über den Effizienzvergleich der Verteilernetzbetreiber im Gassektor wurde von der Bundesnetzagentur (BNetzA) innerhalb des Beratungsprojektes „Durchführung von Effizienzvergleichen der Verteilernetzbetreiber Strom und Gas sowie der Fernleitungsnetzbetreiber Gas“ (Gerner IV) in Auftrag gegeben. Er integriert Elemente aus dem für die BNetzA zugänglichen Weißbuch zum Effizienzvergleich der Verteilernetzbetreiber im Strom- und Gassektor (im Folgenden Weißbuch VNB 2008), dem öffentlich zugänglichen Abschlussbericht zur Entwicklung von Effizienzvergleichsmodellen (im Folgenden Gerner Final Report 2007) und der Untersuchung zu möglichen Kostentreibern für Strom- und Gasverteilernetzbetreibern (Consentec, 2006). Gesetzliche Grundlagen des Effizienzvergleichs sind die deutsche Anreizregulierungsverordnung (ARegV) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG).
- 1.02 Die Arbeit wird von Herrn Dr. Bodo Herrmann geleitet, betreuender Projektkoordinator seitens der BNetzA ist Dipl.-Vw. Stefan Albrecht. Die Sammlung und Aufarbeitung der Daten erfolgte mit Unterstützung durch mehrere Organisationseinheiten der Energieabteilung der Bundesnetzagentur. Projektleiter seitens SUMICSID ist Prof. Dr. Per Agrell, Senior Associate. Das Projektteam umfasst



außerdem Prof. Dr. Peter Bogetoft, Senior Associate und Dipl.-Wirt.-Ing. Mathias Lorenz von SUMICSID sowie Prof. Dr. Christian von Hirschhausen, Dipl.-Vw. Astrid Cullmann, Dr. Anne Neumann und Dipl.-Wirt.-Ing. Matthias Walter vom Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Public Sector Management (EE²) an der Technischen Universität Dresden.

- 1.03 Die Richtlinie zum Energiebinnenmarkt 2003/54/EU wurde mit dem neuen Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) in deutsches Recht umgesetzt und trat am 13.07.2005 in Kraft. Demnach ist es Ziel, i) die Kosten *eines effizienten und strukturell vergleichbaren Netzbetreibers* zu bestimmen und ii) Anreize durch Effizienzvorgaben zu setzen, die *angemessen, erreichbar und übertreffbar* sind (§ 21a Absatz 5 EnWG). Diese Vorgaben werden durch die am 06.11.2007 in Kraft getretene ARegV bestimmt. Gemäß § 12 Absatz 1 Satz 1 ARegV führt die Bundesnetzagentur vor Beginn der Regulierungsperiode einen bundesweiten Effizienzvergleich der Strom- und Gasverteilernetzbetreiber durch.

1.2 Ziele

- 1.04 Ziel des Beratungsprojektes ist die verordnungskonforme Bestimmung der Effizienzwerte, die für die Ermittlungen der Erlösobergrenzen (§ 4 ARegV) für die erste Regulierungsperiode vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2012 benötigt werden (§ 3 ARegV). Das aktuelle Projekt bezieht sich bundesweit auf alle Verteilernetzbetreiber Strom und Gas (im Folgenden VNB Strom und Gas), die nicht am vereinfachten Verfahren nach § 24 ARegV teilnehmen.



1.3 Ergebnisse

- 1.05 Dieses Projekt beinhaltet drei Arten von Ergebnissen: Berichte, Datensätze und Präsentationen. Die Berichte dienen zum einen der Beschreibung der Methodik (R1, R2), zum anderen dokumentieren und erklären sie die Analysen und Ergebnisse in einer Kurzfassung (R3) und einer Langfassung (R4). Die Datensätze (D1 und D2) beinhalten umfangreiche Effizienzschatzungen für alle VNB und FLNB, deren Daten durch die Datenfilterroutinen als verwendbar erklärt wurden. Die Abschlusspräsentation P1 dient der Zusammenfassung der Projektergebnisse, der Evaluierung der Erkenntnisse in den Sektoren, und der Diskussion der Auswirkungen der Erlösobergrenzenregulierung und der Unsicherheiten in den Schätzungen.

Tabelle 1-1: Projektleistungen

Leistung	Kurzbeschreibung	Meilenstein
R1	Effizienzvergleich von Verteilernetzen Strom und Gas: Weißbuch	M1
R2	Effizienzvergleich von Fernleitungsnetzbetreibern Gas: Weißbuch	M1
D1	Ergebnisse Verteilernetzen Strom und Gas	M5
D2	Ergebnisse Fernleitungsnetzbetreibern Gas	M5
R3	Endbericht (Kurzfassung)	M5
R4	Endbericht (Langfassung)	M6
P1	Abschlusspräsentation	M8



Tabelle 1-2: Projektmeilensteine

Leistung	Kurzbeschreibung	Meilenstein
R1, R2	Projektbeginn (Teil I)	M0
	Methodendefinition	M1
	Datenplausibilitätsprüfung (in Abstimmung mit BNetzA)	M2
	Beginn Effizienzwertberechnungen	M3
D1, D2	Interne Veröffentlichung Effizienzwerte	M4
R3	Interne Veröffentlichung Endbericht	M5
R4	Endbericht (Ende Teil I)	M6
	Beginn Unterstützung der BNetzA (Teil II)	M7
	Ende Unterstützung der BNetzA (Teil II)	M8

1.4 Projektinteraktionen

- 1.06 Die Projektinteraktionen mit der BNetzA waren elementar und wurden durch persönliche Treffen, ein abgestimmtes Vorgehen, eine Online-Zusammenarbeit mittels einer Projektplattform und die Nutzung von Telefon und Email vereinfacht. Es waren neben der Abschlusspräsentation verschiedene Projekttreffen in Bonn (siehe Tabelle 1-3) erforderlich.

Tabelle 1-3: Projekttreffen

Treffen	Thema	Datum	Meilenstein
1	Kick-Off (Projektplanung)	05/03/2008	M0
2	Diskussion Aufgaben B1-B2	04/04/2008	
3	TSO Workshop (R2)	03/04/2008	M1
4	DSO Workshop (R1)	05/2008	M3
5	Diskussion von D1, D2	06/2008	M4
6	Report pre-review	06/2008	M5

- 1.07 Das vorliegende Dokument entspricht dem Endbericht in seiner Langfassung (R4) für die VNB Gas.



2. Rechtliche und ökonomische Grundlagen

- 2.01 Netzentgelte werden ab dem 01. Januar 2009 im Wege der Anreizregulierung bestimmt (§ 1 Satz 2 ARegV). Die Obergrenzen der zulässigen Gesamterlöse eines Netzbetreibers aus den Netzentgelten (Erlösobergrenze) werden gemäß § 4 Absatz1 ARegV nach Maßgabe der §§ 5 bis 16, 25 ARegV bestimmt. Ein wesentliches Element zur Bestimmung der kalenderjährlichen Erlösobergrenzen in der ersten Regulierungsperiode ist neben der um den sektoralen Produktivitätsfortschritt (PF_t) bereinigten allgemeinen Geldwertentwicklung (VPI) nach §§ 8 und 9 ARegV und dem Erweiterungsfaktor (EF_t) nach § 10 ARegV die durch den Verteilungsfaktor (V_t) gleichmäßig abzubauen individuelle Ineffizienz des Netzbetreibers, deren Abbau innerhalb von zwei Regulierungsperioden abgeschlossen sein soll (§ 16 Absatz1 S.2 ARegV). Die Bestimmung des individuellen Effizienzwertes nach § 12 Absatz1 S.1 ARegV erfolgt für Netzbetreiber, die nicht am vereinfachten Verfahren nach § 24 ARegV teilnehmen, auf Grundlage des sich aus dem Effizienzvergleich nach §§ 12 bis 14 ARegV i.V.m. Anlage 3 zu § 12 ARegV ergebenden Wertes.
- 2.02 § 12 ARegV gibt in Verbindung mit Anlage 3 zu § 12 ARegV folgende Methoden vor, die für den Effizienzvergleich anzuwenden sind:
- (a) Dateneinhüllungsanalyse (Data Envelopment Analysis – DEA)
 - (b) Stochastische Effizienzgrenze Analyse (Stochastic Frontier Analysis – SFA)



- 2.03 Die DEA im Sinne der ARegV ist *„eine nichtparametrische Methode, in der die bestmöglichen Kombinationen von Aufwand und Leistung aus einem linearen Optimierungsproblem resultieren. Durch die DEA erfolgt die Bestimmung einer Effizienzgrenze aus den Daten aller in den Effizienzvergleich einzubeziehenden Unternehmen und die Ermittlung der relativen Positionen der einzelnen Unternehmen gegenüber dieser Effizienzgrenze“* (Anlage 3 zu § 12 ARegV).
- 2.04 Die SFA ist eine parametrische Methode, *„die einen funktionalen Zusammenhang zwischen Aufwand und Leistung in Form einer Kostenfunktion herstellt. Im Rahmen der SFA werden die Abweichungen zwischen den tatsächlichen und den regressionsanalytisch geschätzten Kosten in einen symmetrisch verteilten Störterm und eine positiv verteilte Restkomponente zerlegt. Die Restkomponente ist Ausdruck von Ineffizienz. Es wird somit von einer schiefen Verteilung der Restkomponente ausgegangen“* (Anlage 3 zu § 12 ARegV).
- 2.05 Verteilernetzbetreiber mit weniger als 15.000 (Gas) bzw. 30.000 (Strom) unmittelbar oder mittelbar angeschlossenen Kunden, die bis zum 15.12.2007 einen Antrag auf Teilnahme am vereinfachten Verfahren nach § 24 ARegV gestellt haben, nehmen nicht am Effizienzvergleich teil, sofern die Teilnahme am vereinfachten Verfahren durch die Regulierungsbehörde genehmigt wurde.
- 2.06 Nach § 12 Absatz 3 ARegV ist der jeweils höhere Effizienzwert aus den zugrunde liegenden Ergebnissen aus DEA und SFA zu verwenden, die sowohl mit Aufwandsparametern gemäß § 12 Absatz 4a (genehmigte Kosten) und Aufwandsparametern gemäß § 14 Absatz 1 Nr. 3



i.V.m. Absatz 2 ARegV (Kosten mit standardisierten Kapitalkosten) durchgeführt werden. Folglich sieht die ARegV einen vorsichtigen Ansatz zum Vorteil der Verteilernetzbetreiber vor.

- 2.07 Gemäß § 12 Absatz 4 Satz 1 ARegV beträgt die Mindesteffizienz, auf die ein Unternehmen angehoben wird, wenn der Effizienzvergleich einen niedrigeren Wert ergibt, 60 Prozent.
- 2.08 Verordnungskonformität wurde in allen Schritten zur Herleitung des Modells sowie bei der Umsetzung zur Ermittlung der Effizienzwerte sichergestellt. Die Herleitung des Modells wird im nachfolgenden schrittweise dargestellt. Bei der Auswahl des relevanten Effizienzvergleichsmodells wurde insbesondere darauf geachtet, dass die statistisch bedeutsamsten Vergleichsparameter den Vorgaben des § 13 ARegV entsprechen.



3. Allgemeine Beschreibung der Modellbildung

- 3.01 Um die einzelnen Berechnungsschritte zur Ermittlung der Effizienzwerte nachvollziehen zu können wird der Ablauf der Modellbildung zusammenfassend dargestellt. Die Berichterstattung basiert auf dem Gerner Final Report 2007, dem Weißbuch VNB 2008, der Untersuchung zu möglichen Kostentreibern für Strom- und Gasverteilernetzbetreibern (Consentec, 2006) sowie dem Effizienzvergleich Kapitel „Konzeption und Durchführung des Effizienzvergleichs“ für den Bericht der Bundesnetzagentur nach § 112a EnWG zur Einführung der Anreizregulierung nach § 21a EnWG (im Folgenden: Bericht der Bundesnetzagentur zur Einführung der Anreizregulierung).
- 3.02 Die Herleitung eines Effizienzvergleichsmodells erfolgt zum einen durch die Auswahl von Vergleichsparametern und zum anderen durch die Spezifikation der Methode. In dem vorliegenden Abschnitt wird zunächst die allgemeine Herleitung eines zuverlässigen und bestmöglichen Effizienzvergleichsmodells mit geeigneten Vergleichsparametern für die VNB Gas beschrieben (siehe Abschnitt 3.2 Modellstruktur). Die Besonderheiten der Umsetzung werden in Abschnitt 3.3 hervorgehoben. Anschließend werden allgemein die Modellspezifikation (Wahl der Methoden) und die Ermittlung der Effizienzwerte erläutert (siehe 3.4 Modellspezifikation und Effizienzwerte).



- 3.03 Kapitel 4 stellt zusammenfassend die durchgeführten empirischen Rechnungen für die VNB Gas dar.

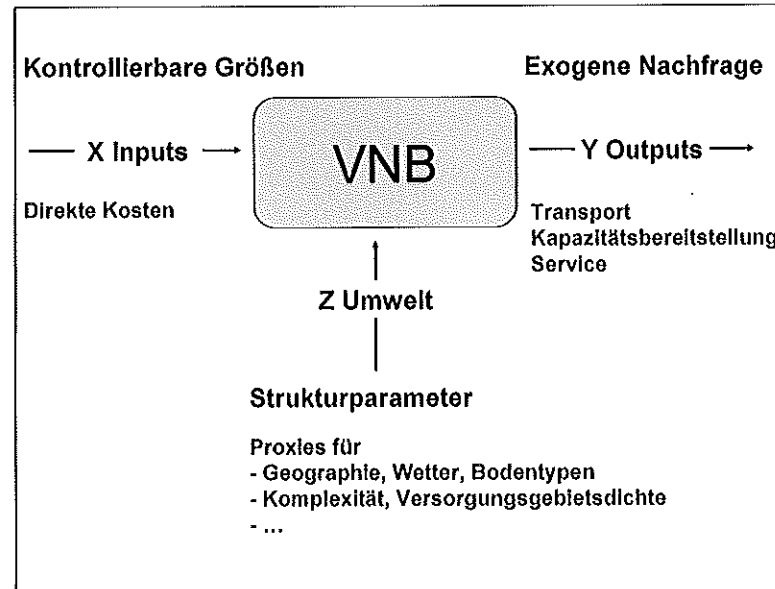
3.2 Modellstruktur

- 3.04 Vergleichsparameter sind gemäß § 13 Absatz 3 Satz 1 ARegV Parameter zur Bestimmung der Versorgungsaufgabe und der Gebietseigenschaften, insbesondere sind hierunter die geografischen, geologischen oder topografischen Merkmale und die strukturellen Besonderheiten der Versorgungsaufgabe aufgrund eines demografischen Wandels des versorgten Gebiets zu verstehen. Ein ausgewogenes Effizienzvergleichsmodell der VNB Gas ist dadurch gekennzeichnet, dass die Outputs die regulatorische Aufgabe der Darstellung des Produktionsprozesses unter Berücksichtigung struktureller Vergleichbarkeit widerspiegeln.
- 3.05 Die Klassifikation von Variablen und Parametern für die Modelle ist entsprechend den Ausführungen des Weißbuches VNB 2008 durchgeführt und in Abbildung 3-1 illustriert.
- 3.06 Unter Aufwand X bzw. kontrollierbaren Ressourcen sind hauptsächlich die Kosten $C(X)$ des Unternehmens oder der geschätzten Druckstufe oder Aktivität zu verstehen. In der Regel werden sämtliche Variablen, die sich auf die Betriebskosten und eingesetzten Anlagen beziehen (z.B. Netzlänge) zu den Aufwandsparametern gezählt.
- 3.07 Wie lassen sich nun generell die Vergleichsparameter von Energienetzbetreibern charakterisieren? In einem liberalisierten Markt kaufen die Endverbraucher Energie von einem Vertriebsunternehmen ihrer Wahl. Um die Energie zu den Endverbrauchern zu transportieren, nimmt das



Vertriebsunternehmen einen Gasnetzbetreiber in Anspruch. Dies zeigt die drei wesentlichen Aufgaben des Netzbetreibers auf: Transport der Energie, Bereitstellung von Kapazität und Kundenanbindung (Service). Der Transport von Energie verursacht dabei Netzverluste. Wenn der Kunde einmal angeschlossen ist, benötigt er außerdem einerseits spezielle Sachanlagen (z.B. Leitungsnetz, Zählpunkte), welche mit entsprechenden Kosten verbunden sind (Kategorie Kundenanbindung). Netzbetreiber müssen ihre Netze derart dimensionieren, dass die Nachfrage der Kunden zu Spitzenlastzeiten erfüllt werden kann (Bereitstellung von Kapazität). Die im Effizienzvergleich verwendeten Leistungsparameter Y sollten deshalb diese Dimensionen adäquat repräsentieren. Zusätzlich sind Strukturparameter (Z) zu berücksichtigen, die die Erbringung der Leistung (Output) erschweren oder erleichtern können. In dieser Klasse finden sich Indikatoren für Geologie, Geographie und Topologie. Die drei Leistungsdimensionen und die Strukturparameter beschreiben somit die Versorgungsaufgabe. Reichen die vorliegenden exogenen Faktoren nicht aus um die Versorgungsaufgabe hinreichend zu beschreiben, können alternativ oder ergänzend die eingesetzten Anlagen (z.B. Leitungslängen) als Vergleichsparameter verwendet werden.

Abbildung 3-1: Variablenklassifikation



- 3.08 Eine Liste potentieller Vergleichsparameter (englische Bezeichnung und deutsche Übersetzung) findet sich in Anhang A. Bei der Herleitung des Effizienzvergleichsmodells werden die bestmöglichen Vergleichsparameter im Sinne der ARegV bestimmt.
- 3.09 Bei der Auswahl der relevanten Vergleichsparameter sind die Vorgaben der Anreizregulierungsverordnung zu berücksichtigen. Nach § 13 Absatz 4 ARegV hat die Regulierungsbehörde in der ersten und zweiten Regulierungsperiode die Vergleichsparameter
1. Anzahl der Anschlusspunkte in Stromversorgungsnetzen und der Ausspeisepunkte in Gasversorgungsnetzen,
 2. Fläche des versorgten Gebietes,
 - 2a. Leitungslänge (Systemlänge) und
 3. zeitgleiche Jahreshöchstlast



zu verwenden.

- 3.10 Darüber hinaus können weitere Parameter nach Maßgabe des § 13 Absatz 3 ARegV verwendet werden. Entsprechend § 13 Absatz 3 Satz 4 Nr. 4 ARegV können dies insbesondere die Jahresarbeit oder nach § 13 Absatz 3 Satz 4 Nr. 6 ARegV die dezentralen Erzeugungsanlagen in Stromversorgungsnetzen, insbesondere die Anzahl und Leistung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Wind- und solarer Strahlungsenergie, sein. Die Vergleichsparameter sind in ihrer Funktion als Kostentreiber Teil des Rechenmodells, mit dem die Effizienzwerte bestimmt werden. Es gilt, eine Auswahl an Vergleichsparametern zu ermitteln, die im Zusammenspiel mit den Aufwandsparametern (Kosten) die Berechnung von Effizienzwerten ermöglicht.
- 3.11 Aus einer großen Anzahl theoretisch möglicher Vergleichsparameterkombinationen sind jedoch die meisten ohne praktische Relevanz. Die Ermittlung sinnvoller Vergleichsparameterkombinationen muss somit unter Berücksichtigung von bisher von der BNetzA durchgeführten Kostentreiberanalysen, von ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen und von den Schlussfolgerungen bisher untersuchter Effizienzvergleichsmodelle abgeleitet werden (vgl. Bericht der Bundesnetzagentur zur Einführung der Anreizregulierung). Folgende Anforderungen müssen bei der Auswahl der Vergleichsparameter erfüllt werden:
- 1) Es sind Parameterkombinationen zu vermeiden, die eine zu hohe Korrelation aufweisen, d.h. dass das Verhalten der einen Variablen mit dem Verhalten der anderen Variablen stark übereinstimmt (vgl. § 13 Absatz 3 Satz 3).



2) Ein Vergleichsparameter einer bestimmten Druckstufe darf nur dann verwendet werden, wenn er auch für alle restlichen Druckstufen verwendet wird.

3.12 Im Folgenden werden die vier Phasen der statistischen Modellspezifikation dargestellt, die im Wesentlichen auf der Methode der kleinsten Quadrate (Ordinary Least Squares, im Weiteren OLS) basieren:

- Die erste Phase (OLS 1) untersucht die Beziehung zwischen den Ressourcen, den endogenen Variablen X (Anlagen-Mengengerüst), und den Kosten $C(X)$. Diese Modelle sind von begrenztem Interesse für den Effizienzvergleich, sie helfen aber die Daten zu validieren. Auf die erste Phase wird im weiteren Verlauf nicht näher eingegangen.
- Die zweite Phase (OLS 2) zielt auf die Validierung der Erklärung der endogenen Variablen X durch die exogenen Variablen Y ab. Dieser Schritt soll im Wesentlichen sicherstellen, dass die endogenen Variablen – das Anlagen-Mengengerüst – durch die exogenen Variablen Y , die die Versorgungsaufgabe darstellen, hinreichend abgebildet werden können. Auf diese Weise können bereits Parameter für die weitere Modellspezifikation ausgeschlossen werden.
- In der dritten Phase (OLS/SFA) wird nunmehr ein direkter funktionaler Zusammenhang zwischen den Aufwandsparametern und den exogenen Variablen Y hergestellt. In diesem Zusammenhang wurden auch Modellspezifikationen auf Basis von Modellnetzanalysen (MNA) (Vgl. hierzu: Untersuchung zu möglichen Kostentreibern für Strom- und Gasverteilernetzbetreibern; Consentec, 2006) für bestimmte Variablen untersucht,



welche die Versorgungsaufgabe charakterisieren, und zusätzlich prüfbare Hypothesen für die Beziehung zwischen den Variablen untereinander liefern.

Dieses Vorgehen gibt zunächst darüber Aufschluss, welche Variablen eine hohe Erklärungskraft in einem möglichen Effizienzvergleichsmodell haben können.

Die so ermittelten Ergebnisse der OLS vermitteln einen sehr guten Eindruck über den durchschnittlichen Zusammenhang zwischen der abhängigen Variable (Aufwandsparameter) und den potenziell Kosten verursachenden Merkmalen. Die so identifizierten Merkmale und deren ermittelte Koeffizienten beschreiben aber nicht zwingend den gesuchten Benchmark; die Ergebnisse der OLS-Analysen sind lediglich Indikatoren für mögliche Parameter. Dennoch ist es wichtig, diese durchzuführen, da sie dazu dienen, mit vertretbarem Rechenaufwand eine Vorstellung über mögliche Vergleichsparameter und deren Zusammenwirken in einem Effizienzvergleichsmodell zu entwickeln.

- Die vierte Phase erweitert das Modell aus der dritten Phase um die Strukturparameter (Z Variablen), um insbesondere gebietsstrukturelle Unterschiede, die sich auf die Versorgungsaufgabe auswirken, zu untersuchen. In dieser Phase werden die zur Verfügung stehenden potenziellen Strukturvariablen dahingehend getestet, ob durch das Hinzufügen der entsprechenden Variablen der Erklärungsgehalt des Modells verbessert wird oder sich signifikante Unterschiede in den Effizienzwerten erklären lassen.

Validierung der Netzbetreiberdaten

- 3.13 Für die Ermittlung von Effizienzwerten ist die Datenvalidierung unabdingbar und Grundvoraussetzung zur Generierung korrekter Werte. Hierbei werden in dem durchgeführten Effizienzvergleich zwei Aspekte beachtet. Der erste Aspekt betrifft die Datenvalidierung auf Basis von OLS-Rechnungen (siehe Phase 1). Dabei werden mögliche Unplausibilitäten der übermittelten Daten identifiziert. Der zweite Aspekt in der vorliegenden Ergebnisdokumentation betrifft den Ausschluss der Unternehmen, welche einen sehr starken Einfluss auf die Effizienzwerte eines großen Teils der anderen Beobachtungen haben, die statistische *Ausreißeranalyse*.
- 3.14 Die statistische *Ausreißeranalyse* zielt darauf ab, extreme Beobachtungen aus dem Effizienzvergleichsmodell herauszunehmen (vgl. Anlage 3 zu § 12 ARegV). Abhängig von der gewählten Methode (OLS, DEA, SFA) haben Ausreißer unterschiedliche Einflüsse. In der SFA beispielsweise verzerren Ausreißer die Schätzung der Koeffizienten, erhöhen die Dimension des eigenen Fehlerterms und steigern u.U. die durchschnittliche Effizienz. Zur Ermittlung der Ausreißer in parametrischen Modellen werden folgende Kenngrößen verwendet: Cooksche Distanz, DFFits, DFBetas and Kovarianzverhältnisse. Jede dieser Funktion normalisiert die Residuen (gegeben durch die Abweichung von der Durchschnittsgeraden) dadurch, dass sie einmal die Schätzungen mit allen Beobachtungen ausführt und dann erneut die gleiche Schätzung durchführt, wobei eine Beobachtung aus dem Datensatz entfernt wird. Diese



Schätzungen werden dann für das Maß der Fehlervarianz verwendet.

3.15 Auf diese Weise wird die zugrunde liegende Datenbasis validiert. Netzbetreiber, bei denen eine Datenvalidierung nicht möglich ist, werden aus der Datenbasis und den folgenden Analysen ausgeschlossen. Die Daten könnten aus folgenden zwei Gründen nicht validiert werden:

1) Ein Netzbetreiber hat sehr ungewöhnliche strukturelle Rahmenbedingungen. Eine Berücksichtigung dieses einzelnen Netzbetreibers würde die Bestimmung des Effizienzvergleichsmodells zu stark beeinflussen. Dieser Netzbetreiber wird dann durch die BNetzA als Sonderfall klassifiziert und vom Effizienzvergleich ausgeschlossen. Die Daten des Netzbetreibers können dann zwar korrekt sein, werden aber zur Vereinfachung der Bewertung als nicht validiert bezeichnet.

2) Ein Netzbetreiber kann auffällige Daten nicht erläutern. Auch dieser Netzbetreiber wird durch die BNetzA aus der folgenden Modellbildung ausgeschlossen.

3.16 Nachdem die Ausreißer innerhalb der parametrischen Ansätze eliminiert wurden, kommt es, nach Bestimmung des Effizienzvergleichsmodells, zur Identifikation von Ausreißern innerhalb der nichtparametrischen Ansätze. Bei diesen ist die Datenqualität der Elemente auf der Effizienzgrenze von besonderer Bedeutung, da diese ansonsten möglicherweise einen falschen Effizienzmaßstab vorgeben.

3.17 Bei nichtparametrischen Methoden sind extreme Beobachtungen solche, die einen großen Teil des Datensatzes direkt dominieren (d.h. den effizienten Vergleichspunkt

darstellen). Die ARegV gibt die zu wählenden Maßnahmen zur Identifikation und Behandlung von Ausreißern vor (siehe Anlage 3 zu § 12 ARegV). Zur Ermittlung von Ausreißern sind statistische Tests durchzuführen.

Einfluss auf durchschnittliche Effizienz:

3.18 Ein Wert gilt dann als Ausreißer, wenn er für einen überwiegenden Teil des Datensatzes als Effizienzmaßstab gelten würde. Dabei ist die mittlere Effizienz aller Netzbetreiber einschließlich der potenziellen Ausreißer mit der mittleren Effizienz der Netzbetreiber zu vergleichen, die sich bei Ausschluss des potenziellen Ausreißers ergeben würde. Mit den statistischen Tests zur Ausreißerbestimmung soll demzufolge sichergestellt werden, dass einzelne Unternehmen i keinen unnatürlich großen Einfluss auf die Effizienzen E der anderen Unternehmen k haben. I bezeichnet dabei die Grundgesamtheit aller Unternehmen. $E(k;I)$ gibt die Effizienz von Verteilernetzbetreiber k wieder, wenn alle Verteilernetzbetreiber in den Effizienzvergleich mit einbezogen werden. $E(k;I \setminus i)$ ist die errechnete Effizienz von Verteilernetzbetreiber k wenn Verteilernetzbetreiber i nicht in den Effizienzvergleich miteinbezogen wird. Das Verhältnis der quadrierten Abweichungen

$$3.19 \quad \frac{\sum_{k \in I \setminus i} (E(k;I \setminus i) - 1)^2}{\sum_{k \in I} (E(k;I) - 1)^2}$$

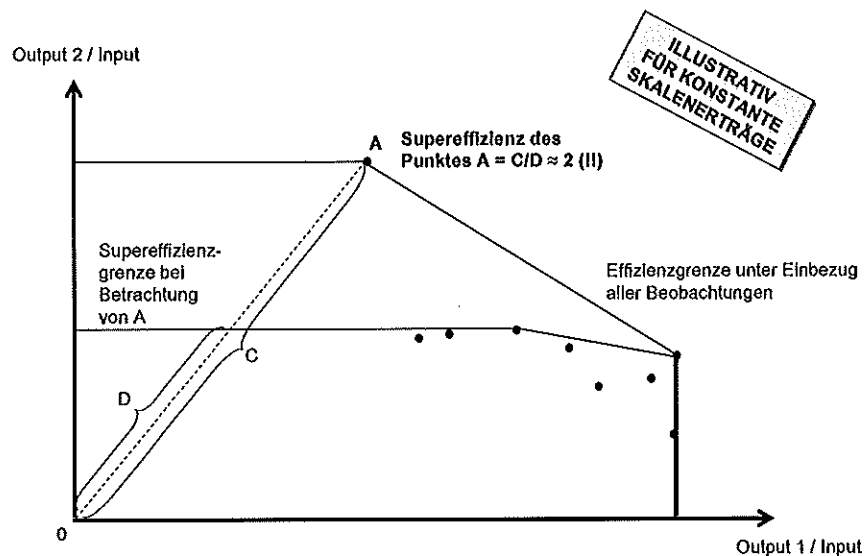
3.20 wird dann anhand der F-Verteilung evaluiert (vgl. Banker (1996)). Weicht bei der Eliminierung einer Beobachtung dieses Verhältnis signifikant von Eins ab, handelt es sich bei dieser Beobachtung um einen Ausreißer.

- 3.21 Die Anzahl der Freiheitsgrade der F-Verteilung entspricht dabei der Anzahl der Beobachtungen minus Eins. Ein Wahrscheinlichkeitswert von über 0.95 indiziert nach Absatz 5, Anlage 3 der ARegV einen Ausreißer. Die auf diese Weise festgestellten Ausreißer sind aus dem Datensatz zu entfernen.

Super-Effizienzkriterium:

- 3.22 Zusätzlich ist eine Analyse der Supereffizienzwerte durchzuführen. Bei der Analyse der Supereffizienz sind diejenigen Beobachtungen aus dem Datensatz zu entfernen, deren Supereffizienzwerte den oberen Quartilswert der Supereffizienzwerte um mehr als den 1.5fachen Quartilsabstand übersteigen. Der Quartilsabstand ist dabei definiert als Spannweite der zentralen 50Prozent der Supereffizienzwerte des Datensatzes. Da der Supereffizienzwert eines Unternehmens berechnet wird, indem dieses nur mit den anderen Unternehmen und nicht mit sich selbst verglichen wird, kann der ermittelte Supereffizienzwert größer als Eins sein (vgl. Abbildung 3-2). Die Supereffizienz einer Beobachtung kann sogar sehr hoch sein, während andere Beobachtungen trotzdem effizient sein können. Die Bedingung zur Eliminierung als Ausreißer lautet mathematisch wie folgt:
- 3.23
$$E(k; I \setminus i) > q(0,75) + 1,5 \times [q(0,75) - q(0,25)]$$
- 3.24 wobei $q(a)$ das a -Quartil der Supereffizienzwerte darstellt. So ist $q(0,75)$ und $q(0,25)$ der Supereffizienzwert, der von 75 Prozent bzw. 25 Prozent der beobachteten Elemente nicht überschritten wird.

Abbildung 3-2: Grafische Darstellung der Supereffizienzberechnung



Validierung der Effizienzvergleichsmodelle

- 3.25 Für jede Vergleichsparameterkombination werden die Korrelationen der Effizienzwerte zwischen den verschiedenen Effizienzmethoden berechnet, d.h. für die Korrelationen zwischen den verschiedenen DEA- und SFA-Effizienzwerten. Die vorliegende Modellierungserfahrung zeigt, dass eine Spezifizierung von Inputs und Outputs, die vergleichbare Ergebnisse in alternativen Schätzansätzen liefern, besonders plausibel und robust ist. Handelt es sich um ein schlecht spezifiziertes Modell, wird die SFA große statistische Fehlerterme für die Netzbetreiber ergeben und dadurch Abweichungen zur Effizienzgrenze eher durch dieses „Rauschen“ als durch Ineffizienz erklären. Die resultierenden Effizienzwerte sind dann sehr hoch. Im Gegensatz



unterscheidet die DEA nicht zwischen „Rauschen“ und Ineffizienz. Somit wird die DEA den untersuchten Unternehmen einen hohen Grad an Ineffizienz bescheinigen. Eine große Diskrepanz zwischen den ermittelten Effizienzwerten aus der SFA und der DEA kann somit auf eine schlechte Modellspezifikation hinweisen.

- 3.26 Die wesentlichen von uns analysierten Korrelationen sind vom Typ Pearson, Spearman und Kendall, um lineare Zusammenhänge sowie die Robustheit der Rangfolge zu messen.

3.3 Besonderheiten bei der Modellumsetzung der VNB Gas

- 3.27 Die Probleme und Schwierigkeiten der Umsetzung der vier Phasen bei der Herleitung des bestmöglichen Effizienzvergleichsmodells der VNB Gas sind im Folgenden dargestellt:

Vielfältige Kriterien der Modellspezifikation

- 3.28 Es existiert aus wissenschaftlicher Perspektive kein alleiniges Kriterium anhand dessen das beste Modell für die Regulierungspraxis abgeleitet werden kann. Die bestehende Literatur schlägt diverse (auch widersprüchliche) Einzelkriterien als Leitfaden zur Wahl eines geeigneten Modells vor. Dies trifft insbesondere für lineare Modelle mit normalverteilten Störtermen (z.B. Akaike Kriterium) zu. Eine solide wissenschaftliche Arbeit wird sich nicht auf ein alleiniges Kriterium beschränken. Sie wird vielmehr den Fokus auf eine saubere Anwendung statistischer Methoden basierend auf einer theoretisch fundierten



Modellspezifikation legen. Hierbei wird sie insbesondere die speziellen Eigenschaften des Datensatzes berücksichtigen.

- 3.29 Zusätzlich stellen rechtliche Vorgaben aus der ARegV spezifische Anforderungen an den Modellierungsprozess.
- 3.30 Die aufgeführten Punkte erfordern es, den spezifischen Modellierungsprozess als Mehrfachkriterienproblem zu betrachten und zu verstehen. Bei der vorliegenden Untersuchung zur Bestimmung alternativer Modellspezifikationen wurden insbesondere folgende Gruppen von Anforderungskriterien berücksichtigt.

1) Grundsätzliches

- 3.31 Das zugrunde liegende Modell muss sowohl theoretisch fundiert als auch praktisch umsetzbar sein. Die Ergebnisse sollten daher einfach ablesbar und interpretierbar sein. Somit ist gewährleistet, dass es zu keinen Scheinregressionen kommt. Dies bedeutet, dass die Wahl der Outputs auf „natürlichen“ erklärbaren Kostentreibern beruhen sollte. Zusätzlich müssen korrekte und plausible Annahmen bezüglich der zugrunde liegenden Skaleneffekte sowie des funktionalen Zusammenhanges durch das zugrunde liegende Modell erfüllt sein.

2) Statistisches

- 3.32 Die Wahl eines geeigneten Modells muss durch klassische statistische Methoden bestätigt werden. Grundsätzlich sollte deshalb ein Modell spezifiziert werden, welches nicht



unterspezifiziert ist und wesentliche Kostentreiber vernachlässigt. Ebenso darf das Modell nicht sämtliche möglichen erklärenden Variablen beinhalten, um die gesamte Variation zwischen den betrachteten Unternehmen zu erklären. Eine solche Überspezifizierung führt sehr wahrscheinlich zu Scheinbeziehungen und liefert folglich schlechte Parameterschätzungen.

- 3.33 Das zu bestimmende Modell muss folglich einen großen Teil der Variation der Daten erklären und statistisch signifikante Größen mit dem „richtigen“ Vorzeichen liefern.

3) Intuition und Erfahrung

- 3.34 Erfahrung und Intuition liefern weniger greifbare, jedoch überaus wichtige Absicherungen gegen falsche Modellspezifikationen und Fehlinterpretationen durch Über- bzw. Unterbeanspruchung der Daten. Die Ergebnisse sollten ähnlich und vergleichbar mit denen sein, die in anderen Ländern oder Industriezweigen errechnet wurden.
- 3.35 Die in anderen Ländern oder Industrien gemachte Modellierungserfahrung zeigt, dass eine Spezifizierung von Inputs und Outputs, die vergleichbare Ergebnisse in alternativen Schätzansätzen liefern (DEA und SFA) weniger zweifelhaft ist. Eine große Diskrepanz zwischen den ermittelten Effizienzwerten aus der SFA und DEA kann auf eine schlechte Modellspezifikation hinweisen. Eine angemessene Korrelation und vergleichbare Effizienzwerte aus DEA und SFA sollten Hinweise zur Modellspezifikation liefern und diese unterstützen.



4) Einfluss regulatorischer Vorgaben

- 3.36 Die Anwendung multipler Auswahlkriterien stellt einen Zielkonflikt dar. Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen den vorab genannten Kriterien und den spezifischen Anforderungen der ARegV exemplarisch dargestellt.
- 3.37 Die ARegV schreibt die Anwendung der „Best-of-Four“ Methode vor (§ 12 ARegV). Dies schützt die Unternehmen ganz klar gegen die mit Modellanalysen einhergehenden Risiken. Gleichzeitig schränkt sie die Modellspezifikation ein, denn sie berücksichtigt nicht, dass bestimmte Variablen in einigen Modellen potentielle Kostentreiber sind und in anderen nicht. Für diese Fälle haben wir die Variablen in der gesamten Analyse einbezogen. Dadurch erhöht sich jedoch das Risiko der Überspezifikation des Modells.
- 3.38 Die ARegV schreibt explizit spezifische Variablen für die Effizienzwertbestimmung vor (§ 13 ARegV). Diese sind allgemein hoch korreliert (z.B. Fläche, Netzlänge sowie Ausspeisepunkte) und verursachen folglich Kollinearität im parametrischen Modell. Im Ergebnis sind somit einige Parameter nicht signifikant, müssen aber dennoch berücksichtigt werden um ein verordnungskonformes Modell zu garantieren. Darüber hinaus können die Vorzeichen der geschätzten Parameter auf den ersten Blick nicht eingängig sein. So kann beispielsweise die Variable „versorgtes Gebiet“ ein negatives Vorzeichen haben. Die korrespondierende Fehlinterpretation lautet, dass ein größeres Versorgungsgebiet die Kosten sinken lässt. Vielmehr ist dies aber korrekterweise so zu interpretieren, dass unter der



Vorgabe der ARegV die Variablen der Netzlänge zu berücksichtigen sind, die „versorgte Fläche“ also als hoch korrelierte Variable den Gesamteinfluss aller Variablen (versorgte Fläche, Netzlänge sowie Ausspeisepunkte) nach unten korrigiert.

- 3.39 Die spezifischen Vorgaben der ARegV zur Ausreißerbestimmung in den nichtparametrischen DEA-Modellen (Anlage 3 Nr.3 zu § 12 ARegV) wirken in einem großen Maße auf die Modellfindung ein. Die anzuwendenden Vorgaben definieren grundsätzlich wesentlich mehr Unternehmen als Ausreißer als rein statistische Herangehensweisen wie z.B. in Banker und Chang (2006). Die Berücksichtigung der Vorgaben der ARegV schützt auch hier die Unternehmen vor extremen Beobachtungen, welche in Folge die Kosten zu niedrig ansetzen würden.

Iterativer Prozess der Modellspezifikation

- 3.40 Allein die Anwendung der aufgezählten multiplen Kriterien zeigt, dass es sich bei der Modellfindung nicht um einen linearen Prozess handelt. Vielmehr handelt es sich um eine Abfolge von Modellierungsschritten, auf die bei Bedarf iterativ zurückgesprungen wird:

- a) Modellspezifikation unter Einbezug von Durchschnittsmodellen
- b) Dimensionsreduktion, d.h. Ausschluss oder Aggregation hochkorrelierter Variablen
- c) Durchführung des eigentlichen Effizienzvergleichs



d) „Second Stage“ Analysen

- 3.41 Bei der praktischen Umsetzung ist es u.U. notwendig, einzelne Stufen mehrmals zu durchlaufen und zwar immer dann, wenn einzelne Beobachtungen die Schätzergebnisse der Effizienzvergleiche verzerren. Oftmals lässt sich dies auf Fehler in den Daten zurückführen. In der Folge bedeutet dies eine Wiederholung aller bereits erfolgten Modellierungsschritte mit neuen, korrigierten Daten.
- 3.42 Ein anderes Beispiel ist die Anwendung der Durchschnittsmodelle. Im Ergebnis konnten einige Variablen als potentielle Kostentreiber identifiziert werden und andere nicht. Im Effizienzvergleich kann es aber durchaus vorkommen, dass nicht alle der potentiellen Kostentreiber für die Schätzung der Effizienzgrenze relevant sind. Gleichzeitig können andere, bisher in den OLS-Schätzungen nicht signifikante Variablen einen Einfluss haben (auch solche werden im Effizienzvergleich noch einmal getestet). In diesem Fall wird zum Schritt der Durchschnittsmodelle zurückgekehrt und diese Schätzungen wiederholt. Dabei werden die ursprünglichen Variablen, welche in den Durchschnittsmodellen als Kostentreiber identifiziert worden sind und in den Effizienzvergleichsmodellen nicht signifikant waren, ausgelassen und die anderen einbezogen. Im Anschluss können dann die verbleibenden Variablen zur wiederholten Prüfung hinsichtlich eines systematischen Einflusses analysiert werden.
- 3.43 Abschließend sei exemplarisch darauf hingewiesen, dass Variablen im Durchschnittsmodell aber nicht im parametrischen Effizienzvergleichsmodell enthalten sind. In



diesem Fall versuchen wir für das Effizienzvergleichsmodell einige der Variablen zu aggregieren (Dimensionsreduktion).

Behandlung von Datenaktualisierungen

- 3.44 Die Ermittlung valider Effizienzwerte setzt eine valide Datenbasis voraus. Im Laufe des Projekts wurden durch die Netzbetreiber Anpassungen der Daten vorgenommen. Das hat zur Folge, dass grundsätzlich alle Analyseschritte erneut durchlaufen werden müssen, da die Auswirkungen der Datenänderungen sowohl in Bezug auf die Parameterauswahl als auch in Bezug auf die Effizienzwertermittlung nicht abzuschätzen sind. Dies bedeutet, dass Ausreißer neu bestimmt, potentielle Kostentreiber mit Hilfe der Durchschnittsmodelle identifiziert, alternative Effizienzvergleichsmodelle analysiert und die erzielten Ergebnisse anhand der „Second Stage“ Analyse überprüft werden müssen.
- 3.45 Um den Anforderungen der Modellselektion gerecht zu werden und trotzdem den Zeitrahmen einhalten zu können, wurden teilweise die Erkenntnisse aus vorherigen Analysen genutzt. Die endgültigen Modellspezifikationen entsprechen dabei stets allen oben dargelegten Kriterien.

Zwischenfazit

- 3.46 Dem Prozess der Modellfindung liegt kein geradliniger Ablauf zugrunde, in dem ein singuläres Kriterium entscheiden könnte oder das Abarbeiten einer Liste diverser Kriterien in

einem mechanischen Prozess eine richtige Spezifikation garantiert.

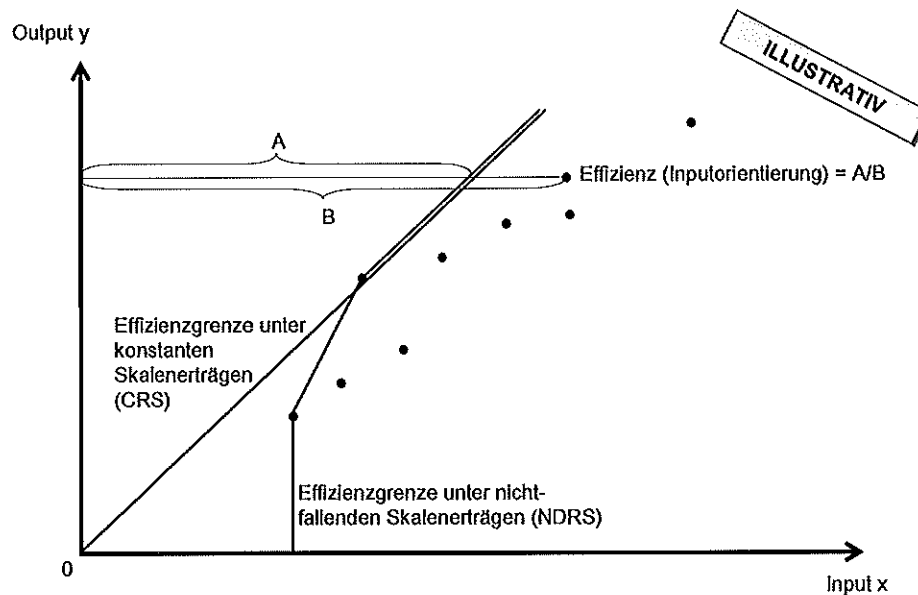
- 3.47 Eine wissenschaftlich fundierte Entwicklung einer Modellspezifikation kann und darf kein einfacher Prozess sein, da multiple Aspekte bei der Modellwahl berücksichtigt werden müssen. Unter Regulierungsvorgaben trifft dies in besonderem Maße zu und spiegelt sich in mehreren Kriterien und dargestellten Zielkonflikten wider.
- 3.48 Die konkrete Darstellung des iterativen Prozesses, d.h. eine Darstellung zu welchem Zeitpunkt im Prozess welche Variable signifikant war, sprengt den Rahmen dieses Berichts. Der Bericht konzentriert sich dabei auf die grundsätzliche Erläuterung des iterativen Prozesses und der Darstellung der endgültigen Variablen.

3.4 Modellspezifikation und Effizienzwerte

- 3.49 Den Erläuterungen zur Auswahl von Vergleichsparametern schließt sich nun die Darstellung der Methodenspezifikation an. Konform zur ARegV werden deterministische nichtparametrische DEA-Modelle und stochastische parametrische SFA-Modelle verwendet (für eine Erklärung der Begriffsbildung deterministisch/ stochastisch/ parametrisch vgl. Agrell und Bogetoft 2007). Gemäß Anlage 3 ARegV gilt für die DEA-Modelle die Annahme nicht fallender Skalenerträge („*non decreasing returns to scale*“, *NDRS*). Dabei werden, wie in Abbildung 3-3 ersichtlich, kleinere Unternehmen nur mit kleineren Unternehmen verglichen. Die DEA für die VNB Gas wurde unter Inputorientierung durchgeführt, d.h. bei konstantem Output wird untersucht,

wie viel der verwendeten Inputs bei effizientem Einsatz eingespart werden könnten.

Abbildung 3-3: Nicht-fallende Skalenerträge in der DEA



- 3.50 Der Ausgangspunkt der Schätzung einer Kostenfunktion mit einer SFA ist die folgende Formel:

$$C(x_i) = C^*(y_i) + u_i + v_i, i = 1, \dots, N$$

mit $C(x_i)$ als die tatsächlich beobachtbaren Kosten des Unternehmens i , mit $C^*(y_i)$ als die effizienten minimalen Kosten um den Output y_i zu produzieren, u_i als Ineffizienzterm und v_i als Rauschen. $C^*(y_i)$ ist dabei der deterministische Teil der geschätzten Funktion und u_i sowie v_i repräsentieren stochastische Komponenten.

- 3.51 Die SFA erfordert nun a priori Annahmen über die Verteilung des Ineffizienztermes u_i und über die Verteilung des Rauschens. Wir unterstellen hierbei eine flexible

Spezifikation, die davon ausgeht, dass der Ineffizienzterm u_i der Verteilung einer gestutzten Normalverteilung mit $N_+(\mu, \sigma_u^2)$ folgt, d.h. einer Normalverteilung die um den Mittelwert μ zentriert ist, die Varianz σ_u^2 besitzt und durch die Stutzung nur positive Werte annimmt. Der Vorteil dieser flexiblen Annahme gegenüber einer a priori Annahme einer halb-normalverteilten Ineffizienz mit Mittelwert 0 (oder einer exponentiell verteilten Ineffizienz) ist, dass der Mittelwert der der Ineffizienz zugrundeliegenden Normalverteilung nicht exogen angenommen wird, sondern sich automatisch aus den Daten und damit aus der tatsächlichen Verteilung der Ineffizienz ergibt. Da die Ineffizienz somit auf Basis einer Verteilung geschätzt wird, muss es nicht zwangsläufig ein 100% effizientes Unternehmen geben. Es ist also ein maximaler Effizienzwert von unter 100% möglich. Die Annahme einer gestutzten Normalverteilung bedeutet auch nicht, dass die effizientesten Unternehmen stärker von 100% abweichen als beispielsweise bei einer Halbnormalverteilung, da μ auch negative Werte annehmen kann.

- 3.52 Das Rauschen v_i wird wie üblich als unabhängig und identisch normalverteilt um den Mittelwert 0 angenommen, d.h. $N(0, \sigma_v^2)$ und sowohl positive als auch negative Werte können angenommen werden.
- 3.53 Da man somit zwei stochastische Komponenten im SFA-Modell besitzt, ist es nicht möglich die Ineffizienz direkt zu bestimmen. Hierzu verwendet man den Jondrow et al. (1982)-Schätzer:

$$\hat{E}(u|\varepsilon) = \frac{\sigma\lambda}{1+\lambda^2} \left[\frac{\phi(z)}{1-\Phi(z)} - z \right], \varepsilon = v + u, z = \varepsilon\lambda / \sigma$$

wobei $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ und im Zähler der eckigen Klammern die Dichte der Standardnormalverteilung und im Nenner die Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung verwendet wird. σ^2 gibt folglich die Varianz der gesamten stochastischen Komponente an, λ das Verhältnis der Standardabweichung der Ineffizienz zu der des Rauschens. Weiter kann man $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$ als Anteil der Variation der Ineffizienz an der Gesamtvariation definieren. Ein Wert von 0 würde ein Modell ohne Ineffizienz beschreiben und ein Wert von 1 würde hingegen ein Modell ohne Rauschen beschreiben. Die Effizienz eines Unternehmens ergibt sich dann als Verhältnis der optimalen Kosten geteilt durch die Summe aus optimalen Kosten sowie der ineffizienten Kosten (bedingt durch die gesamte stochastische Komponente und berechnet durch den Jondrow et. al-Schätzer):

$$\frac{C^*(y_i)}{C^*(y_i) + E(u_i | u_i + v_i)}$$

- 3.54 Zudem muss bei einem parametrischen Effizienzvergleich eine Annahme bezüglich der funktionalen Form (beispielsweise linear, Cobb-douglas, Translog, quadratisch etc.) getroffen werden. Die funktionale Form soll ausreichend flexibel sein, da der tatsächliche funktionale Zusammenhang unbekannt ist. Die einfachste Form und ein guter Ausgangspunkt ist die lineare Form, wie sie aus einfachen linearen Regressionen bekannt ist. Sie wird zur Ermittlung der individuellen Effizienzwerte in einer normierten Variante unterstellt.
- 3.55 Bei normierten Funktionstypen besteht das Modell aus absoluten Kosten und absoluten Vergleichsparametern (nicht

logarithmiert). Vor der ökonometrischen Regression werden sowohl die Kosten als auch alle verwendeten Vergleichsparameter durch einen „Größen“-Vergleichsparameter geteilt, der als Maß für die „Größe“ der Versorgungsaufgabe interpretiert werden kann, z.B. die Anzahl der Hausanschlüsse. Die normierten linearen Modelle sind durch gute ökonometrische Eigenschaften gekennzeichnet. Sie sind leichter zu interpretieren als loglineare Modelle und vermeiden mögliche Krümmungsprobleme der geschätzten Funktion. Zusätzlich können durch die Normalisierung Heteroskedastizitätsprobleme vermieden werden, ohne die Variablen in logarithmierter Form zu benötigen. Heteroskedastizitätsprobleme entstehen, wenn das Ausmaß der Abweichung von der Durchschnittsgeraden oder Effizienzgrenze von der Größe des Outputs des Verteilnetzes abhängt. Durch die Normierung wird es sowohl der Ineffizienz als auch dem Rauschen (gemessen in absoluter Abweichung der Kosten von den effizienten Kosten) erlaubt bei einem höheren Wert für den „Größen-Vergleichsparameter“ auch größere Werte anzunehmen. Dies ist insbesondere plausibel, wenn man bedenkt dass die Kosten durch ineffizientes Management in einer großen Firma in absoluten Beträgen viel höher sein werden als in einer kleinen Firma. Durch die Normierung dürfen diese Abweichungen in relativen Werten ähnliche Ausmaße für verschieden große Firmen annehmen.

- 3.56 Die normalisierten linearen Funktionen können sowohl die Annahme von konstanten als auch variablen Skalenerträgen abdecken. Unterstellt man konstante Skalenerträge, beinhaltet die ökonometrische Schätzgleichung keine Konstante.

*Robustheit der Modelle*

- 3.57 Die Invarianz der Modelle gegenüber stochastischen Veränderungen in den Inputdaten bestimmt die numerische Robustheit des Modells. In einem numerisch robusten Modell verändern sich bei kleinen Änderungen der Referenzdaten die Effizienzwerte nicht. Des Weiteren ist bei der Regulierung auch die Robustheit der Modellspezifikation gegenüber Veränderungen der Prozesse, Buchhaltungsstandards und Finanzierungspraxen wichtig. Dieser Aspekt der Robustheit impliziert natürlich die Aggregation der Inputseite, um gegenüber möglichen Veränderungen unabhängig zu bleiben. Die Outputseite sollte aber disaggregiert sein, um die Versorgungsaufgabe richtig zu erfassen, und um die Abhängigkeit von einer speziellen Spezifikation zu vermeiden. Ein robustes Modell für die Regulierung ist ein Modell, das konsistente und zuverlässige Schätzer der Effizienz mit Modellspezifikationen (z.B. Variablen, Methoden, Parameter) liefert. Die hier vorzuschlagenden Modelle sind robust in dem Sinne dass
- i) die Inputkosten aggregiert sind und den vollständigen relevanten Kosten entsprechen;
 - ii) der Modellumfang allen Druckstufen (Nieder, Mittel- und Hochdruck), die von den Verteilernetzbetreibern betrieben, werden entspricht;
 - iii) der Output der Modelle vollständig exogen und messbar im physischen Sinne ist;
 - iv) die kombinierte Nutzung von deterministischen und stochastischen Methoden bei der Bewertung der Effizienz gegen mögliche Fehler in den Daten und gegen mögliche Fehler in der Modellspezifikation gesichert ist.



- 3.58 Um vollständig sicherzustellen, dass das hergeleitete Effizienzvergleichsmodell robust und konsistent ist erfolgt eine Analyse der zweiten Stufe („Second Stage“). Bei dieser Analyse wird eine Regression der Effizienzwerte auf die umweltspezifischen Vergleichsparameter durchgeführt. Die Vergleichsparameter können dabei einzeln oder in Gruppen in die Regression eingehen.

Ermittlung der Effizienzwerte

- 3.59 Der individuelle Effizienzwert für einen Netzbetreiber wird aus den DEA- und den SFA-Effizienzwerten abgeleitet. Gemäß § 12 Absatz 3 ARegV wird das Maximum beider Werte gewählt. Zusätzlich wird gemäß § 12 Absatz 4a Satz 3 ARegV das Maximum bezüglich der unterstellten Kosten beider Modelle gewählt. Sowohl die DEA als auch die SFA Modelle werden mit Aufwandsparemtern und Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten gerechnet. Dadurch wird die Wahl des individuellen Effizienzwertes auch als „Best-of-Four“-Kriterium bezeichnet. Auf diese Art und Weise verfolgt die ARegV einen vorsichtigen Ansatz zum Vorteil der VNB im Falle von Unsicherheiten bei den Schätzungen. Verteilernetzbetreiber für die sich ein Effizienzwert von unter 60 Prozent ergibt, wird ein Effizienzwert von 60 Prozent zugewiesen (§ 12 Absatz 4 Satz 1 ARegV).
- 3.60 Für die Netzbetreiber, die nicht in der validierten Datenbasis sind, wird eine separate Effizienzbestimmung durchgeführt.

4. Das bestmögliche Modell VNB Gas

- 4.01 In den beiden nachfolgenden Kapiteln 4 und 5 werden Rechnungen für die VNB Gas zur Ermittlung eines robusten Modells sowie der individuellen Effizienzwerte vorgestellt. Hierzu gehören die Herleitung eines bestmöglichen Modells (siehe Abschnitt 4.1), die Darstellung der Datengrundlage (Abschnitt 4.2) und die Spezifikation der Methoden zur Ermittlung der Effizienzwerte (siehe Abschnitt 4.3). Die Modellentwicklung erfolgte dabei gemäß der in Kapitel 3 dargestellten Konzeption.
- 4.02 Die Ergebnisdokumentation enthält ausschließlich die zum Verständnis benötigten Modellspezifikationen und die methodischen Ansätze für das endgültige bestmögliche robuste Effizienzvergleichsmodell. Alle weiteren Rechnungen und Ergebnisse befinden sich auf der für die Bundesnetzagentur zugänglichen Sumicsid Projektplattform.

4.1 Herleitung der im Modell berücksichtigten Vergleichsparameter

- 4.03 Für die Herleitung eines bestmöglichen Modells benötigen wir sechs separate Schritte, die im Folgenden zusammenfassend beschrieben werden. Es wird eine logische Gruppierung der Vergleichsparameter abgeleitet und daraus eine Anzahl von plausiblen Modellen generiert. Die vorgeschriebenen Parameter für den Effizienzvergleich der ARegV wurden berücksichtigt (§ 13 Absatz 4 Satz 1 ARegV).



1. Allgemeines zur Modellspezifikation

- 4.04 Die Herleitung des Modells wird anhand der Durchschnittskostenmodelle durch eine Kostentreiberanalyse vorgenommen. Wir führen OLS Schätzungen durch, um den Einfluss von Variablengruppen auf die Aufwandsparameter zu testen (Kostentreiberanalyse). Die Schätzungen basieren auf den zwei unterschiedlichen Definitionen der Aufwandsparameter als abhängige Variable. Zunächst fassen wir die vorliegenden Variablen in Gruppen zusammen, um überschaubare Tests auf den Einfluss dieser Variablen durchführen zu können. In separaten OLS Schätzungen ermitteln wir dann schrittweise deren Einfluss (Signifikanz) anhand von t-Werten auf die Aufwandsparameter. Der t-Wert ist dabei definiert als der geschätzte Koeffizient eines Parameters geteilt durch die zugehörige Standardabweichung. Dadurch können wir Variablen ermitteln, die potentielle Kandidaten für Kostentreiber in den verschiedenen Gruppen von Variablen darstellen. Die einzelnen Schätzungen sind im Anhang B wiedergegeben. Signifikante Variablen und somit potentielle Kandidaten von Kostentreibern sind beispielsweise peakload, potential peakload, potential connections, population1995, population2006 und area supplied.

2. Bestmögliche Anzahl der Parameter des Modells

- 4.05 Das Akaike und das Bayessche Informationskriterium (im Folgenden AIC und BIC) werden verwendet, um die optimale Variablenanzahl für das bestmögliche Modell zu bestimmen. AIC und BIC zählen zu den traditionellen Informationskriterien zur Auswahl eines geeigneten Modells. Es fließt hierbei die Anpassungsgüte des geschätzten Modells

an die vorliegenden empirischen Daten und Komplexität des Modells, gemessen an der Anzahl der Parameter, in die Beurteilung ein. Die Anzahl der Parameter wird dabei "strafend" berücksichtigt, da sonst umfassende Modelle mit vielen Parametern bevorzugt würden. Das Maß für die Anpassungsgüte ist als die minimale Varianz der Residuen formuliert. Unter Verwendung der minimalen Varianz der Residuen ergibt sich im klassischen Regressionsmodell mit normalverteilten Fehlern für das AIC folgende Notation:

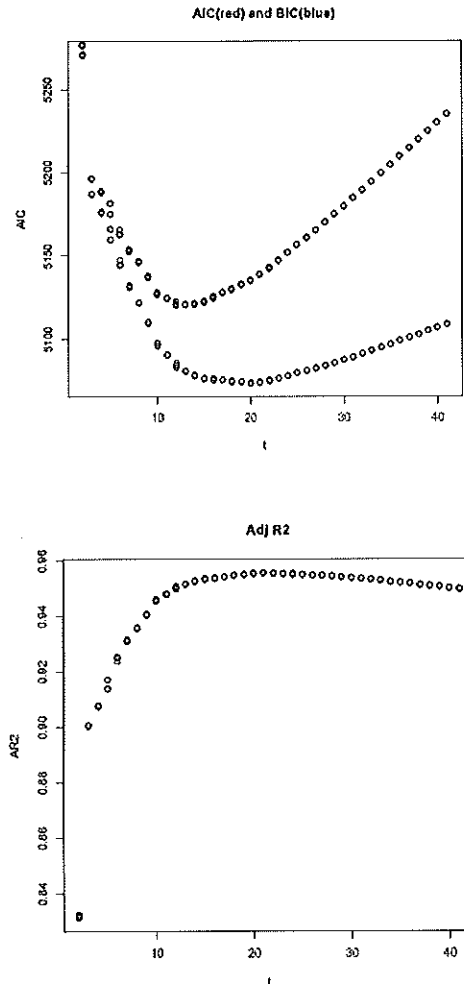
$$AIC = \ln(\hat{\sigma}_z^2) + \frac{M}{N} * 2$$

- 4.06 mit $\hat{\sigma}_z^2$ als die Varianz der Residuen, M als Anzahl der geschätzten Parameter und N als Anzahl der beobachteten Stichprobenwerte. Der Nachteil des Informationskriteriums von Akaike ist, dass der Strafterm von der Stichprobengröße unabhängig ist. Das Kriterium lässt bei großen Stichproben tendenziell Modelle mit verhältnismäßig vielen Parametern vorteilhaft erscheinen. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung des BIC. Bei diesem Kriterium wächst der Faktor des Strafterms logarithmisch mit der Anzahl der Beobachtungen N . Bereits ab acht Beobachtungen bestraft das BIC zusätzliche Parameter schärfer als das AIC.

$$BIC = \ln(\hat{\sigma}_z^2) + \frac{M}{N} * \ln N$$

- 4.07 Abbildung 4–1 illustriert den Informationsgewinn durch beide Kriterien (AIC und BIC). Das Optimum ist durch 11 bis 12 Parameter gegeben.

Abbildung 4-1: Informationskriterien zur Ermittlung der Variablenanzahl des Modells



- 4.08 Das angepasste Gütemaß R^2 (Adj R^2) gibt an, wie gut die Daten durch das gewählte Modell erklärt werden und zeigt bereits gute Resultate für ein kompaktes Modell (> drei Parameter); bei 15 Parametern stellt sich eine gewisse Sättigung ein (das angepasste Gütemaß R^2 bleibt auf konstant hohem Niveau). Ab 20 Parametern im Modell beginnt das angepasste Gütemaß R^2 zu sinken, so dass hier von einer Übersättigung ausgegangen werden kann. Die abgebildeten Kurven basieren auf den bestmöglichen Durchschnittskostenmodellen der relevanten Gruppen von



Variablen. Wir konnten demnach sicherstellen, dass eine Durchschnittskostenfunktion anhand von elf Variablen mit einem sehr hohen Maß an Präzision abgebildet werden kann.

3. Schätzung des Modells C(Y) und C(Y,Z)

- 4.09 Nachdem relevante Strukturparameter sowie eine geeignete Anzahl von Parametern im Modell anhand der Informationskriterien ermittelt wurden, stellt sich das bestmögliche Modell mit den in Tabelle 4-1 aufgeführten Vergleichsparametern dar.

Tabelle 4-1: Vergleichssparameter des bestmöglichen Modells

Vergleichsparameter	Vergleichsparameter (deutsche Übersetzung)
yArea.geographic	Geographische Fläche in km
yArea.supplied	Versorgte Fläche in km
yPeakload.out	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen in mn ³ /h
yPipelength.value.steered.lower5bar	Leitungslänge ≤ 5 bar (mengengesteuert)
yPipelength.value.steered.above5bar	Leitungslänge > 5 bar (mengengesteuert)
yPipelength.pressure.steered.lower5bar	Leitungslänge ≤ 5 bar (druckgesteuert)
yPipelength.pressure.steered.above5bar	Leitungslänge > 5 bar (druckgesteuert)
yPipelength.above5bar	Leitungslänge > 5 bar
yPop.2006	Bevölkerung im Jahre 2006
yMeters.nd	Anzahl Zählpunkte ND
yMeters.md	Anzahl Zählpunkte MD
yMeters.5.hd	Anzahl Zählpunkte HD > 5 und ≤ 16 bar
yMeters.16.hd	Anzahl Zählpunkte HD > 16 und ≤ 70 bar
yMeters.70.hd	Anzahl Zählpunkte HD > 70 bar
yVolume.nd	Rohrvolumen ND in m ³
yVolume.hd	Rohrvolumen HD in m ³
yPotential.connections	Potenitielle Ausspeisepunkte ND, MD, HD
yPotential.peakload	Potenitielle zeitgleiche Jahreshöchstlast
yConnection.out.1.hd	Anzahl Ausspeisepunkte > 5 und ≤ 16 bar
yConnection.out.16.hd	Anzahl Ausspeisepunkte > 16 und ≤ 70 bar
yConnection.out.70.hd	Anzahl Ausspeisepunkte > 70 bar
yConnection.out.hd	Anzahl Ausspeisepunkte HD

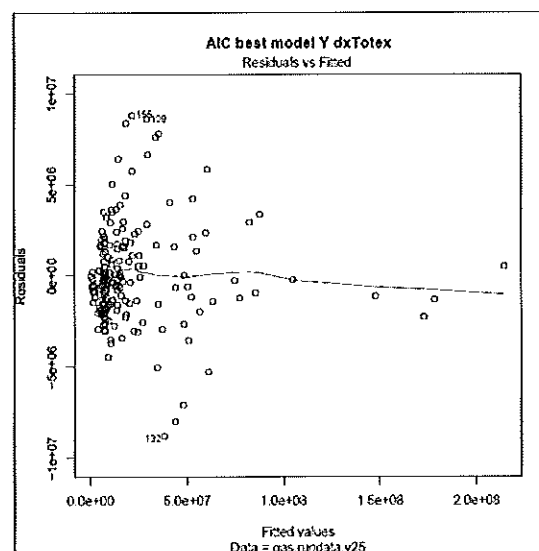
Im Folgenden wird eine detaillierte Analyse auf Basis dieses Modells durchgeführt, um das ergebnisrelevante Effizienzvergleichsmodell herzuleiten.

4. Herleitung des ergebnisrelevanten Modells

- 4.10 Abbildung 4-2 zeigt Schätzergebnisse der Regression der abhängigen Variablen (TOTEX) auf die geeigneten Vergleichsparameter. Es sind die geschätzten Fehlerterme zusammen mit der abhängigen Variablen abgetragen. Anhand der Cookschen Distanz werden hierbei Beobachtungen ermittelt, die einen starken Einfluss auf die geschätzten Koeffizienten aufweisen. Je größer der geschätzte Fehlerterm, desto größer ist die ermittelte Cooksche Distanz und demzufolge auch der Einfluss auf das Modell. Abbildung 4-2 zeigt ein sehr ausgeglichenes Modell. Dies ist durch die gleichmäßig verlaufende rote Linie zu erkennen, die die Sensibilität des Modells bezüglich der Beobachtungen zeigt. Drei potentielle Ausreißer werden in den Durchschnittskostenmodellen ermittelt und sind in der Abbildung durch die Nummern (102, 109, 155) gekennzeichnet. Bei diesen Beobachtungen muss von einem signifikanten Einfluss auf das Modell ausgegangen werden. Darüber hinaus weisen die vier Variablen `yConnection.out.1.hd`, `yConnection.out.16.hd`, `yConnection.out.70.hd` und `yConnection.out.hd` Multikollinearitätsprobleme mit den in Tabelle 4-1 aufgeführten Variablen auf. Sie sind folglich in einem Durchschnittskostenmodell nicht von weiterem Nutzen. Die entsprechenden Koeffizienten können nicht interpretiert werden, da sie alle hoch korreliert sind. Nach § 13 Absatz 4 ARegV hat die Regulierungsbehörde in der ersten und zweiten Regulierungsperiode die Ausspeisepunkte im

Effizienzvergleichsmodell zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3.2). Die Variablen wurden dementsprechend für das ergebnisrelevante Effizienzvergleichsmodell zu der Variable yConnection.out.tot aggregiert, um das Problem der Multikollinearität zu berücksichtigen (siehe Tabelle 4-3 und 4-4).

Abbildung 4-2: Eigenschaften des geschätzten Modells



- 4.11 Die Parameter yMeters.16.hd, yArea.geographic, und yConnection.out.16.hd weisen bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10 Prozent keine Signifikanz auf. Die Durchschnittskostenmodelle zeigen demnach, dass diese Variablen nicht zusätzlich in das Modell aufgenommen werden müssen.

5. Bestmögliche C(Y) OLS Modelle

- 4.12 Im Anschluss wird das bestmögliche C(Y) Model auf Robustheit und Konsistenz getestet. Nach und nach werden die einzelnen Variablen aus dem Modell ausgeschlossen und eine neue OLS-Schätzung durchgeführt. Das Bayessche



Informationskriterium wird genutzt, um das bestmögliche Modell mit dem höchsten Informationsgehalt zu ermitteln.

- 4.13 Die Ergebnisse in Tabelle 4–2 zeigen, dass das Modell mit den folgenden sechs Variablen den größten Informationsgehalt liefert. Es wird folglich gegenüber dem Modell aus Tabelle 4–1 bevorzugt.

Tabelle 4–2: Bestmögliche Modell mit dem größten Informationsgehalt

Variable	Estimate	Standard Error	t-value	Pr(> t)
Konstante	1063399.24	490415.59	2.17	0.03
yConnection.out.tot	474.34	30.96	15.32	0.00
yArea.supplied	7437.92	2260.43	3.29	0.00
yPotential.peakload	49.99	3.69	13.55	0.00
yPipelength.lower5bar.inclHAL	-5709.89	457.48	-12.48	0.00
yPipelength.abover5bar	-7005.62	1596.57	-4.39	0.00
yVolume.tot.cus	160.05	17.00	9.41	0.00

6. Test auf den Varianzeinfluss

- 4.14 Zusätzlich wird ein statistischer Test durchgeführt, der auch überprüft, ob einzelne Variablen miteinander korreliert sind. Sind mehrere Variablen hoch miteinander korreliert, spricht man von Multikollinearität. Liegt Multikollinearität vor, so wird die Ermittlung von individuellen Schätzwerten erschwert, auch wenn das geschätzte Modell als solches gute Schätzeigenschaften aufweist.
- 4.15 Multikollinearität hat zur Folge, dass die geschätzte Varianz der Regressionskoeffizienten im Vergleich zu Modellen ohne Multikollinearität deutlich größer ist. Ein Maß zur Aufdeckung



von Multikollinearität ist der Varianzaufblähungsfaktor (Varianz Inflation Factor, VIF). Dieser berechnet sich als

$$VIF = 1/(1-R^2).$$

- 4.16 Dabei stellt R^2 das Bestimmtheitsmaß dar. Für jede erklärende Variable des Effizienzvergleichsmodells wird eine Regressionsgleichung geschätzt, welche diese Variable durch alle anderen im Modell enthaltenen Variablen erklärt. Für jede dieser Regressionsgleichungen wird das Bestimmtheitsmaß R^2 und anschließend der Varianzaufblähungsfaktor nach obiger Formel berechnet.
- 4.17 Bei Vorliegen von Multikollinearität wird das Bestimmtheitsmaß relativ hoch sein (nahe 1) und der VIF wird dementsprechend schnell sehr hohe Werte annehmen. Der aus schätztheoretischer Sicht bestmögliche Fall ist erreicht, wenn alle erklärenden Variablen orthogonal zueinander stehen, d.h. keinerlei Korrelation zwischen ihnen existiert. Dann nimmt R^2 in diesen Regressionsgleichungen den Wert Null an und der Wert von VIF ist somit gleich Eins. In der Regel wird von Multikollinearität ausgegangen, wenn der VIF Werte größer als 10 annimmt. Die ermittelten Werte des VIF sind in Anhang B dargestellt. Es wird ersichtlich dass der Wert bei einer großen Anzahl von Variablen größer als 10 ist.
- 4.18 Dieses bedeutet für die weitere Vorgehensweise folgendes: Das Model aus Tabelle 4-1 beinhaltet mehr Variablen in den Durchschnittskostenmodellen als notwendig. Hierbei ist der Erklärungsgehalt (das angepasste R^2) künstlich hoch. Dies zeigt, dass nicht genügend Variation in den partiellen Residuen vorhanden ist, um die Koeffizienten gut zu schätzen. Dadurch fangen manche Variablen mehr von der



Variation auf als andere im Modell berücksichtigter Variablen. Dadurch sind kleinere Modelle, mit einer geringeren Anzahl von Variablen zu bevorzugen (siehe Tabelle 4-2).

- 4.19 Es sei explizit darauf hingewiesen, dass das ergebnisrelevante Effizienzvergleichsmodell (vgl. Tabelle 4-3 und 4-4) eine größere Anzahl von Variablen enthält als in Tabelle 4-2 angegeben. Dies ist zum einen bedingt durch die Anforderungen an logische Vergleichsparameterkombinationen (siehe Abschnitt 3.2). Ein Vergleichsparameter darf nur verwendet werden, wenn er für alle Druckstufen verwendet wird. Dadurch beinhaltet das ergebnisrelevante Effizienzvergleichsmodell die gesamte Netzlänge über den gesamten Druckbereich. Zum anderen soll der potentielle Erschließungsgrad durch die Variablen `yPotential.connections` und `yPotential.peakload` abgedeckt werden. Strukturelle Vergleichbarkeit im Hinblick auf das Bevölkerungswachstum wird durch die Variablen `yPop.1995` und `yPop.2006` sichergestellt.
- 4.20 Aus den aufgezeigten statistischen Tests sowie der Vorgabe obligatorischer Vergleichsparameter durch § 13 ARegV wurde das in Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 dargestellte Modell als robust und konsistent identifiziert. Auf diesem Modell beruht der durchgeführte Effizienzvergleich mit parametrischen und nichtparametrischen Methoden. Aufwandparameter sind hierbei die beiden relevanten Kostendefinitionen (Input): die Aufwandparameter (Tabelle 4-3) und die Aufwandparameter mit standardisierten Kapitalkosten (Tabelle 4-4). In den Tabellen ist zunächst die ursprüngliche Bezeichnung der Inputs und der exogenen Vergleichsparameter angegeben. In Spalte 2 erfolgt eine deutsche Übersetzung.



- 4.21 Die Aufgabenbereiche, welche durch die Variablen abgedeckt werden, sind in der ganz rechten Spalte wiedergegeben: „Versorgung der Kunden“ und „Bereitstellung von Kapazität“. „Transport von Energie“ ist in dem Modell nicht abgedeckt (siehe zum Vergleich Gerner Final Report 2007, Bundesnetzagentur 2007). Ein Hinzufügen von verschiedenen Variationen der Entnahme (Jahresarbeit) führte zu einer Verringerung der Robustheit. Die Gesamtabdeckung der drei Bereiche „Versorgung der Kunden“, „Bereitstellung von Kapazität“ und „Transport von Energie“ ist hier zwar nicht erfüllt, bleibt jedoch ohne Auswirkung. Im Gerner Final Report 2007 wurde gezeigt, dass die zusätzliche Berücksichtigung der Entnahme (Jahresarbeit) bei gleichzeitiger Berücksichtigung der zeitgleichen Jahreshöchstlast über alle Druckbereiche nur einen geringen Effekt hat. Die Effizienzvergleichsanalysen haben ergeben, dass dieser Effekt statistisch nicht signifikant ist und die Robustheit des Modells verringert.
- 4.22 Als Normierungsvariable für die SFA Modelle wird die gesamte Anzahl der Ausspeisepunkte verwendet. Es wurden in vorherigen Schätzungen andere im Modell enthaltende Outputparameter getestet. Es stellte sich heraus, dass die gesamte Anzahl der Ausspeisepunkte (yConnections.out.tot) die bestmögliche Normierungsvariable in Bezug auf Signifikanz und Vorzeichen der anderen Parameter ist.



Tabelle 4-3: Effizienzvergleichsmodell für VNB Gas (Aufwandsparameter)

Bezeichnung in den Modellen	Deutsche Übersetzung	Aufgabenbereich
Input		
xTotex	Aufwandsparameter	
Exogene Output- und Vergleichsparameter		
yConnection.out.tot	Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher	Versorgung der Kunden
yArea.supplied	Versorgte Fläche	Versorgung der Kunden
yPeakload.out	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen	Bereitstellung von Kapazität
yPotential.connections	Potentielle Anzahl aller Ausspeisepunkte	Versorgung der Kunden
yPotential.peakload	Potentielle Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen	Bereitstellung von Kapazität
yPipelength.lower5bar.inclHAL	Netzlänge (Druckstufe <= 5 bar)	Versorgung der Kunden
yPipelength.abover5bar	Netzlänge (Druckstufe > 5 bar)	Versorgung der Kunden
yVolume.tot.cus	Rohrvolumen	Bereitstellung von Kapazität
yPop.1995	Bevölkerung 1995	Bereitstellung von Kapazität
yPop.2006	Bevölkerung 2006	Bereitstellung von Kapazität
Normierungsvariable		
yConnection.out.tot	Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher	Versorgung der Kunden



Tabelle 4-4: Effizienzvergleichsmodell für VNB Gas (Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

Bezeichnung in den Modellen	Deutsche Übersetzung	Aufgabenbereich
Input		
xTotex.standard	Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten	
Exogene Output- und Vergleichsparameter		
yConnection.out.tot	Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher	Versorgung der Kunden
yArea.supplied	Versorgte Fläche	Versorgung der Kunden
yPeakload.out	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen	Bereitstellung von Kapazität
yPotential.connections	Potentielle Anzahl aller Ausspeisepunkte	Versorgung der Kunden
yPotential.peakload	Potentielle Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen	Bereitstellung von Kapazität
yPipelength.lower5bar.inclHAL	Netzlänge (Druckstufe ≤ 5 bar)	Versorgung der Kunden
yPipelength.abover5bar	Netzlänge (Druckstufe > 5 bar)	Versorgung der Kunden
yVolume.tot.cus	Rohrvolumen	Bereitstellung von Kapazität
yPop.1995	Bevölkerung 1995	Bereitstellung von Kapazität
yPop.2006	Bevölkerung 2006	Bereitstellung von Kapazität
Normierungsvariable		
yConnection.out.tot	Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher	Versorgung der Kunden

4.2 Datengrundlage

- 4.23 Basis für alle Rechnungen dieser Ergebnisdokumentation ist der Datensatz Nr. 27 (Data rev. 27) mit Angaben über 188 VNB Gas. Daten sind zu den drei verschiedenen Druckbereichen (Niederdruck ≤ 100 mbar; 100 mbar < Mitteldruck ≤ 1 bar; > 1 bar Hochdruck) angegeben. Die für den Effizienzvergleich relevanten Kosten (Aufwandsparameter) wurden nach §§ 13 Absatz 2, 14, 6 ARegV (23a EnWG) gebildet. Struktur- und

Outputdefinitionen sind in den Veröffentlichungen Anlage 1 „Gas-Parameter und Definition für Anreizregulierung“ (BNetzA 2008) angegeben.

- 4.24 Die Berechnungen unterstellen zwei verschiedene Kostendefinitionen: i) Aufwandsparameter (TOTEX) und ii) Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten (Standardisierte TOTEX (STOTEX)).
- 4.25 Zunächst erfolgt die Durchführung von ökonometrischen Ausreißeranalysen, um eine robuste und konsistente Datenbasis für den Effizienzvergleich zu erhalten. Die Validierung der Netzbetreiberdaten basiert auf den beschriebenen Diagnosefunktionen in Kapitel 2. Diese Ausreißeranalyse ist jedoch von der Validierung der DEA Modelle zu unterscheiden.
- 4.26 Anhand der Cookschen Distanzfunktion wird der Einfluss einzelner Beobachtungen auf die Koeffizientenschätzungen der Regression bestimmt. Bei vier der 188 betrachteten Unternehmen übersteigt der Einfluss den kritischen Wert der F-Verteilung. Sie werden folglich aus dem Sample ausgeschlossen. Die Unternehmen sind in Tabelle 4-5 dargestellt. Somit unterliegt den weiteren Berechnungen ein Datensatz mit 184 Beobachtungen.

Tabelle 4-5: Ermittelte Datenausreißer

Anzahl	Betriebsnummer
1	██████████
2	██████████
3	██████████
4	██████████



4.3 Verwendete Methoden

- 4.27 Die individuellen Effizienzwerte der VNB Gas werden anhand beider Ansätze, der nichtparametrischen DEA sowie parametrischen SFA, ermittelt.
- 4.28 Die DEA Ergebnisse wurden gemäß Anlage 3 Nr.4 zu § 12 ARegV unter der Annahme nicht fallender Skalenerträge berechnet (siehe hierzu Agrell and Bogetoft 2004a und 2004b). Dies ist gleichbedeutend damit, dass die Hypothese der steigenden Skaleneffekte akzeptiert, die Hypothese der sinkenden Skaleneffekte jedoch verworfen wird. Die DEA für die VNB Gas wurde unter Inputorientierung durchgeführt, d.h. bei konstantem Output wird untersucht, wie viel der verwendeten Inputs bei effizientem Einsatz eingespart werden könnten. Zusätzlich zu den ergebnisrelevanten Effizienzwerten werden auch Skaleneffizienzwerte betrachtet, die dann ausdrücklich als solche gekennzeichnet sind.
- 4.29 Unter der Annahme fallender Skalenerträge wurde ein Basis-Modell berechnet: DEA Modell 1. Dieses Basis-Modell haben wir für die Berechnung der Supereffizienz verwendet (DEA Modell 2), um Ausreißer zu ermitteln (Banker und Chang (2006)). DEA Modell 3 bestimmt die individuellen Effizienzen der Netzbetreiber unter Ausschluss der ermittelten Ausreißer. Zusätzlich wurden durch Bootstrapping (vgl. Simar und Wilson 1998, 2000) die *BIAS* korrigierten (bevorzugungskorrigierten) Effizienzwerte (DEA Modell 4) und die Konfidenzintervalle (DEA Modell 5 gibt die untere Grenze an, DEA Modell 6 gibt die obere Grenze an) ermittelt. DEA Modell 7 zeigt die Skaleneffizienz der Netzbetreiber. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die ARegV weder Korrekturen bei den Verzerrungen der DEA-Effizienzwerte



vorschreibt noch die Konstruktion von Konfidenzintervallen vorsieht, wie sie sowohl für die DEA (durch Bootstrapping) als auch für die SFA (direkt durch die geschätzte Variation von Rauschen und Ineffizienzterm) informationshalber dargestellt werden.

- 4.30 Für das Modell der VNB Gas wird bei den parametrischen SFA-Modellen von einem linearen Funktionstyp ausgegangen. Der lineare Funktionstyp wird in der normierten Variante unter der Annahme von konstanten Skalenerträgen (CRS) verwendet (SFA Modell 1), indem keine Konstante im Modell geschätzt wurde. Als Normierungsvariable wurde die Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher verwendet.
- 4.31 Tabelle 4-6 fasst die verschiedenen Spezifikationen der Methoden zusammen und bildet zum besseren Verständnis gleichzeitig die Bezeichnungen der ursprünglichen Ergebnistabellen ab.



Tabelle 4-6: Modellspezifikation und verwendete Methoden

Modell	Beschreibung	Bezeichnung in den Ergebnistabellen
DEA Modell 1	DEA Modell mit NDRS mit Ausreißern	D_dea_far_ndrs
DEA Modell 2	DEA Modell mit NDRS sowie Annahme der Supereffizienz zur Ermittlung der Ausreißer	D_dea_sup_far_ndrs
DEA Modell 3	DEA Modell NDRS unter Ausschluss der Ausreißer	D_dea_far_ndrs_ex_out
DEA Modell 4	DEA Modell mit NDRS korrigiert mit dem durch Bootstrapping ermittelten Bias	D_dea_far_ndrs_biascorr
DEA Modell 5	DEA Modell mit NDRS untere Grenze des durch Bootstrapping ermittelten Konfidenzintervalls	D_dea_far_ndrs_biascorr_c1
DEA Modell 6	DEA Modell mit NDRS obere Grenze des durch Bootstrapping ermittelten Konfidenzintervalls	D_dea_far_ndrs_biascorr_c2
DEA Modell 7	Skaleneffizienz (Verhältnis der Effizienzwerte unter Annahme von CRS und VRS)	D_dea_far_se
SFA Modell 1	SFA Modell linearer funktionaler Zusammenhang mit normalisierten Daten (CRS Annahme)	D_sfa_normedlinear_crs_far

- 4.32 Gemäß § 12 Absatz 3 und 4a ARegV ergeben sich die entscheidungsrelevanten Effizienzwerte aus dem maximalen individuellen Effizienzwert über vier verschiedene Modelle: DEA und SFA jeweils mit Aufwandsparemtern und Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten. Auf diese Art und Weise verfolgt die ARegV einen vorsichtigen Ansatz zum Vorteil der VNB. Folglich kommt es zu höheren durchschnittlichen Effizienzwerten im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, die nicht den maximalen Wert aus vier Modellen bestimmt haben. Die maximalen Effizienzwerte aus beiden Ansätzen werden im weiteren Verlauf als „Best-of-Modelle“ bezeichnet. Einheiten, die einen Effizienzwert von unter 60 Prozent aufweisen, wird ein Effizienzwert von 60 Prozent zugewiesen (§ 12 Absatz 4 Satz 1 ARegV).

5. Analyse der Effizienzwerte

- 5.01 In diesem Kapitel werden die Effizienzwerte für das Modell der nichtparametrischen DEA und der parametrischen SFA für beide Aufwandsparameterdefinitionen gegenübergestellt und statistisch analysiert. Zunächst werden deskriptive Statistiken der verschiedenen Modellspezifikationen aufgezeigt. Im Anschluss werden Ausreißer identifiziert, welche von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden. Alle Schätzungen basieren auf dem in Abschnitt 4 entwickelten Effizienzvergleichsmodell mit den dargestellten Vergleichsparametern. Zunächst werden allgemeine deskriptive Statistiken der Modelle wiedergegeben. Darauf aufbauend wird die auf den plausibilitätsgeprüften Daten basierende Ausreißeranalyse anhand nichtparametrischer Methoden im Detail erläutert.
- 5.02 Ähnliche Ineffizienzen aus verschiedenen Ansätzen implizieren Anzeichen für einen robusten Regulierungsansatz. Dementsprechend wurde die Konsistenz zwischen den deterministischen DEA-Modellen und den stochastischen SFA-Modellen anhand verschiedener Korrelations- und Rangkorrelationskoeffizienten überprüft.

5.2 Überblick Effizienzwerte

- 5.03 Deskriptive Statistiken der ermittelten Effizienzwerte der verschiedenen Modelle für die zwei verschiedenen Aufwandsparameter (Kosten, Kosten mit standardisierten Kapitalkosten) sind in Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 zusammengefasst. Die Rechnungen wurden auf dem



plausibilitätsgeprüften Datensatz mit 184 Netzbetreibern durchgeführt.

Tabelle 5-1: Deskriptive Statistiken der ermittelten Effizienzwerte für die verschiedenen Modellspezifikationen (Aufwandsparameter)

Modelle mit Aufwandsparametern	Mittelwert	Standard-abweichung	Anzahl der Unternehmen, die einen Effizienzwert kleiner als 0.6 aufweisen	Minimum	Anzahl der Unternehmen, die auf der Effizienzgrenze liegen (≥ 1)
DEA Modell 1	0.732	0.153	37	0.352	16
DEA Modell 2	0.755	0.233	37	0.352	16
DEA Modell 3	0.778	0.151	22	0.382	25
DEA Modell 4	0.665	0.127	61	0.335	0
DEA Modell 5	0.625	0.116	77	0.326	0
DEA Modell 6	0.721	0.150	39	0.346	0
DEA Modell 7	0.932	0.065	0	0.675	16
SFA Modell 1	0.836	0.079	4	0.536	0

Tabelle 5-2: Deskriptive Statistiken der ermittelten Effizienzwerte für die verschiedenen Modellspezifikationen (Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

Modelle mit Aufwandsparametern mit standardisierten Kapitalkosten	Mittelwert	Standard-abweichung	Anzahl der Unternehmen, die einen Effizienzwert kleiner als 0.6 aufweisen	Minimum	Anzahl der Unternehmen, die auf der Effizienzgrenze liegen (≥ 1)
DEA Modell 1	0.724	0.158	45	0.370	15
DEA Modell 2	0.745	0.229	45	0.370	15
DEA Modell 3	0.771	0.157	29	0.393	28
DEA Modell 4	0.658	0.131	64	0.353	0
DEA Modell 5	0.618	0.119	90	0.343	0
DEA Modell 6	0.713	0.156	50	0.365	0
DEA Modell 7	0.937	0.070	0	0.639	16
SFA Modell 1	0.824	0.085	4	0.530	0



- 5.04 Die DEA Modelle 4 bis 6 sind hier nur zur Vollständigkeit angegeben. Die gebootstrappten Modelle bleiben in dem endgültigen Effizienzvergleich unberücksichtigt. Sie liefern lediglich einem Überblick über die Verzerrung der deterministisch ermittelten Effizienzwerte und dienen zum besseren Verständnis für den Leser. Eine Nichtbetrachtung der unter Bootstrapping ermittelten Effizienzwerte kommt den Unternehmen zugute, da hierbei per Definition niedrigere Effizienzwerte ermittelt werden. Bei den verzerrkorrigierten Schätzungen weisen in Modell 4 insgesamt 42 (50 für Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten) Netzbetreiber einen Effizienzwert von kleiner als 0.600 auf; kein Netzbetreiber liegt auf der Effizienzgrenze.
- 5.05 Des Weiteren dient die Ermittlung der Skaleneffizienz (DEA Modell 7) ausschließlich zur Konsistenzprüfung der angewandten Modelle. Sie fließt nicht in die direkte Ermittlung der Effizienzwerte ein. DEA Modell 2 dient auf Basis der Supereffizienzmethode zur Ausreißeranalyse. DEA Modell 3 beinhaltet die Ermittlungen der Effizienzwerte ohne die signifikanten Ausreißer und wird als ergebnisrelevantes nichtparametrisches DEA Modell angesehen, da es die durch die ARegV festgelegten Bedingungen erfüllt. Es unterstellt die Annahme nicht fallender Skalenerträge, schließt die signifikanten Ausreißer aus der Ermittlung der Effizienzwerte für die anderen Unternehmen aus und bezieht sich nicht auf korrigierte Effizienzwerte.

5.3 Analyse der DEA Effizienzwerte

- 5.06 Die Ausreißeranalyse in DEA Modell 2 wurde anhand der im zweiten Kapitel dargestellten Methoden durchgeführt:



1) Einfluss einer Beobachtung auf die Durchschnittseffizienz der anderen Beobachtungen;

2) Supereffizienzkriterium.

Beide Ansätze sind eindeutig in der Verordnung festgelegt (ARegV, Anlage 3). Sie dienen ausschließlich dazu, den Effizienzmaßstab für ineffiziente Unternehmen im Sinne der ARegV abzumildern, in dem eine – durch die beiden Ansätze ermittelte – Gruppe von Unternehmen, die zunächst die Effizienzgrenze bildet, im Ergebnis nicht als Effizienzmaßstab herangezogen wird. Die Anwendung von Kriterium 1 ermittelt keinen Ausreißer. Bei der Analyse der Supereffizienz (Banker und Chang 2006) sind diejenigen Beobachtungen aus dem Datensatz zu entfernen, deren Supereffizienzwerte den oberen Quartilswert der Supereffizienzwerte um mehr als den 1.5fachen Quartilsabstand übersteigen.

5.07 Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 stellen die Supereffizienzwerte für das DEA Modell mit Aufwandsparemtern und Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten für die VNB dar, die einen Supereffizienzwert von über Eins erhalten. Die mit einem Stern (*) gekennzeichneten Netzbetreiber sind als Ausreißer identifiziert worden, d.h. deren Supereffizienzwert übersteigt den oberen Quartilswert um mehr als den 1.5fachen Quartilsabstand.



Tabelle 5-3: Supereffizienzwerte des DEA Modells 2 zur Ermittlung der Ausreißer
(Aufwandsparameter)

Betriebsnummer	DEA Modell 2 Supereffizienzwerte	Als Ausreißer definiert
██████	1.007	
██████	1.091	
██████	1.315	*
██████	1.164	
██████	1.065	
██████	1.091	
██████	1.048	
██████	1.066	
██████	1.085	
██████	1.119	
██████	1.443	*
██████	1.221	*
██████	2.653	*
██████	1.013	
██████	1.223	*
██████	1.536	*
Mittelwert	1.259	
Standardabweichung	0.401	
Min	1.007	
Kritischer Wert	1.202	
Max	2.653	



**Tabelle 5-4: Supereffizienzwerte des DEA Modells 2 zur Ermittlung der Ausreißer
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)**

Betriebsnummer	DEA Modell 2 Supereffizienzwerte	als Ausreißer definiert
[REDACTED]	1.114	
[REDACTED]	1.106	
[REDACTED]	1.401	*
[REDACTED]	1.086	
[REDACTED]	1.018	
[REDACTED]	1.006	
[REDACTED]	1.021	
[REDACTED]	1.228	*
[REDACTED]	1.422	*
[REDACTED]	1.037	
[REDACTED]	1.010	
[REDACTED]	1.234	*
[REDACTED]	2.438	*
[REDACTED]	1.220	*
[REDACTED]	1.566	*
Mittelwert	1.260	
Standardabweichung	0.277	
Min	1.006	
Kritischer Wert	1.192	
Max	2.438	

5.08 Aus Tabelle 5-3 für Aufwandsparameter geht hervor, dass insgesamt 16 Unternehmen Supereffizienzwerte zwischen 1.007 und 2.653 aufweisen. Bei sechs Unternehmen übersteigen die Supereffizienzwerte aller Netzbetreiber den kritischen Wert von 1.202 und damit den oberen Quartilswert der Supereffizienzwerte um mehr als den 1.5fachen Quartilsabstand. Daher sind diese Unternehmen für die Bestimmung der endgültigen Effizienzwerte zu eliminieren. Die Supereffizienzwerte aller anderen Unternehmen sind deutlich geringer. Als Ergebnis der Ausreißeranalyse lässt



sich feststellen, dass die durch einen Stern gekennzeichneten Unternehmen für die weiteren Berechnungen nicht relevant sind und ihnen gemäß Anlage 3 zu § 12 ARegV ein Effizienzwert von Eins zugewiesen wird. Die sechs Unternehmen werden daher von den weiteren DEA Berechnungen (DEA Modell 3) ausgeschlossen. Das DEA Modell 3 stellt folglich das ergebnisrelevante Modell zur Bestimmung der Effizienzwerte der verbleibenden Unternehmen dar.

- 5.09 Aus Tabelle 5–4 für Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten ist erkenntlich, dass hier insgesamt 15 Netzbetreiber Supereffizienzwerte zwischen 1.006 und 2.438 aufweisen. Die Supereffizienzwerte von sieben Netzbetreibern übersteigen den kritischen Wert von 1.192 und somit den oberen Quartilswert der Supereffizienzwerte um mehr als den 1.5fachen Quartilsabstand. Daher sind diese sieben Unternehmen für die Bestimmung der endgültigen Effizienzwerte zu eliminieren. Ihnen wird ein Effizienzwert von eins zugewiesen. Das DEA Modell 3 stellt folglich das relevante Modell zur Bestimmung der Effizienzwerte der verbleibenden Unternehmen dar.
- 5.10 Folglich werden alle weiteren Berechnungen mit unterschiedlichen Datensätzen für die Modelle mit Aufwandsparametern und die Modelle mit Aufwandsparametern mit standardisierten Kapitalkosten berechnet, da unterschiedliche Ausreißer identifiziert worden sind.
- 5.11 Die Ergebnisse der VNB Gas für das DEA Modell 3 sind in Abbildung 5–1 bis Abbildung 5–6 jeweils für die Aufwandsparameter und die Aufwandsparameter mit



standardisierten Kapitalkosten wiedergegeben. Die Histogramme in Abbildung 5-1 und 5-4 stellen die Häufigkeitsverteilung der errechneten Effizienzwerte graphisch dar. Zusätzlich zu den in Tabelle 5-1 und 5-2 angegebenen deskriptiven Statistiken wird hierdurch der tatsächliche Verlauf der Häufigkeitsverteilungen wiedergegeben. Wir erkennen sowohl für die Aufwandsparameter als auch die Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten eine angemessene Verteilung der Effizienzwerte. In den Histogrammen zeigt sich eine außerordentliche Häufung im mittleren Effizienzbereich um 0.7. Extreme Verläufe an den Randpunkten der Verteilung sind nicht zu erkennen (abgesehen von der DEA-typischen von Unternehmen mit Effizienzwert 1). Die Verteilungen der Effizienzwerte sind vergleichbar mit internationalen Erfahrungen und Ergebnissen.

- 5.12 Die Salter-Diagramme in Abbildung 5-2 und 5-5 ordnen die errechneten Effizienzwerte des DEA Modell 3 der Betriebsgröße der Verteilernetzbetreiber zu. Als Maß der Betriebsgröße werden hierbei die Aufwandsparameter und Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten unterstellt. Die Betriebsgröße ist dabei erkennbar als Breite des Balkens auf der x-Achse. Die Unternehmen sind zusätzlich den erreichten Effizienzen nach geordnet. Das Salter-Diagramm zeigt in beiden Abbildungen eine gleichmäßige Mischung der Betriebsgröße über die gesamten Effizienzwerte.
- 5.13 Abbildungen 5-3 und 5-6 geben die geordneten individuellen Effizienzwerte wieder. Für jeden Verteilernetzbetreiber ist der errechnete Effizienzwert abgetragen. Die Effizienzwerte sind hierbei aufsteigend



angeordnet. Die Abbildungen bestätigen die Plausibilität und internationale Vergleichbarkeit der errechneten Effizienzwerte. Unterstellen wir Aufwandsparemeter (siehe Abbildung 5-3) erhalten 25 Unternehmen einen Effizienzwert von 1 und 22 Unternehmen einen Effizienzwert unterhalb von 0.6. Unterstellen wir Aufwandsparemeter mit standardisierten Kapitalkosten (siehe Abbildung 5-6) erhalten 28 Unternehmen einen Effizienzwert von 1 und 29 Unternehmen einen Effizienzwert unterhalb von 0.6. Im inneren Bereich nimmt die Verteilung bis auf wenige kleine Sprungstellen einen stetigen Verlauf an.

Abbildung 5-1: Histogramm der errechneten Effizienzwerte des DEA Modells 3
(Aufwandsparemeter)

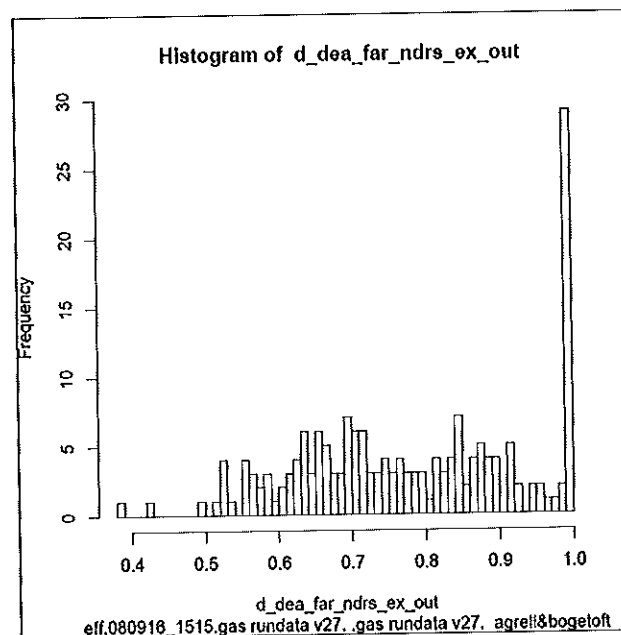


Abbildung 5-2: Salter-Diagramm der errechneten Effizienzwerte des DEA Modells 3
(Aufwandsparameter)

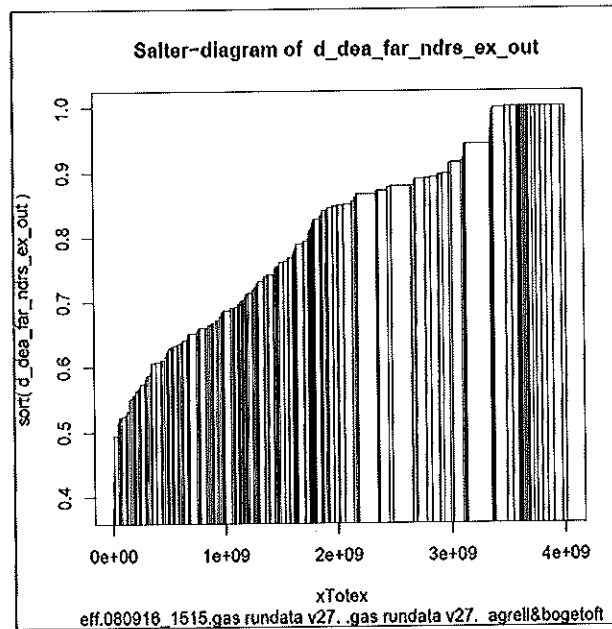


Abbildung 5-3: Geordnete Verteilung der Effizienzwerte im DEA Modell 3
(Aufwandsparameter)

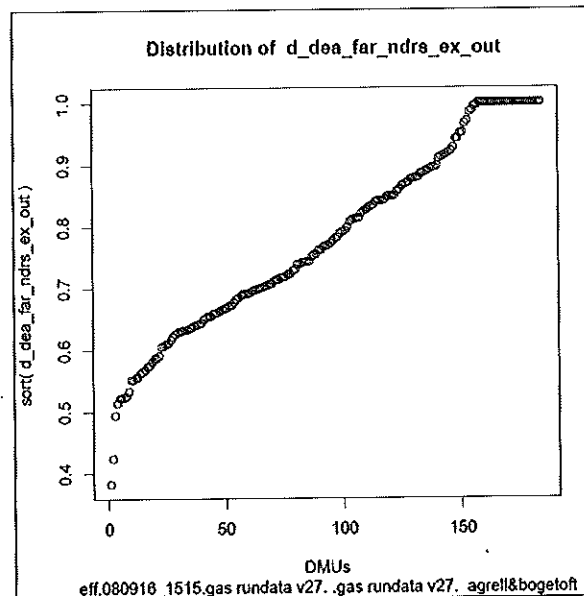




Abbildung 5-4: Histogramm der errechneten Effizienzwerte des DEA Modells 3
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

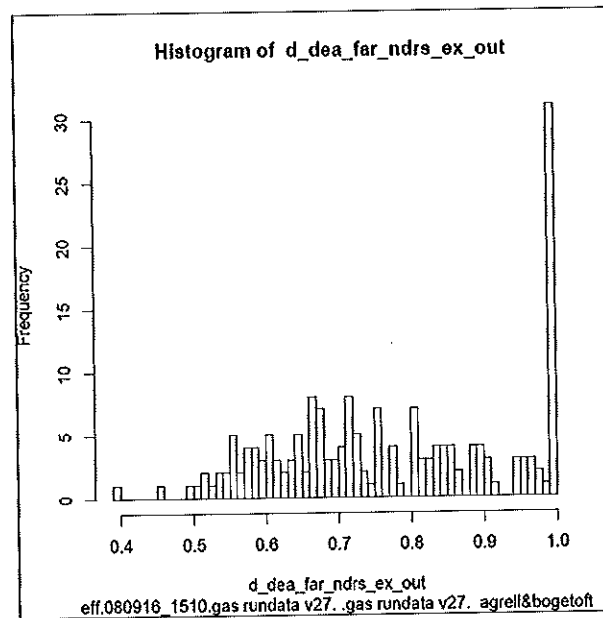


Abbildung 5-5: Salter-Diagramm der errechneten Effizienzwerte des DEA Modells 3
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

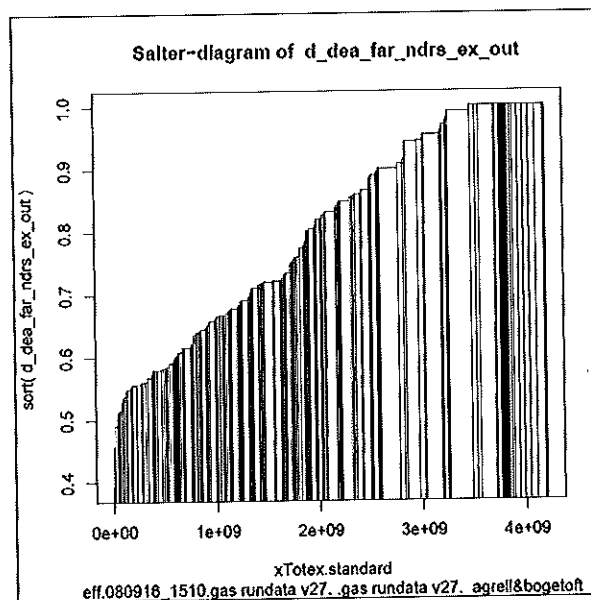
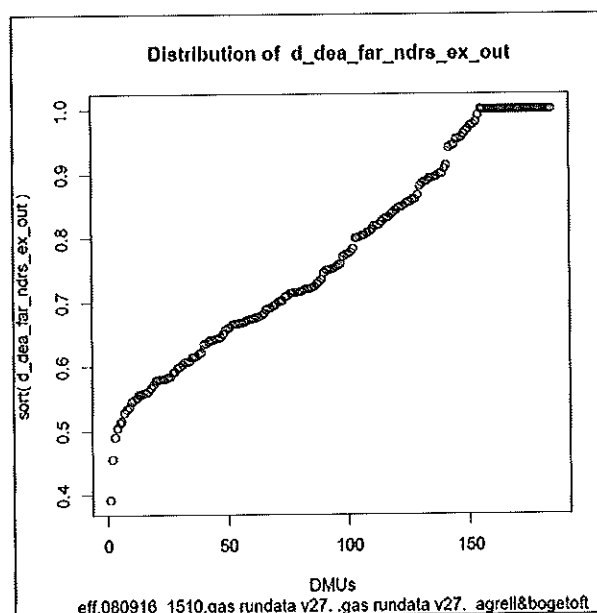


Abbildung 5-6: Geordnete Verteilung der Effizienzwerte im DEA Modell 3
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)



5.4 Analyse der SFA Effizienzwerte

- 5.14 Bei der SFA Analyse wird ein linearer Funktionstyp unterstellt. Die SFA Modelle werden in der normierten Variante unter der Annahme konstanter Skaleneffekte (constant returns to scale (CRS)) geschätzt. Die normalisierten linearen Modelle erleichtern zum einen die Interpretation der Modelle und berücksichtigen zum anderen gegenüber den linearen Modellen ohne Normalisierung Heteroskedastizitätsprobleme. Zusätzlich werden die Variablen nicht in logarithmierter Form benötigt, was zumindest einen verminderten Rechenaufwand darstellt. Des Weiteren zeigen die linearen normalisierten Funktionen eine höhere Pearson sowie Spearman Rangkorrelation mit den nichtparametrischen DEA Ergebnissen auf. Dieses lässt auf eine größere Robustheit beider Ansätze und somit der



erzielten Ergebnisse schließen. Dadurch werden sie hier gegenüber den linearen und loglinearen Modellen bevorzugt.

Robustheit der Modelle

- 5.15 Zunächst werden die Parameterschätzungen untersucht (siehe dritte Phase (OLS), Kapitel 2). Anschließend wird die Sensitivität der Modelle getestet. Hierzu werden zusätzliche Strukturvariablen in das entsprechende Modell aufgenommen (siehe vierte Phase (Strukturparameter), Kapitel 2) und hinsichtlich ihrer Signifikanz überprüft.
- 5.16 Die Signifikanz von Vergleichsparametern wurde mit dem t-Test in einer OLS-Regression bestimmt. In dem SFA-Kontext kamen Likelihood Ratio-Tests zur Anwendung. Bei Likelihood Ratio-Tests wird das Modell ohne zusätzliche Variablen mit dem Modell inklusive der zusätzlichen Variablen verglichen.
- 5.17 Das in Kapitel 4 vorgestellte Effizienzvergleichsmodell konnte anhand von Signifikanztests betätigt werden. Tabelle 5-5 und Tabelle 5-6 zeigen die geschätzten Koeffizienten der Maximum Likelihood Schätzung. Hierbei wurde für den Ineffizienzterm eine gestutzte Normalverteilung angenommen. μ ist die Schätzung des Mittelwertes dieser gestutzten Normalverteilung, σ^2 bezeichnet die Variation des zusammengesetzten Fehlerterms der SFA Spezifizierung mit $(v_i - u_i)$, wobei v_i das „Rauschen“ wiedergibt und u_i die Ineffizienz definiert. γ , gegeben durch $(\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2)$ mit σ_u^2 als Variation der Ineffizienzverteilung, ist der Anteil der Variation der Ineffizienzen an der Variation des gesamten zusammengesetzten Fehlerterms. γ ist in beiden normierten SFA-Modellen relativ hoch (0.78 und 0.79), was



darauf hindeutet dass tatsächlich Ineffizienzen und nicht nur „Rauschen“ vorhanden sind.

**Tabelle 5-5: Maximum Likelihood Schätzergebnisse des linearen normierten SFA Modells
(CRS Annahme, Aufwandsparameter als Input)**

sfa.normedlinear.crs			
Aufwandsparameter als abhängige Variable	Koeffizient	Standardfehler	T-Ratio
yConnection.out.tot	-376.43	102.42	-3.68
yArea.supplied	-9386.00	72.49	-129.49
yPeakload.out	260.82	40.04	6.51
yPotential.connections	377.31	67.75	5.57
yPotential.peakload	-145.41	28.20	-5.16
yPipelength.lower5bar	-997.55	41.30	-24.15
yPipelength.abover5bar	1854.91	320.37	5.79
yVolume.tot.cus	131.73	20.67	6.37
yPop.1995	18.83	12.04	1.56
yPop.2006	-0.94	12.21	-0.08
Sigma-squared	21391.75	249.46	85.75
gamma	0.78	0.06	13.55
Mu	-35.16	52.80	-0.67



Tabelle 5-6: Maximum Likelihood Schätzergebnisse des linearen normierten SFA Modells
(CRS Annahme, Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten als Input)

sfa.normedlinear.crs			
Aufwandsparameter als abhängige Variable	Koeffizient	Standardfehler	T-Ratio
yConnection.out.tot	-251.12	104.43	-2.40
yArea.supplied	-8929.16	4.20	-2124.85
yPeakload.out	236.44	41.94	5.64
yPotential.connections	319.27	69.27	4.61
yPotential.peakload	-122.12	29.28	-4.17
yPipelength.lower5bar	-2413.45	6.84	-352.99
yPipelength.abover5bar	1005.31	14.89	67.52
yVolume.tot.cus	154.92	20.55	7.54
yPop.1995	15.07	12.01	1.26
yPop.2006	1.15	12.20	0.09
sigma-squared	20867.61	9.80	2128.87
gamma	0.79	0.07	10.62
mu	-1.89	52.37	-0.04

5.18 Die geschätzten Koeffizienten weisen plausible Werte als Kostentreiber auf. Für den überwiegenden Anteil der Variablen wie z.B. yPeakload.out wird ein positives Vorzeichen ermittelt. Wenn sich die Kostentreiber erhöhen, steigen auch die Aufwandsparameter. In dem Modell mit Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten als Input weisen fünf Variablen ein negatives Vorzeichen auf. Die Variablen yPop.1995 und yPop.2006 sind nicht signifikant, erkennbar am niedrigen t-Wert. Das negative Vorzeichen der anderen Variablen ist durch die hohe Korrelation unter den im Modell enthaltenen Parametern zu erklären (siehe 3.3 Punkt 4).

5.19 Die deskriptiven Statistiken des SFA Modells für jeweils beide Aufwandsparameter sind in Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 dargestellt. Das relevante SFA Modell 1 weist eine



Durchschnittseffizienz von 0.836 (bei Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten 0.824) auf.

5.5 „Best-of-Four“ Ergebnisse

- 5.20 Für jedes Unternehmen wird das Maximum der Effizienzwerte aus dem DEA-Modell mit Aufwandsparemtern, aus dem DEA-Modell mit Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten, dem parametrischen SFA-Modell mit Aufwandsparemtern und dem SFA-Modell mit Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten gebildet („Best-of-Four“-Methode). Weist ein Unternehmen einen Effizienzwert von weniger als 0.6 auf, bekommt es automatisch einen Wert von 0.6 zugewiesen.
- 5.21 Zunächst wurden die maximalen Effizienzwerte getrennt nach Kostendefinitionen ermittelt. Hierbei wurde das Maximum aus dem DEA-Modell ohne Ausreißer (DEA Modell 3) sowie dem SFA Modell 1 gebildet („Best-of“-Modell). Anschließend wurde das Maximum aus beiden Kostendefinitionen gebildet („Best-of-Four“-Modell). Für die getrennten Kostenbetrachtungen sowie das „Best-of-Four“-Modell ergeben sich die in Tabelle 5-7 folgenden deskriptiven Statistiken für die individuellen Effizienzwerte. Aufgrund dieser Vorgehensweise erhöht sich die ergebnisrelevante Durchschnittseffizienz auf 0.873.



Tabelle 5-7: Maximale Effizienzwerte aus dem DEA 3 Modell sowie SFA Modell 1

	Mittelwert	Standard- Abweichung	Minimum	Anzahl der Unternehmen, die einen Effizienzwert kleiner als 0.6 aufweisen	Anzahl der Unternehmen, die auf der Effizienzgrenze liegen (inkl. supereffiziente Unternehmen)
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1 (Aufwandsparameter als Input)	0.864	0.094	0.536	3	25
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1 (Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten als Input)	0.859	0.100	0.563	3	28
„Best-of-Four“: Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1 (jeweils mit Aufwandsparametern und Aufwandsparametern mit standardisierten Kapitalkosten)	0.873	0.094	0.496	2	31

5.22 Die individuellen Effizienzwerte im „Best-of-Four“ des linearen normierten SFA Modells und DEA-Modell 3 für beide Kostendefinitionen sind in den folgenden sechs Abbildungen Abbildung 5-7 bis Abbildung 5-12 dargestellt. Die Histogramme, die Salter-Diagramme und die Verteilung der Effizienzwerte weisen dabei zwischen der Betrachtung mit Aufwandsparametern und der Betrachtung mit Aufwandsparametern mit standardisierten Kapitalkosten eine hohe Ähnlichkeit auf.

5.23 Das Histogramm (siehe Abbildungen 5-7 und 5-10) stellt graphisch die Häufigkeitsverteilung der errechneten Effizienzwerte dar. Wir erkennen sowohl bei den Aufwandsparametern als auch Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten eine angemessene Verteilung der Effizienzwerte. In den Histogrammen zeigt sich eine außerordentliche Häufung im oberen mittleren Effizienzbereich um 0.9. Extreme Verläufe an den Randpunkten der Verteilung sind nicht zu erkennen

(abgesehen von der DEA-typischen von Unternehmen mit Effizienzwert 1). Die hohen Effizienzwerte sind durch den „Best-of“-Ansatz bedingt.

- 5.24 Die geordnete Verteilung der Effizienzwerte verläuft weitgehend stetig mit Steilstellen im linken Ineffizienzbereich und im rechten Effizienzbereich und einer relativ flachen Ausprägung im mittleren Effizienzbereich.

Abbildung 5-7: Histogramm des „Best-of“ Modells (DEA Modell 3 und SFA Modell 1)
(Aufwandsparameter)

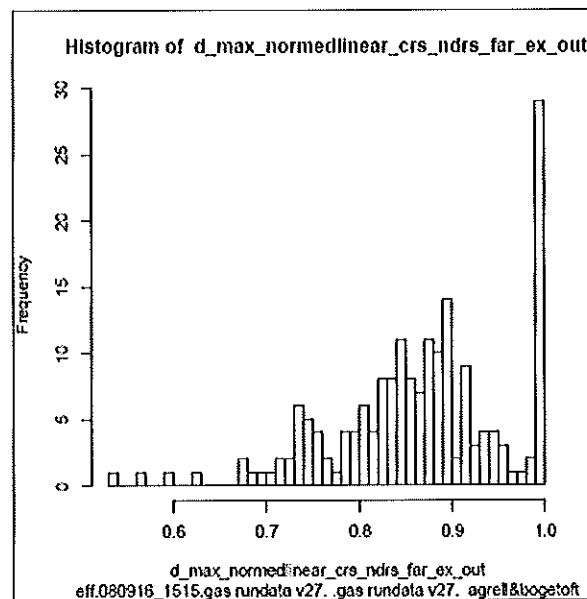




Abbildung 5-8: Salter Diagramm des „Best-of“ Modells (DEA Modell 3 und SFA Modell 1)
(Aufwandsparameter)

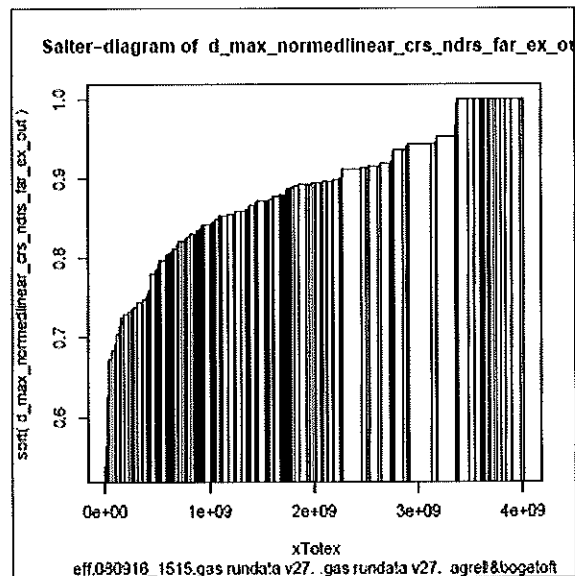


Abbildung 5-9: Geordnete Verteilung der Effizienzwerte im „Best-of“ von (DEA Modell 3 und SFA Modell 1) mit Aufwandsparametern

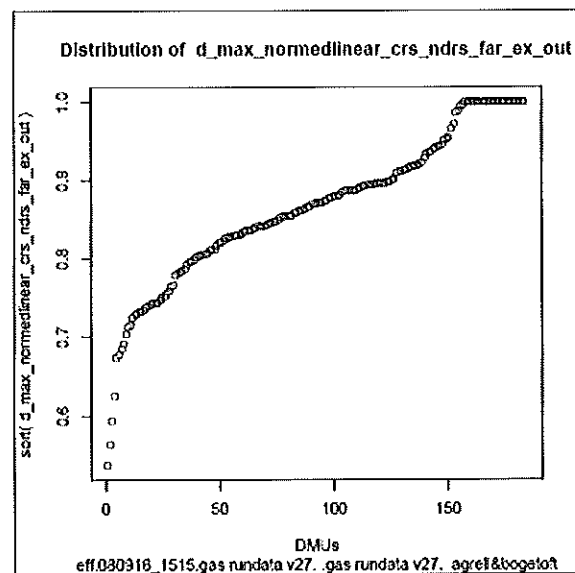




Abbildung 5-10: Histogramm des „Best-of“ Modells (DEA Modell 3 und SFA Modell 1)
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

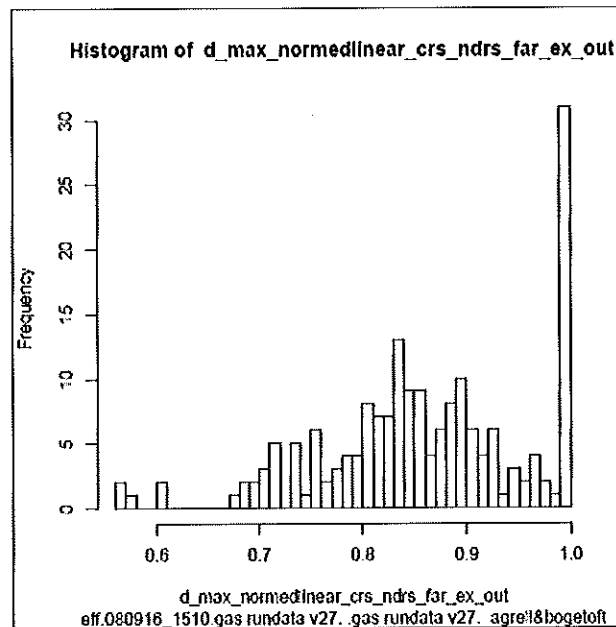


Abbildung 5-11: Salter Diagramm des „Best-of“ Modells (DEA Modell 3 und SFA Modell 1)
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)

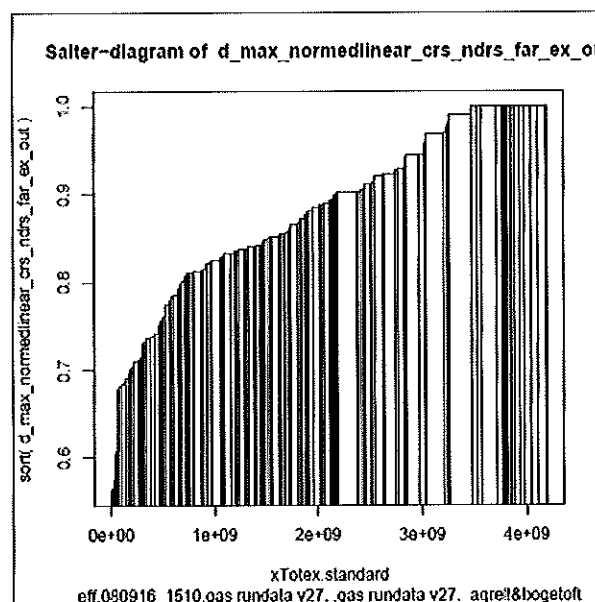
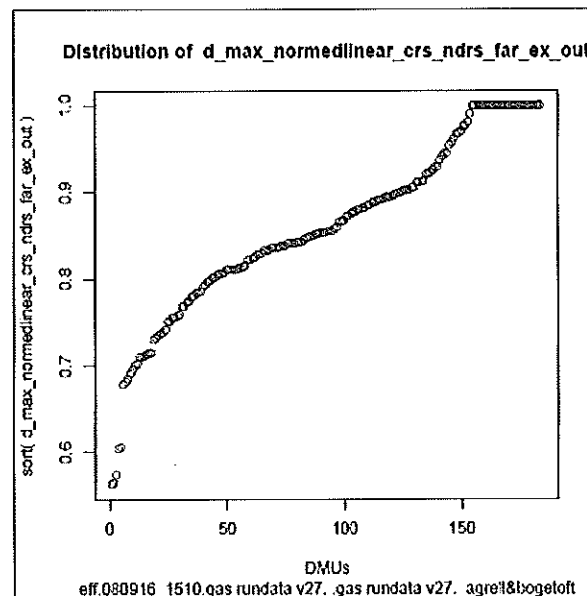


Abbildung 5-12: Geordnete Verteilung der Effizienzwerte im „Best-of“ von DEA Modell 3 und SFA Modell 1 mit Aufwandsparemtern mit standardisierten Kapitalkosten)



5.6 Konsistenzbetrachtungen der Modelle

- 5.25 Als allgemeiner Beweis für die Belastbarkeit und Robustheit eines Modells zählen die Beständigkeit und Invarianz der ermittelten Effizienzwerte gegenüber verschiedenen methodischen Ansätzen. Dies entspricht einer Konsistenz zwischen den ermittelten nichtparametrischen DEA und parametrischen SFA Effizienzwerten. Folgende Kriterien wurden zur Überprüfung angewandt: Pearson Korrelationskoeffizient, Spearman Rangkorrelationskoeffizient und Kendall Rangkorrelationskoeffizient.
- 5.26 Die Korrelations- und Rangkorrelationskoeffizienten der relevanten Modelle sind in Tabelle 5-8 bis Tabelle 5-13 dargestellt und beziehen sich auf das relevante DEA Modell 3 und das normalisierte lineare SFA Modell (SFA Modell 1).



**Tabelle 5-8: Pearson Rangkorrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter)**

Pearson	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.790	0.889
SFA Modell 1		1.000	0.605
DEA Modell 3			1.000

**Tabelle 5-9: Kendall Rangkorrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter)**

Kendall	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.722	0.725
SFA Modell 1		1.000	0.450
DEA Modell 3			1.000

**Tabelle 5-10: Spearman Korrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter)**

Spearman	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.789	0.878
SFA Modell 1		1.000	0.606
DEA Modell 3			1.000

**Tabelle 5-11: Pearson Rangkorrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)**

Pearson	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.724	0.904
SFA Modell 1		1.000	0.546
DEA Modell 3			1.000

**Tabelle 5-12: Kendall Rangkorrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)**

Kendall	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.687	0.757
SFA Modell 1		1.000	0.446
DEA Modell 3			1.000

**Tabelle 5-13: Spearman Korrelationskoeffizient ausgewählter Modelle
(Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten)**

Spearman	Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	SFA Modell 1	DEA Modell 3
Maximum aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1	1.000	0.753	0.901
SFA Modell 1		1.000	0.590
DEA Modell 3			1.000

- 5.27 Der jeweilige Pearson Korrelationskoeffizient ist ein Maß für den Zusammenhang der Effizienzniveaus. Kendall sowie Spearman geben die Rangkorrelationen an, d.h. den Zusammenhang zwischen der Rangfolge der Unternehmen. Hier werden zwei Rangkorrelationskoeffizienten verwendet, da diese unterschiedlich definiert sind und beide allgemein akzeptiert sind. Die Korrelationen zwischen den verschiedenen unterstellten Methoden bewegen sich im Rahmen internationaler Erfahrungen (beispielsweise wurde für Schweden zwischen dem parametrischen SFA Ansatz und dem nichtparametrischen DEA Ansatz ein Pearson Korrelationskoeffizient von 40 Prozent für das Jahr 2001 ermittelt). Die Korrelationen sowie Rangkorrelationen des Maximums aus DEA Modell 3 und SFA Modell 1 mit dem DEA Modell 3 steigen, wenn die Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten als Inputgröße berücksichtigt werden. Die vorhandenen Unterschiede in den Werten und

Rängen lassen sich durch die Divergenz der beiden Ansätze (nichtparametrisch vs. parametrisch und stochastisch vs. deterministisch) erklären. Es werden auch aus diesem Grunde nach dem „Best-of“ die maximalen Werte aus den beiden Modellen gewählt.

5.7 „Second Stage“ Analyse

5.28 Die relative Evaluierung der Effizienzen der VNB muss idealerweise um verschiedene strukturelle Bedingungen korrigiert werden. Anhand von „Second Stage“-Analysen wird der Einfluss der Strukturvariablen auf das Modell und somit die Konsistenz und Robustheit der Modellstrukturen und Spezifikationen geprüft. „Second Stage“ bedeutet hierbei, dass im zweiten Schritt, *nachdem* die Effizienzwerte ermittelt wurden, diese hinsichtlich der Konsistenz überprüft werden. Es finden zwei verschiedene Verfahren Anwendung:

1) Zunächst wird mit Hilfe eines Kruskal-Wallis-Tests analysiert, ob die Effizienzwerte sich innerhalb verschiedener Gruppen signifikant voneinander unterscheiden (vgl. Gerner Final Report 2007; Kruskal and Wallis 1952).

2) Anschließend werden die ermittelten Effizienzwerte auf Struktur- und Outputparameter regressiert, welche in dem hergeleiteten Effizienzvergleichsmodell nicht berücksichtigt wurden. Diese Analyse beruht auf einer Tobit-Schätzung (vgl. Tobin 1958 und Gerner Final Report 2007). Hierbei soll überprüft werden, ob diese zusätzlichen Parameter einen signifikanten Einfluss haben und somit Variationen in den individuellen Effizienzen erklären können bzw. ob diese auf strukturelle Unterschiede zurückzuführen sind. Dies würde bedeuten, dass entscheidende Variablen im hergeleiteten Modell nicht berücksichtigt wurden.

Kruskal-Wallis-Test

5.29 Bei dem Kruskal-Wallis-Test (Kruskal und Wallis 1952) handelt es sich um einen statistischen Test, mit dem im Rahmen einer Varianzanalyse verglichen wird, ob sich verschiedene unabhängige Stichproben (Gruppen) hinsichtlich einer ordinal-skalierten Variable unterscheiden. Die Nullhypothese ist, dass die Gruppen sich nicht unterscheiden und somit gleichverteilt sind.

5.30 Für die VNB Gas wurden folgende Kriterien getestet.

Tabelle 5-14: Definitionen der Kruskal-Wallis-Tests

Test	Beschreibung der Variablen die anhand des Kruskal-Wallis-Tests überprüft werden
Test 1	Belegenheit der Netze (Ost vs. West, Trennkriterium: Wenn die Rohrleitungen ihrer Länge nach zu mehr als 50% auf dem Gebiet der neuen Bundesländer liegen, werden sie Ost zugeordnet)
Test 2	Betreiber von Wassernetzen (ja vs. nein)
Test 3	Betreiber von Fernwärmenetzen (ja vs. nein)
Test 4	Betreiber von Abwassernetzen (ja vs. nein)
Test 5	Betreiber von Gasspeichern (ja vs. nein)
Test 6	Betreiber von Telekommunikationsnetzen (ja vs. nein)
Test 7	Betreiber von Stromnetzen (ja vs. nein)
Test 8	Netzpuffer (vorhanden vs. nicht vorhanden; nicht unterteilt nach nutzbarem Volumen)
Test 9	Speichernutzung (vorhanden, nicht vorhanden, nicht getrennt nach geometrischem Volumen)

5.31 Wir unterstellen für die Analyse drei verschiedene Modelle:

1) Das „Best-of“-Modell (der maximale Wert aus dem DEA Modell sowie dem SFA Modell) für die Aufwandsparameter;



2) Das „Best-of“-Modell (der maximale Wert aus dem DEA Modell sowie dem SFA Modell) für die Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten;

3) Das „Best-of-Four“-Modell (der maximale Wert aus beiden Kostendefinitionen).

Demnach wurden alle Tests für die drei relevanten Ergebnisse durchgeführt um die Konsistenzprüfung vollständig abzudecken. Die Ergebnisse der Kruskal-Wallis-Tests sind im Anhang C für das „Best-of-Four“ Modell wiedergegeben (siehe Tabellen C.1-C.9). Wir beschränken uns auf die Darstellung dieser Ergebnisse. Die Tests bezüglich der Effizienzwerte der getrennten Kostendefinitionen liefern identische Ergebnisse.

5.32 Für die Tests 2 bis 9 kann die Hypothese der Gleichverteilung nicht verworfen werden, denn der p-Wert nimmt Werte weit über 0.05 an (siehe Tabelle C.2-C.9). Demnach sind die ermittelten Effizienzwerte nicht abhängig davon

- ob die VNB Gas Betreiber von Wassernetzen sind;
- ob die VNB Gas Betreiber von Fernwärmenetzen sind;
- ob die VNB Gas Betreiber von Abwassernetzen sind;
- ob die VNB Gas Betreiber von Gasspeichern sind;
- ob die VNB Gas Betreiber von Telekommunikationsnetzen sind;
- ob die VNB Gas Betreiber von Stromnetzen sind;



- ob die VNB Gas Netzpuffer haben oder Speichernutzung stattfand;

5.33 Bei dem Test 1 muss die Hypothese der Gleichverteilung abgelehnt werden. Hier liegt der p-Wert bei allen Modellen unter 0.05 (siehe Tabelle C.1). Die Kruskal-Wallis-Tests zeigen demnach, dass die Belegenheit der Netze (Lage der Rohrleitungen (vgl. Test 1)) die Effizienzwerte signifikant in zwei verschiedene Gruppen teilen. Die Hypothese der Gleichverteilung muss hier abgelehnt werden. Daher werden im Weiteren anhand einer Tobit Schätzung im globalen Modell der Einfluss dieser strukturellen Gegebenheit auf die Effizienzwerte quantifiziert und getestet (siehe Tabelle E.38).

Tobit-Schätzungen

- 5.34 Im zweiten Schritt werden „Second Stage“ Tobit-Schätzungen durchgeführt, um den statistischen Einfluss von Output- und Strukturvariablen auf die Effizienzwerte zu testen, welche nicht in dem Effizienzvergleichsmodell berücksichtigt wurden.
- 5.35 Bei der Tobit-Regression handelt sich um ein Verfahren der multivariaten Regressionsanalyse, das sich auf zensierte Daten bezieht (zensiert bedeutet hierbei, dass gestutzte oder trunkierte Daten vorliegen). Die Werte sind an einer bestimmten Stelle der Verteilung abgeschnitten, wie es für die vorliegenden Effizienzwerte bei der Zahl 1 der Fall ist. Der obere Schwellenwert von 1 kann nicht überschritten werden. Solche Daten lassen sich nicht mit der gewöhnlichen linearen Regressionsanalyse modellieren, weil deren Verteilungsannahmen verletzt sind. Dadurch wird für die Konsistenzprüfung des Modells das ökonometrische Modell



der Tobit-Regression unterstellt. Diese Spezifikation berücksichtigt die Annahme der gestutzten Verteilung innerhalb einer Maximum-Likelihood Schätzung.

- 5.36 Wir führen die Tobit-Schätzungen in zwei verschiedenen Schritten durch:

Schritt 1: Wir testen zunächst in Schritt 1 zur Verhinderung von Dimensionalitätsproblemen den Einfluss von verschiedenen Gruppen von Variablen auf die Effizienzwerte (siehe Tabellen E.1–E.37).

Schritt 2: In einem folgenden Schritt 2 werden Variablen, die einen signifikanten Einfluss in Schritt 1 aufweisen, auf ihre gemeinsame Signifikanz hin untersucht. Hierbei werden diese Variablen in das hergeleitete Effizienzvergleichsmodell integriert. Konkret werden also die als signifikant ermittelten Variablen in das Modell aufgenommen und dann ein sogenanntes globales Modell geschätzt (siehe Tabelle E.38).

Um den Einfluss von Variablen zu bestimmen, wurden zwei Kriterien festgelegt. Zum einem wurde die Grenze für das Signifikanzniveau auf 5% (P-Wert= 0.05) festgelegt und zum anderen wurde der Wert des jeweiligen Koeffizienten betrachtet. War dieser sehr klein so wurde die Variable nicht weiter betrachtet, da die ermittelte Steigung der Tobit Funktion entsprechend flach verläuft, was mit Nichtsignifikanz gleichgesetzt werden kann. Klein ist hierbei als solch ein Wert definiert, der in der Regel mindestens bei drei Nachkommastellen eine Null aufweist.



5.37 In Schritt 1 wird der Einfluss folgender Gruppen von Variablen analysiert (Die Bezeichnungen der Variablen in den ökonometrischen Schätzungen sind im Anhang D dargestellt. Zur Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen auf der Sumicsid Projektplattform sind die ursprünglichen englischen Bezeichnungen angegeben).:

- Tätigkeit (Dummy ja, nein) in verschiedenen Druckbereichen (ND, HD 1, HD 5, HD 16, HD 70 (X3 – X8), Tabelle E.1;
- Anschlussgrad, aktueller und potentieller Erschließungsgrad (X11 – X13), Tabelle E.2;
- Anteil Gasart (H-/L- und sonstige Gase) (X16 – X18, Tabelle E.3) und mengengewichteter Brennwert bezogen auf den Jahresdurchschnitt (H/L und sonstige Gase) (X19 – X21), Tabelle E.3;
- Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Einspeisungen aus vorgelagerten Netzen und Ausspeisungen (X32, X33), Tabelle E.4,
- Jahresarbeit aller Einspeisungen und Ausspeisungen sowie ausgespeiste Jahresarbeit für 2001–2005 (historische Werte) (X34 – X40), Tabelle E.5;
- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (ND) (X41–X44), Tabelle E.6;
- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (MD) (X59–X62), Tabelle E.7;



- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 1 und ≤ 5) (X77–X80), Tabelle E.8;
- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 5 und ≤ 16) (X91–X94), Tabelle E.9;
- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 16 und ≤ 70) (X105–X108), Tabelle E.10;
- Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 70) (X127–X130), Tabelle E.11;
- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (ND) (X45 – X51), Tabelle E.12;
- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (MD) (X63 – X69), Tabelle E.13;
- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 1 ≤ 5) (X81 – X87), Tabelle E.14;
- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 5 ≤ 16) (X95 – X101), Tabelle E.15;
- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 16 ≤ 70)



(X109, X111, X113, X115, X117, X119, X121), Tabelle E.16;

- Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, >70) (X131, X133, X135, X137, X139, X141, X143), Tabelle E.17;
- Anzahl der GDR und GDRM Anlagen, Anzahl Regelanlagen HD (X153), Anzahl Übernahmeanlagen HD (X156), Anzahl Übergabeanlagen HD (X160), Anzahl Transportverdichter HD (X169), Anzahl Speicher-/Grundverdichter HD (X172), Tabelle E.18;
- Leistungswerte der GDR und GDRM Anlagen, Maximale Stundenleistung, Regler und Gesamtanlage (X154, X155, X157, X158, X161, X162, X170, X173), Tabelle E.19;
- Leistungswerte der GDR und GDRM Anlagen, Tatsächlich gemessene Stundenleistung der Übernahmeanlagen und Übergabeanlagen (X159, X163, X171, X174), Tabelle E.20;
- Netzpuffer (X28), Speichernutzung (X29), Geometrisches Volumen (X30), Ausspeisekapazität für alle Speicher (X31), Tabelle E.21;
- Bevölkerungswachstum, Tabelle E.22;
- Tätigkeit (Dummy ja, nein) in verschiedenen Bodenklassen. (V1, BK2 – BK7, X233dum–X238dum), (V2, BK2 – BK7, X240dum–X245dum), Tabelle E. 23;
- Netzkomplexität pro Druckbereich (X56–X58, X74–X76, X150–X152), Tabelle E. 24;



- Netzkomplexität summiert über Druckbereiche (sumring, sum mashed, sumstream), Tabelle E. 25;
- Anteil Parallelverlegung pro Druckbereich (X55, X73, X149), Tabelle E.26;¹
- Höhendifferenz im Versorgungsgebiet (X248), Tabelle E.27;
- Minimale/Maximale Höhe im Versorgungsgebiet (X246, X247), Tabelle E.28;
- Hangneigung im Versorgungsgebiet (X249), Tabelle E.29;
- Anzahl der Flussbrücken im Versorgungsgebiet (X252), Tabelle E.30;
- Rohrleitungsflächen pro Druckbereich (X219, X220, X221), Tabelle E.31;
- Rohrleitungsflächen über alle Druckbereiche (X223), Tabelle E.32;
- Mengengesteuerte Leitungslängen pro Druckbereich (X54, X72, X90, X104, X126, X148), Tabelle E.33;
- Mengengesteuerte Leitungslängen (< 5bar, > 5bar) (X211, X212), Tabelle E.34;
- Druckgesteuerte Leitungslängen (< 5bar, > 5bar) (X213, X214), Tabelle E.35;

¹ Keine unterschiedlichen Ausprägungen pro Druckbereich, daher keine summierte Betrachtung.



- Mengen- vs. druckgesteuerte Leitungslängen über alle Druckbereiche (X217, X218), Tabelle E.36;
- Gradtagszahlen (X15), Tabelle E.37;

5.38 Die Ergebnisse der Tobit-Schätzungen sind im Anhang E für die getrennten Gruppen von Variablen (Schätzungen I, Tabelle E.1 – E.37 u. E.39) und die globale Modellspezifikation (Schätzungen II, Tabelle E.38) dargestellt. Der Fokus besteht hierbei auf der Signifikanz der geschätzten Koeffizienten, welche am p-Wert abgelesen werden kann. Liegt der p-Wert bei höchstens 0.05 muss von Signifikanz ausgegangen werden. Das Akaike Informationskriterium ist abgebildet, um den Erklärungsgehalt der Variablen im Modell darzustellen. Das Testen von Gruppen von Variablen führt zu den im Folgenden zusammenfassend dargestellten Ergebnissen und Konsistenzbetrachtungen. Die Schätzungen wurden für die folgenden drei Modellspezifikationen durchgeführt:

1) Das „Best-of“-Modell (der maximale Wert aus dem DEA Modell 3 sowie dem SFA Modell 2) für die Aufwandsparameter;

2) Das „Best-of“-Modell (der maximale Wert aus dem DEA Modell 3 sowie dem SFA Modell 2) für die Aufwandsparameter mit standardisierten Kapitalkosten;

3) Das „Best-of-Four“-Modell (der maximale Wert aus beiden Kostendefinitionen).



- 5.39 Wir beziehen uns bei der Darstellung auf die Resultate des „Best-of-Four Modells“. Die Ergebnisse der anderen zwei Modelle sind hierzu konsistent.
- Die Betrachtung von Druckbereichen zeigt, dass in der getrennten Analyse X3 (Druckbereich Niederdruck ≤ 100 mbar) und X6 (Druckbereich Hochdruck > 5 bar) einen signifikanten Einfluss aufweisen (Tabelle E.1). Somit wurden die beiden schwach signifikanten Variablen im zweiten Schritt im globalen Modell weiter überprüft (Tabelle E. 38).
 - Anschlussgrad sowie aktueller und potentieller Erschließungsgrad zeigen keinen signifikanten Einfluss. Der p-Wert übersteigt den kritischen Wert von 0.05 bei allen Variablen (Tabelle E.2).
 - Die Gasart (H-/L- und sonstige Gase) und mengengewichtete Brennwerte bezogen auf den Jahresdurchschnitt der Gasarten zeigt keinen signifikanten Einfluss. Der p-Wert übersteigt den kritischen Wert von 0.05 bei allen Variablen (Tabelle E.3).
 - Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Einspeisungen und Ausspeisungen zeigen keinen signifikanten Einfluss (Tabelle E.4).
 - Jahresarbeit aller Ausspeisungen, ausgespeiste Jahresarbeit in 2006 sowie die historischen Werte der ausgespeisten Jahresarbeit zeigen keinen signifikanten Einfluss (Tabelle E.5).
 - Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen (ND, MD, HD) zeigen keine signifikanten Einfluss. Bei allen betrachteten Variablen wird entweder der kritische p-Wert



überschritten oder die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (Tabelle E.6 – E.11).

- Gewichtete Netzlänge für alle verschiedenen Klassen und Druckbereiche zeigt keinen signifikanten Einfluss bzw. der geschätzte Koeffizient ist so gering, dass er zu vernachlässigen ist (X68) (Tabelle E.12–E.17).
- Anzahl der GDR und GDRM Anlagen zeigen bis auf die Variable X156 (Anzahl der Übernahmeanlagen) keinen signifikanten Einfluss. (Tabelle E.18). Auch für die Variable X156 (Anzahl der Übernahmeanlagen) wird ein sehr geringer Koeffizient geschätzt. Doch um sicher zu gehen, dass diese Variable tatsächlich keinen signifikanten Einfluss aufweist wird sie in das globale Modell aufgenommen um deren Einfluss im Zusammenhang mit anderen Variablen zu prüfen (Tabelle E.38).
- Leistungswerte (maximale Stundenleistung und tatsächlich gemessene Stundenleistung) weisen keinen signifikanten Einfluss auf bzw. die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X157) (Tabelle E.19 – E.20).
- Netzpuffer, Speichernutzung, geometrisches Volumen und Ausspeisekapazität für alle Speicher weisen keinen signifikanten Einfluss auf bzw. die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X28) (Tabelle E.21).
- Die verschiedenen Definitionen von Bevölkerungswachstum zeigen keinen Einfluss bzw. die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (popchange1 und popchange4). Dies war zu erwarten, da



Bevölkerungszahlen von 1995 und von 2006 im Modell berücksichtigt wurden (Tabelle E.22).

- Tätigkeit in verschiedenen Bodenklassen zeigen bis auf die Variablen X237dum (V1, BK6) und X245dum (V2, BK7) keinen signifikanten Einfluss auf (Tabelle E.23). Die beiden schwach signifikanten Variablen werden im globalen Modell weiter überprüft (Tabelle E. 38).
- Netzkomplexität pro Druckbereich (und summiert über alle Druckbereiche) zeigt keinen signifikanten Einfluss. Bei allen betrachteten Variablen wird entweder der kritische p-Wert überschritten oder die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X76, X151², sumstream) (Tabelle E.24, Tabelle E.25).
- Der Anteil Parallelverlegung pro Druckbereich zeigt keinen signifikanten Einfluss (Tabelle E.26).
- Höhendifferenz, minimale/maximale Höhe, Anzahl der Flussbrücken im Versorgungsgebiet haben keinen signifikanten Einfluss bzw. die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X246 und X252) (Tabelle E.27, E.28, E.30).
- Die Variable Hangneigung (X249) zeigt einen signifikanten Einfluss auf (Tabelle E.29). Hier wurde jedoch ein sehr geringer Koeffizient geschätzt (-0.007). Die Variable wird des Weiteren trotzdem im globalen Modell (Tabelle E.38) auf

² Der Koeffizient der Variable X151 ist der Koeffizient mit dem größten Betrag, der als „zu vernachlässigen bezeichnet“ wird (0.001485).



ihren Einfluss in Zusammenhang mit anderen Variablen geprüft.

- Rohrleitungsfläche pro Druckbereich (und summiert über alle Druckbereiche) zeigt keinen signifikanten Einfluss bzw. die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X221 und X223) (Tabelle E.31, Tabelle E.32).
- Mengen- und Druckgesteuerte Leitungslängen weisen keinen signifikanten Einfluss auf. Bei allen betrachteten Variablen wird entweder der kritische p-Wert überschritten oder die geschätzten Koeffizienten sind so gering, dass sie zu vernachlässigen sind (X126, X212, X218) (Tabelle E.33 – Tabelle E.36).
- Gradtagszahlen zeigen keinen signifikanten Einfluss (Tabelle E.37).

5.40 Die Ergebnisse des globalen Modells (Schätzungen II) sind im Anhang E dargestellt. Global bedeutet hierbei, dass zu dem hergeleiteten Effizienzvergleichsmodell die Variablen hinzugefügt werden, die im ersten Schritt einen signifikanten Einfluss, verbunden mit einem geschätzten Koeffizienten signifikant unterschiedlich von Null aufweisen. Wir wollen hiermit überprüfen, ob diese Variablen im unterstellten Modell zusätzlich zu den bereits berücksichtigten Variablen einen signifikanten Einfluss haben. Um die Konsistenz vollständig abbilden zu können, werden auch die Dummy-Variablen des Kruskal-Wallis-Tests einbezogen, welche die Effizienzwerte signifikant in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt haben (X14, Belegenheit der Netze). Es wurde das folgende Modell geschätzt, welches Dummies für eine Lage in

Ost oder West enthält (Resultat der Kruskal–Wallis–Tests), welches die zwei signifikanten Druckbereichsvariablen, die signifikanten Bodenklassenvariablen und die Hangneigungsvariable aus der ersten Stufe der Tobit-Schätzungen enthält:

Tabelle 5–15: Exogene Regressoren im globalen Modell

Exogene Regressoren in der Tobit-Schätzung
yConnection.out.tot (X198)
yArea.supplied (X10)
yPeakload.out (X33)
yPotential.connections (X200)
yPotential.peakload (X202)
yPipelength.lower5bar (X215)
yPipelength.abover5bar (X216)
yVolume.tot.cus (X209)
yPop.1995 (X225)
yPop.2006 (X226)
ZEastWest (X14)
zOp.pressure.nd (X3)
zOp.pressure.5.hd (X6)
YCompressor.in.hd (X156)
ZV1_BK6_qkm (X237dum)
ZV2_BK7_qkm (X245dum)
Zslope (X249)

- 5.41 Aus den Schätzergebnissen in Anhang E ist zu erkennen, dass die Variablen X14, X156, X237dum keinen signifikanten Einfluss mehr aufzeigen, können also im Modell keine weitere Varianz der Effizienzwerte erklären. Folglich müssen die

Belegenheit der Netze (X14), Anzahl der Übernahmeanlagen (X156) und Tätigkeit in der Bodenklasse V1, BK6 nicht weiter berücksichtigt werden. Die Signifikanz der Hangneigung (X249) ist relativ schwach und der geschätzte Koeffizient sehr gering, so dass auch diese Variable keine weitere Varianz der Effizienzwerte erklären kann und nicht weiter berücksichtigt wird.

- 5.42 Die Variablen X3 (zOp.pressure.nd) und X6 (zOp.pressure.5hd) zeigen weiterhin einen signifikanten Einfluss. Der geschätzten Koeffizienten betragen 0.139 und -0.048. Die Tätigkeit in der Bodenklasse V2, BK7 (X245dum) zeigt einen signifikanten Einfluss. Es wurde für die Variable ein relativ geringer Koeffizient von -0.05 durch die Tobit Schätzung ermittelt. Daher werden diese drei Variablen näher im Weiteren analysiert.
- 5.43 . Bezüglich der Variablen X3 (zOp.pressure.nd) ist zunächst festzustellen, dass es nur sehr wenige Netzbetreiber gibt, die keinen Niederdruck betreiben. Da einiger dieser Netzbetreiber relativ klein sind, wurde im Weiteren der Einfluss der in der ARegV vorgegebenen Annahme nicht fallender Skalenerträge für die DEA überprüft, indem die Best-of-Four Werte ermittelt wurden, jedoch im Falle der DEA konstante Skalenerträge unterstellt wurden.
- 5.44 Ein Kruskal-Wallis Test des Parameters X3 (zOp.pressure.nd) im Bezug auf die Best-of-Four Ergebnisse unter der Annahme von CRS zeigt nachstehende Ergebnisse.



Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

+-----+			
x3	Obs	Rank Sum	
----+-----+			
1	174	15894.00	
2	10	1126.00	
+-----+			

chi-squared = 1.506 with 1 d.f.
probability = 0.2197

chi-squared with ties = 1.512 with 1 d.f.
probability = 0.2188

5.45 Dieser Test zeigt, dass hier die Annahme der Gleichverteilung nicht abgelehnt werden kann (p-Wert übersteigt den kritischen Wert von 0.05 deutlich). Die Signifikanz beruht somit auf der Annahme nicht fallender Skalenerträge im Falle der DEA, die jedoch durch die ARegV vorgegeben ist.

5.46 Hinsichtlich der Variablen X6 (zOp.pressure.5hd) zeigt der nachstehend aufgeführte einzelne Kruskal-Wallis Test keinen signifikanten Unterschied der beiden Gruppen, so dass hier die Annahme der Gleichverteilung nicht abgelehnt werden kann.

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

+-----+			
x6	Obs	Rank Sum	
----+-----+			
1	152	14497.00	
2	32	2523.00	
+-----+			



chi-squared = 2.547 with 1 d.f.
probability = 0.1105

chi-squared with ties = 2.560 with 1 d.f.
probability = 0.1096

- 5.47 Die Variable X245dum ist eine Dummy Variable für Unternehmen, die die Bodenklasse 7 im 2. Meter in ihrem Versorgungsgebiet haben. Eine detaillierte Betrachtung der Variable soll Aufschluss darüber geben, ob und welchen Einfluss die Tätigkeit in diesem Bereich für die entsprechenden Unternehmen hat. Insgesamt weisen 85 Netzbetreiber die Bodenklasse 7 im zweiten Meter auf.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
-----+-----					
x245	85	.1345639	.1641867	.0005153	.8424031

- 5.48 Die deskriptive Statistik zeigt, dass es Unternehmen gibt, die nur marginal (0.0005153) und andere welche umfangreich (0.8424031) in diesem Bereich tätig sind. Es wurde eine separate Regression mit diesen 85 Beobachtungen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Effizienzwert und Tätigkeit in dieser spezifischen Bodenklasse zu analysieren.



Tobit regression	Number of obs	=	85
	LR chi2(1)	=	0.04
	Prob > chi2	=	0.8430
Log likelihood = 53.04274	Pseudo R2	=	-0.0004

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
x245	-.0136961	.0691487	-0.20	0.843	-.151206	.1238137
_cons	.8589388	.0147	58.43	0.000	.8297063	.8881714
/sigma	.1037407	.0086814			.0864767	.1210046

obs. summary: 1 left-censored observation at r1<=.56394529
 76 uncensored observations
 8 right-censored observations at r1>=1

- 5.49 Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass das Vorhandensein der Bodenklasse 7, 2. Meter sich nicht auf die Effizienzwerte auswirkt. Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Variablen, Effizienzwert und X245.
- 5.50 Analog zur Ergebnisdokumentation des Effizienzvergleichs VNB Strom wurde für den Effizienzvergleich Gas der Einfluss der Einwohnerdichte auf die Effizienzen untersucht.
- 5.51 Die Variable Einwohnerdichte steht hierbei für die Unterscheidung von regional geprägten und städtisch geprägten Netzbetreibern („City-Impact“). Anhand der vorliegenden Datenbasis kann diese Unterscheidung insbesondere getestet werden, indem die Kennzahl „Zählpunkte zu Ausspeisepunkte“ untersucht wird.



- 5.52 Wenn diese Kennzahl als einzig zusätzliche Variable in die Tobit-Regression auf die Effizienzwerte des „Best-of-Four“-Modells mit aufgenommen wird, d.h. alle anderen Variablen sind die des ergebnisrelevanten Modells für die Berechnung der Effizienzwerte, ergibt sich im Unterschied zum Effizienzvergleich Strom kein signifikanter Einfluss dieser Variable (siehe Anhang E „City-Impact“). Dies bedeutet, dass die gefundenen Effizienzen nicht im Zusammenhang mit der Kennzahl „Zählpunkte zu Ausspeisepunkte“ stehen, es also insbesondere keine signifikanten Effizienzunterschiede zwischen regionalen und städtischen Betreibern gibt. Die Ergebnisse werden bestätigt, wenn man nur die Zähl- und Ausspeisepunkte des Niederdruckbereichs berücksichtigt. Weitergehende Analysen (obwohl hier nicht notwendig) verlaufen ähnlich wie bei den Verteilnetzbetreibern Strom.
- 5.53 Demnach kann das hergeleitete Effizienzvergleichsmodell vollständig durch die „Second Stage“ Analyse als konsistent und robust identifiziert werden. Entscheidende Gruppen von Variablen wurden nicht vernachlässigt.



6. Fazit/Ergebnisse

- 6.01 Zur Durchführung eines Effizienzvergleichs der VNB Gas im Rahmen der Anreizregulierung bedarf es eines bestmöglichen Effizienzvergleichsmodells und einer geeigneten Spezifikation der Methoden. Beiden Anforderungen wurde zur Berechnung der individuellen Effizienzwerte vollständig entsprochen. Mit der gewählten Vorgehensweise bei der Modellspezifikation, die dem aktuellen Stand der Wissenschaft in jeder Hinsicht gerecht wird, beruht der Effizienzvergleich folglich auf einer soliden Basis.
- 6.02 Die ARegV enthält klare Anforderungen an den Effizienzvergleich. Diesen wird in jedem Aspekt der Herleitung sowie Umsetzung des Modells entsprochen, so dass von einem verordnungskonformen Effizienzvergleich ausgegangen werden kann. Die ARegV gibt zur Bestimmung der Effizienzwerte für Verteilernetzbetreiber Gas die DEA und SFA als Methoden vor. Beide Methoden entsprechen in ihrer Definition und Anwendung dem Stand der Wissenschaft. Mögliche Divergenzen bezüglich der ermittelten Effizienzwerte wurden zugunsten der Verteilernetzbetreiber interpretiert. Dieses wird an dem gewählten Ansatz der „Best-of-Four“ Modelle ersichtlich. Für jedes Unternehmen wird der höchste Effizienzwert aus den DEA und SFA Modellen sowie den unterstellten Kosten (Kosten und Kosten mit standardisierten Kapitalkosten) gewählt. Dies erklärt die hohe Durchschnittseffizienz der deutschen Verteilernetzbetreiber Gas im internationalen Vergleich. Der Durchschnitt der ermittelten individuellen Effizienzwerte des „Best-of-Four“-Modells beläuft sich auf 0.873.
- 6.03 Als wesentliche Kostentreiber wurden zehn Variablen identifiziert, welche die netzwirtschaftliche Leistungserbringung und die



gebietsstrukturellen Eigenschaften der Verteilernetzbetreiber gut abdecken. Zu ihnen zählen: Ausspeisepunkte gesamt, Versorgte Fläche, Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen, Potentieller Ausspeisepunkte, Potentielle Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen, Netzlänge (Druckstufe kleiner als 5 bar), Netzlänge (Druckstufe größer als 5 bar), Rohrvolumen, Bevölkerung 1995 und Bevölkerung 2006. Die Vergleichbarkeit und Konsistenz mit internationalen wissenschaftlichen Analysen und Erfahrungen ist gegeben.

- 6.04 Die Robustheit der Ergebnisse wurde durch Sensitivitätsanalysen validiert. Anhand einer „Second Stage“ Analyse wurden mögliche Variablen, die im gewählten Modell nicht berücksichtigt wurden, nochmals auf ihren Informationsgehalt hinsichtlich ihres potentiellen Einflusses auf die Effizienzwerte geprüft. Somit wurde sichergestellt, dass die ermittelten Effizienzwerte konsistent hinsichtlich anderer Vergleichsparameter sind.
- 6.05 Die Durchführbarkeit des Effizienzvergleichs ist somit sowohl aus wissenschaftlicher Perspektive als auch im Hinblick auf die Regulierungspraxis vollständig gegeben und wird durch plausible und robuste Ergebnisse bestätigt.



7. Referenzen

Agrell, P. J. und P. Bogetoft (2004a): NVE Note Network Cost Efficiency Model, Report Norwegian Energy Directive NVE, Sumicsid AB.

Agrell, P. J. und P. Bogetoft (2004b): Note on Methodology Ecom + Project, Note 2004-10-01, Sumicsid AB.

Agrell, P. J. und P. Bogetoft (2007): Benchmarking Models for German Electricity and Gas Distribution, Sumicsid AB. Gerner IV Final Report. <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/9598.pdf>

Agrell, P. J. und P. Bogetoft (2008): Effizienzvergleiche der Verteilernetzbetreiber für Strom und Gas, Weißbuch, 2008-04-07 Version 1.0, Sumicsid AB.

Agrell, P. J., P. Bogetoft, A. Cullmann, C. v. Hirschhausen, A. Neumann, und M. Walter (2008): Ergebnisdokumentation: Bestimmung der Effizienzwerte von Fernleitungsnetzbetreibern Gas, FLNB Endbericht 2008.

Banker, R.D. und H. Chang (2006): The Super-Efficiency Procedure for Outlier Identification, Not for Ranking Efficient Units. *European Journal of Operational Research*, 175, 1311-1321.

Bundesnetzagentur (2007): Bericht der Bundesnetzagentur nach § 112a EnWG zur Einführung der Anreizregulierung nach § 21a EnWG.



Bundesnetzagentur (2008): Veröffentlichungen Anlage 1 „Gas-Parameter und Definition für Anreizregulierung“
http://www.bundesnetzagentur.de/enid/439080d233120c9d4a961c5f3b686d64,0/Festlegung_nach__29_EnWG_neu/Ankuendigung_der_Festlegung_BK9-_7/6_3_4ac.html

Consentec (2006): Untersuchung der Voraussetzungen und möglicher Anwendung analytischer Kostenmodelle in der deutschen Energiewirtschaft; Abschlussbericht.

<http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/9600.pdf>

Jondrow, J., K. Lovell, I. Materov P. and Schmidt (1982): On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics*, 19, 233–238.

Kruskal, W.H. und W.A. Wallis (1952): Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583–621.

Simar, L. und P.W. Wilson (1998): Sensitivity Analysis of Efficiency Scores. How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*, 44, 49–61.

Simar, L. und P.W. Wilson (2000): A General Methodology for Bootstrapping in Nonparametric Frontier Models. *Journal of Applied Statistics* 27, 779–802.

Tobin, J. (1958): Estimation for Relationships with Limited Dependent Variables. *Econometrica*, 26, 24–36.



Anhang A: Englische Bezeichnung und deutsche Übersetzung der Parameter Gas und deren kategorische Einordnung

Area	Flächen
yArea.supplied	Angabe der versorgten Fläche (entspricht dem Konzessionsgebiet abzüglich nicht versorgter Flächen wie bspw. Wälder, Seen, Flüsse und nicht erschlossenen Gebieten) km²
yArea.geographic	Geographische Fläche
Outputs	Vergleichsgrößen (Output) zur Beschreibung der netzwirtschaftlichen Leistungserbringung
yPeakload.in	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Einspeisungen aus vorgelagerten Netzen mn³ / h
yEnergy.in	Eingespeiste Jahresarbeit mn³
yPeakload.out	Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen mn³ / h
yEnergy.out	Ausgespeiste Jahresarbeit mn³
yEnergy.out.2005	für das letzte (in 2006) abgeschlossene Geschäftsjahr Ausgespeiste Jahresarbeit mn³
yEnergy.out.2004	für die letzten 5 Geschäftsjahre bis zum im Jahr 2006
yEnergy.out.2003	abgeschlossenen Geschäftsjahr (historische Werte)
yEnergy.out.2002	(2001-2005)
yEnergy.out.2001	
yConnection.out.nd	Anzahl Ausspeisepunkte an Letztverbraucher getrennt
yConnection.out.md	nach Druckbereichen,
yConnection.out.1.hd	ND, MD, HD je Druckbereich
yConnection.out.5.hd	
yConnection.out.16.hd	
yConnection.out.70.hd	
yConnection.out.hd	Anzahl Ausspeisepunkte summiert über HD



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 99 (172)

yConnections.other.nd yConnections.other.md yConnections.other.1.hd yConnections.other.5.hd yConnections.other.16.hd yConnections.other.70.hd	Anzahl Ausspeisepunkte an nachgelagerte fremde Netze (z.B. Weiterverteiler, Speicher und Sonstige) getrennt nach Druckbereichen, ND, MD, HD je Druckbereich
yConnections.own.nd yConnections.own.md yConnections.own.1.hd yConnections.own.5.hd yConnections.own.16.hd yConnections.own.70.hd	Anzahl Ausspeisepunkte an nachgelagerte eigene Netze (Netzteile, Speicher und Sonstige) getrennt nach Druckbereichen, ND, MD, HD je Druckbereich
yConnection.points.hd yConnection.out.hd yConnection.points.tot yConnection.out.tot	Anzahl Ausspeisepunkte an Letztverbraucher summiert über HD Anzahl Ausspeisepunkte summiert über HD Anzahl aller Ausspeisepunkte an Letztverbraucher Anzahl aller Ausspeisepunkte
zCoverage.conn.fraction zCoverage.actual zCoverage.potential	Anschlussgrad in % aktueller Erschließungsgrad in % potentieller Erschließungsgrad in %
yMeters.nd yMeters.md yMeters.1.hd yMeters.5.hd yMeters.16.hd yMeters.70.hd yMeters.hd yMeters.tot	Anzahl der Messstellen getrennt nach Messdruckbereichen, ND, MD, HD Anzahl der Messstellen summiert über HD Anzahl aller Messstellen
	Ost/West
	ja/nein

**EE²****Effizienzvergleich VNB Gas 100 (172)**

	in %
yCalorificvalue.grade.H	Mengengewichteter Brennwert bezogen auf den Jahresdurchschnitt - H-Gas kWh / mn ³
yCalorificvalue.grade.L	Mengengewichteter Brennwert bezogen auf den Jahresdurchschnitt - L-Gas kWh / mn ³
yCalorificvalue.grade.other	Mengengewichteter Brennwert bezogen auf den Jahresdurchschnitt - sonstige Gase kWh / mn ³
yLength.diameter.class.A.nd yLength.diameter.class.B.nd yLength.diameter.class.C.nd yLength.diameter.class.D.nd yLength.diameter.class.E.nd yLength.diameter.class.F.nd yLength.diameter.class.G.nd yLength.diameter.nd	Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen, Material und Druckbereichen für ND, MD, HD je Druckbereich km

**EE²**

yShare.value.steered.nd yLength.diameter.class.A.md yLength.diameter.class.B.md yLength.diameter.class.C.md yLength.diameter.class.D.md yLength.diameter.class.E.md yLength.diameter.class.F.md yLength.diameter.class.G.md yLength.diameter.md yShare.value.steered.md yLength.diameter.class.A.1.hd yLength.diameter.class.B.1.hd yLength.diameter.class.C.1.hd yLength.diameter.class.D.1.hd yLength.diameter.class.E.1.hd yLength.diameter.class.F.1.hd yLength.diameter.class.G.1.hd yLength.diameter.1.hd yShare.value.steered.1.hd yLength.diameter.class.A.5.hd yLength.diameter.class.B.5.hd yLength.diameter.class.C.5.hd yLength.diameter.class.D.5.hd yLength.diameter.class.E.5.hd yLength.diameter.class.F.5.hd yLength.diameter.class.G.5.hd yLength.diameter.5.hd	
yLength.diameter.class.A.16.hd yLength.diameter.class.B.16.hd yLength.diameter.class.C.16.hd	Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen, Material und Druckbereichen, gewichtet mit dem Durchmesser, ND, MD, HD je Druckbereich km



yLength.diameter.class.D.16.hd yLength.diameter.class.E.16.hd yLength.diameter.class.F.16.hd yLength.diameter.class.G.16.hd yLength.class.16.hd yLength.diameter.class.A.70.hd yLength.diameter.class.B.70.hd yLength.diameter.class.C.70.hd yLength.diameter.class.D.70.hd yLength.diameter.class.E.70.hd yLength.diameter.class.F.70.hd yLength.diameter.class.G.70.hd yLength.diameter.70.hd	
wx.share.ownership.A.16.hd wx.share.ownership.B.16.hd wx.share.ownership.C.16.hd wx.share.ownership.D.16.hd wx.share.ownership.E.16.hd wx.share.ownership.F.16.hd wx.share.ownership.G.16.hd wx.share.ownership.16.hd yShare.value.steered.16.hd wx.share.ownership.A.70.hd wx.share.ownership.B.70.hd wx.share.ownership.C.70.hd wx.share.ownership.D.70.hd wx.share.ownership.E.70.hd wx.share.ownership.F.70.hd wx.share.ownership.G.70.hd wx.share.ownership.70.hd yShare.value.steered.70.hd	Bruchteilsnutzung Netzlänge, HD: >16 und <= 70 bar; >70 bar km
ylength.A.hd ylength.B.hd ylength.C.hd ylength.D.hd ylength.E.hd ylength.F.hd	



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 103 (172)

yLength.G.hd		
yLength.cus.1.hd	Länge der Hausanschlussleitungen,	km
yLength.cus.md	ND, MD, HD	
yLength.cus.hd		
yLength.cus.tot		
yLength.cus.5.hd		
yLength.cus.nd		
yLength.cus.70.hd		
yLength.cus.16.hd		
yShare.parallel.laying.nd	Anteil Parallelverlegung je Druckebene ohne	%
yShare.parallel.laying.md	Hausanschlussleitungen,	
yShare.parallel.laying.hd	ND, MD, HD	
yCompressor.hd	Anzahl Regelanlagen, HD,	
yCompressor.SQmax.R.hd	Maximale Stundenleistung Regelanlagen - Regler HD	mn ³ /h
yCompressor.SAmax.R.hd	Maximale Stundenleistung Regelanlagen – Gesamtanlage HD	mn ³ /h
yCompressor.in.hd	Anzahl Übernähmeanlagen HD	
yCompressor.in.SQmax.R.hd	Maximale Stundenleistung der Übernähmeanlagen - Regler HD	mn ³ /h
yCompressor.in.SQmax.A.hd	Maximale Stundenleistung der Übernähmeanlagen – Gesamtanlage HD	mn ³ /h
yCompressor.in.SQact.A.hd	Tatsächl. gemessene Stundenleistung der Übernähmeanlagen HD	mn ³ /h
yCompressor.out.hd	Anzahl Übergabeanlagen HD	
yCompressor.out.SQmax.R.hd	Maximale Stundenleistung der Übergabeanlagen - Regler HD	mn ³ /h
yCompressor.out.SQmax.A.hd	Maximale Stundenleistung der Übergabeanlagen – Gesamtanlage HD	mn ³ /h
yCompressor.out.SQact.A.hd	Tatsächl. gemessene Stundenleistung der Übergabeanlagen HD	mn ³ /h
yCompressor.transport.hd	Anzahl Transportverdichter HD	
yCompressor.transport.SQmax.TV.hd	Maximale Stundenleistung	mn ³ /h
yCompressor.transport.SQact.TV.hd	Tatsächl. gemessene Stundenleistung	mn ³ /h
yCompressor.net.hd	Anzahl Speicher-/ Grundverdichter HD	
yCompressor.net.SQmax.NSV.hd	Maximale Stundenleistung	mn ³ /h
yCompressor.net.SQact.NSV.hd	Tatsächl. gemessene Stundenleistung	mn ³ /h
wxCompressor.share.hd	Bruchteilsnutzung Verdichterstationen	%
yAssets.hd	Summe über alle GDR und GDRM HD	
yAssets.SQmaxR.hd	Maximale Stundenleistung über alle GDR und GDRM – Regler HD	mn ³ /h
yAssets.SQmax.A.hd	Maximale Stundenleistung über alle GDR und GDRM – Anlage HD	mn ³ /h
yAssets.SQact.A.hd	Tatsächlich gemessene Stundenleistung über alle GDR und GDRM	mn ³ /h
wxAssets.share.hd	Bruchteilsnutzung Regelanlagen	%



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 104 (172)

yNet.structure.ring.nd yNet.structure.mashed.nd yNet.structure.stream.nd yNet.structure.ring.md yNet.structure.mashed.md yNet.structure.stream.md yNet.structure.ring.hd yNet.structure.mashed.hd yNet.structure.stream.hd	Netzkomplexität: Ring-, Strahlen-, Maschennetz; (HD,MD, ND)	km
yPotential.connections yPotential.area	Potentielle Anzahl aller Ausspeisepunkte Potentielle versorgte Fläche	km ²
yPotential.peakload	Potentielle zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen	mn ³ / h
yVolume.nd yVolume.md yVolume.hd	Rohrvolumen je Druckbereich	m ³
yVolume.cus yVolume.tot yVolume.tot.cus	Rohrvolumen der Hausanschlussleitungen Rohrvolumen über alle Druckbereiche Rohrvolumen gesamt (inkl. Hausanschlussleitungen)	
yPop.1995 yPop.2006	Bevölkerung 1995 Bevölkerung 2006	
yPipelength.value.steered.lower5bar yPipelength.value.steered.above5bar yPipelength.pressure.steered.lower5bar yPipelength.pressure.steered.above5bar yPipelength.lower5bar yPipelength.above5bar yPipe.length.value.steered yPipe.length.pressure.steered yPipelength.lower5bar.incl.HAL	Leitungslänge unter 5bar (mengengesteuert) Leitungslänge über 5bar (mengengesteuert) Leitungslänge unter 5bar (druckgesteuert) Leitungslänge über 5bar (druckgesteuert) Leitungslänge unter 5bar Leitungslänge über 5bar Leitungslänge (mengengesteuert) Leitungslänge (mengengesteuert) Leitungslänge unter 5bar inkl. Hausanschlussleitungen	km km km km km km km km
yPipeline.area.nd yPipeline.area.md yPipeline.area.hd yPipeline.area.cus	Rohrleitungsfläche je Druckbereich ND, MD, HD Rohrleitungsfläche Hausanschlussleitungen	km ² km ²



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 105 (172)

yPipeline.area.tot	Rohrleitungsfläche über alle Druchbereiche	km ²
yPipeline.area.tot.cus	Rohrleitungsfläche über alle Druchbereiche inkl. Hausanschlussleitungen	km ²
Structural Parameters	Strukturparameter zur Beschreibung der gebietsstrukturellen Eigenschaften	
zEast_west	Belegenheit des Netzes	
zWater.nets	Betreiber von Wassernetzen,	ja/nein
zDistrictheating.nets	Betreiber von Fernwärmenetzen	ja/nein
zSewer.nets	Betreiber von Abwassernetzen	ja/nein
zStorage.gas	Betreiber von Gasspeichern	ja/nein
zTelecom.net	Betreiber von TK-Netzen	ja/nein
zElectricity.nets	Betreiber von Stromnetzen	ja/nein
zShare.gas.H	Anteil Gasarten (H-/L- und sonstige Gase)	%
zShare.gas.L		
zShare.gas.other		
zNet.buffer	Netzpuffer	m ³ n pro Tag
zNet.storage.users	Speichernutzung	Anzahl
zVolume.geometric	Geometrisches Volumen	m ³
zCapacity	Ausspeisekapazität für alle Speicher	m ³ /h
zV1_bk1_qkm	Anteil der jeweiligen Bodenklasse im ersten Meter für die Bodenklassen 1-7	%
zV1_bk2_qkm		
zV1_bk3_qkm		
zV1_bk4_qkm		
zV1_bk5_qkm		
zV1_bk6_qkm		
zV1_bk7_qkm		
zV2_bk1_qkm	Anteil der jeweiligen Bodenklasse im zweiten Meter für die Bodenklassen 1-7	%
zV2_bk2_qkm		
zV2_bk3_qkm		
zV2_bk4_qkm		
zV2_bk5_qkm		
zV2_bk6_qkm		



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 106 (172)

zV2_bk7_gkm	
zheight.min	Minimale Höhe im Versorgungsgebiet über NN m
zheight.max	Maximale Höhe im Versorgungsgebiet über NN m
zheight.diff	Höhendifferenz im Versorgungsgebiet über NN m
zslope	Durchschnittliche Hangneigung im Versorgungsgebiet %
zstreetlength	Straßenlänge im Versorgungsgebiet m
zstreetlength.highways	Autobahnlänge im Versorgungsgebiet m
z.river.bridges	Anzahl Flussbrücken im Versorgungsgebiet
z.Temp.avg.day	Gradtagszahl
z.popchange1	Bevölkerung von 2006 – Bevölkerung von 1995
z.popchange2	(Bevölkerung von 2006 – Bevölkerung von 1995) / Bevölkerung von 1995
z.popchange3	(Bevölkerung von 2006 – Bevölkerung von 1995) / Bevölkerung von 2006
z.popchange4	(Bevölkerung von 2006 – Bevölkerung von 1995) / 12
z.popchange5	(Bevölkerung von 2006 / Bevölkerung von 1995) ^{1/12} - 1
Allgemein	
Druckbereich	Die Druckbereiche sind unterteilt in: Niederdruck ≤ 100 mbar Mitteldruck > 100 mbar und ≤ 1 bar Hochdruck > 1 bar Hochdruck wird in folgende Druckbereiche unterteilt: 1.hd: > 1 bar und ≤ 5 bar 5.hd: > 5 bar und ≤ 16 bar 16.hd: > 16 bar und ≤ 70 bar 70.hd: > 70 bar
Die Strukturdaten beziehen sich auf den letzten Tag des in 2006 abgeschlossenen Geschäftsjahres	



Anhang B: Schätzergebnisse der Kostentreiberanalyse

Variablenbezeichnung	Geschätzter Koeffizient	Standardfehler	t-Wert	p-Wert
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5377219.69	850147.31	6.33	0.00
yEnergy.in	0.06	0.05	1.39	0.17
yEnergy.out	0.04	0.06	0.67	0.50
yEnergy.out.2005	-0.08	0.03	-3.12	0.00
yEnergy.out.2004	0.08	0.02	3.21	0.00
yEnergy.out.2003	-0.03	0.02	-2.11	0.04
yEnergy.out.2002	-0.01	0.02	-0.43	0.67
yEnergy.out.2001	-0.01	0.01	-1.22	0.22
Adjusted R-square	0.89			
Number of estimated coefficients	8.00	AIC	6028.71	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4756749.25	750876.06	6.33	0.00
yPeakload.in	-271.56	65.81	-4.13	0.00
yPeakload.out	426.24	64.93	6.56	0.00
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	3.00	AIC	5982.55	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2710045.06	895944.90	3.02	0.00
yMeters.nd	329.33	8.45	38.97	0.00
yMeters.md	384.22	41.82	9.19	0.00
yMeters.1.hd	-2347.12	1130.43	-2.08	0.04
yMeters.5.hd	-20883.55	12551.95	-1.66	0.10
yMeters.16.hd	170069.21	447857.17	0.38	0.70
yMeters.70.hd	227928.24	6883295.89	0.03	0.97
Adjusted R-square	0.90			
Number of estimated coefficients	7.00	AIC	6022.34	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2004455.79	589944.59	3.40	0.00

**EE²****Effizienzvergleich VNB Gas 108 (172)**

yLength.diameter.class.A.nd	4974185.37	3850904.74	1.29	0.20
yLength.diameter.class.B.nd	306140.26	1618905.59	0.19	0.85
yLength.diameter.class.C.nd	381378.94	254115.51	1.50	0.14
yLength.diameter.class.D.nd	44183.58	173940.00	0.25	0.80
yLength.diameter.class.E.nd	33354.29	10939.95	3.05	0.00
yLength.diameter.class.F.nd	14193.20	2492.83	5.69	0.00
yLength.diameter.class.G.nd	17808.12	5467.04	3.26	0.00
yLength.diameter.class.A.md	-2071925.19	11601675.43	-0.18	0.86
yLength.diameter.class.B.md	-2498471.86	12586954.12	-0.20	0.84
yLength.diameter.class.C.md	-1087679.84	1171868.72	-0.93	0.35
yLength.diameter.class.D.md	549114.62	720403.24	0.76	0.45
yLength.diameter.class.E.md	-219776.98	765483.30	-0.29	0.77
yLength.diameter.class.F.md	-225952.46	764899.29	-0.30	0.77
yLength.diameter.class.G.md	-221150.16	764936.59	-0.29	0.77
yLength.diameter.md	230936.60	764926.55	0.30	0.76
yLength.diameter.class.A.1.hd	803317051.33	586098928.32	1.37	0.17
yLength.diameter.class.B.1.hd	-50354409.49	38424788.48	-1.31	0.19
yLength.diameter.class.C.1.hd	-624388.61	647115.89	-0.96	0.34
yLength.diameter.class.D.1.hd	72438.54	83073.16	0.87	0.38
yLength.diameter.class.E.1.hd	-10839.68	9142.81	-1.19	0.24
yLength.diameter.class.F.1.hd	15259.12	4699.44	3.25	0.00
yLength.diameter.class.G.1.hd	-381.51	17298.37	-0.02	0.98
yLength.diameter.class.A.5.hd	-50647.02	498845.35	-0.10	0.92
yLength.diameter.class.B.5.hd	-1522328.32	971165.63	-1.57	0.12
yLength.diameter.class.C.5.hd	562470.89	227014.09	2.48	0.01
yLength.diameter.class.D.5.hd	42435.71	27616.23	1.54	0.13
yLength.diameter.class.E.5.hd	50976.96	8296.60	6.14	0.00
yLength.diameter.class.F.5.hd	16178.71	7259.30	2.23	0.03
yLength.diameter.class.G.5.hd	-126140.22	32610.91	-3.87	0.00
yLength.diameter.class.A.16.hd	2321087.79	1920797.29	1.21	0.23
yLength.diameter.class.B.16.hd	-210821.58	96296.09	-2.19	0.03
yLength.diameter.class.C.16.hd	-50821.28	86716.80	-0.59	0.56
yLength.diameter.class.D.16.hd	117475.97	47543.43	2.47	0.01
yLength.diameter.class.E.16.hd	-26172.81	18927.38	-1.38	0.17
yLength.diameter.class.F.16.hd	93358.60	29715.65	3.14	0.00
yLength.diameter.class.G.16.hd	1221673.46	404596.28	3.02	0.00
yLength.diameter.class.A.70.hd	-1162971.55	1778439.95	-0.65	0.51



yLength.diameter.class.B.70.hd	2172613.91	2455877.25	0.88	0.38
yLength.diameter.class.C.70.hd	-564831.37	145737.38	-3.88	0.00
yLength.diameter.class.D.70.hd	-457003.64	268081.58	-1.70	0.09
yLength.diameter.class.E.70.hd	581996.05	198388.89	2.93	0.00
yLength.diameter.class.F.70.hd	-1210359.37	1107405.14	-1.09	0.28
yLength.diameter.class.G.70.hd	-21266984.30	29680930.89	-0.72	0.47
Adjusted R-square	0.97			
Number of estimated coefficients	44.00	AIC	5794.37	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1998504.09	587751.50	3.40	0.00
yLength.diameter.class.A.nd	4944863.24	3837511.98	1.29	0.20
yLength.diameter.class.B.nd	286241.65	1612450.67	0.18	0.86
yLength.diameter.class.C.nd	386832.59	252671.49	1.53	0.13
yLength.diameter.class.D.nd	49745.11	172415.10	0.29	0.77
yLength.diameter.class.E.nd	33377.44	10905.10	3.06	0.00
yLength.diameter.class.F.nd	14192.29	2484.95	5.71	0.00
yLength.diameter.class.G.nd	17757.51	5447.19	3.26	0.00
yLength.diameter.class.A.md	-1867757.07	11545341.56	-0.16	0.87
yLength.diameter.class.B.md	-2224101.95	12514423.36	-0.18	0.86
yLength.diameter.class.C.md	-816745.75	751231.12	-1.09	0.28
yLength.diameter.class.D.md	751164.26	265788.42	2.83	0.01
yLength.diameter.class.E.md	11321.28	5692.40	1.99	0.05
yLength.diameter.class.F.md	4975.89	339.03	14.68	0.00
yLength.diameter.class.G.md	9789.33	849.65	11.52	0.00
yLength.diameter.class.A.1.hd	781960879.63	579975567.99	1.35	0.18
yLength.diameter.class.B.1.hd	-48993720.65	38038940.90	-1.29	0.20
yLength.diameter.class.C.1.hd	-568790.66	618398.44	-0.92	0.36
yLength.diameter.class.D.1.hd	71000.52	82674.35	0.86	0.39
yLength.diameter.class.E.1.hd	-10791.52	9112.53	-1.18	0.24
yLength.diameter.class.F.1.hd	15288.68	4683.57	3.26	0.00
yLength.diameter.class.G.1.hd	-710.03	17209.54	-0.04	0.97
yLength.diameter.class.A.5.hd	-50097.99	497265.33	-0.10	0.92
yLength.diameter.class.B.5.hd	-1523495.02	968088.37	-1.57	0.12
yLength.diameter.class.C.5.hd	557701.11	225747.87	2.47	0.01
yLength.diameter.class.D.5.hd	42011.60	27493.30	1.53	0.13
yLength.diameter.class.E.5.hd	50977.09	8270.38	6.16	0.00
yLength.diameter.class.F.5.hd	16277.69	7228.97	2.25	0.03

EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 110 (172)

yLength.diameter.class.G.5.hd	-126115.63	32507.73	-3.88	0.00
yLength.diameter.class.A.16.hd	2304380.95	1913931.38	1.20	0.23
yLength.diameter.class.B.16.hd	-211390.41	95973.34	-2.20	0.03
yLength.diameter.class.C.16.hd	-49279.87	86292.76	-0.57	0.57
yLength.diameter.class.D.16.hd	116039.96	47155.39	2.46	0.02
yLength.diameter.class.E.16.hd	-25935.44	18851.27	-1.38	0.17
yLength.diameter.class.F.16.hd	93081.95	29607.64	3.14	0.00
yLength.diameter.class.G.16.hd	1224355.91	403220.20	3.04	0.00
yLength.diameter.class.A.70.hd	-1046777.82	1730808.87	-0.60	0.55
yLength.diameter.class.B.70.hd	2207278.60	2445437.84	0.90	0.37
yLength.diameter.class.C.70.hd	-562535.36	145078.81	-3.88	0.00
yLength.diameter.class.D.70.hd	-453784.04	267022.72	-1.70	0.09
yLength.diameter.class.E.70.hd	583073.33	197729.84	2.95	0.00
yLength.diameter.class.F.70.hd	-1215846.17	1103756.27	-1.10	0.27
yLength.diameter.class.G.70.hd	-25446022.10	26172542.26	-0.97	0.33
Adjusted R-square	0.97			
Number of estimated coefficients	43.00	AIC	5792.49	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	332546.11	888275.00	0.37	0.71
yConnection.out.nd	6552.84	15713.12	0.42	0.68
yConnection.out.md	6223.07	15707.16	0.40	0.69
yConnection.out.1.hd	-5695.10	5846.22	-0.97	0.33
yConnection.out.5.hd	9212.29	13016.33	0.71	0.48
yConnection.out.16.hd	160312.23	40604.04	3.95	0.00
yConnection.out.70.hd	-3624911.79	1844979.03	-1.96	0.05
yConnection.out.hd	12222.86	16566.85	0.74	0.46
yConnection.out.tot	-5899.42	15705.74	-0.38	0.71
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	9.00	AIC	5984.65	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7753668.42	1591260.09	4.87	0.00
yCompressor.in.hd	114183.95	71826.77	1.59	0.11
yCompressor.in.SQmax.R.hd	5.96	4.58	1.30	0.19
yCompressor.in.SQmax.A.hd	-11.86	13.06	-0.91	0.36
yCompressor.in.SQact.A.hd	153.69	22.00	6.99	0.00
Adjusted R-square	0.64			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	6253.46	



	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	18574550.27	1956358.49	9.49	0.00
yCompressor.out.hd	-11115.33	19230.41	-0.58	0.56
yCompressor.out.SQmax.R.hd	32.39	39.02	0.83	0.41
yCompressor.out.SQmax.A.hd	17.37	75.02	0.23	0.82
yCompressor.out.SQact.A.hd	57.56	20.54	2.80	0.01
Adjusted R-square	0.27			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	6387.43	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	13962915.80	1810755.81	7.71	0.00
yCompressor.SQmax.R.hd	15.09	1.28	11.76	0.00
Adjusted R-square	0.42			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6339.28	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8581936.33	1288036.56	6.66	0.00
yCompressor.SAmax.R.hd	49.39	2.19	22.60	0.00
Adjusted R-square	0.73			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6195.98	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6227852.27	1161825.41	5.36	0.00
yAssets.hd	2855.14	1899.85	1.50	0.13
yAssets.SQmaxR.hd	2.16	0.88	2.44	0.02
yAssets.SQmax.A.hd	25.40	2.49	10.20	0.00
yAssets.SQact.A.hd	6.72	6.69	1.01	0.32
Adjusted R-square	0.80			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	6148.37	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	22140898.78	2232638.31	9.92	0.00
yCompressor.net.hd	-17834681.59	31017761.03	-0.57	0.57
yCompressor.net.SQmax.NSV.hd	14183.66	17202.10	0.82	0.41
yCompressor.net.SQact.NSV.hd	-12164.35	18931.42	-0.64	0.52
Adjusted R-square	-0.01			
Number of estimated coefficients	4.00	AIC	6446.54	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	22132762.95	2215222.12	9.99	0.00
yCompressor.transport.hd	682366.17	3786588.36	0.18	0.86
Adjusted R-square	-0.01			



EE²

Effizienzvergleich VNB Gas 112 (172)

Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6443.67	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3996659.28	738003.72	5.42	0.00
yVolume.nd	437.61	41.41	10.57	0.00
yVolume.md	-152.48	49.78	-3.06	0.00
yVolume.hd	386.14	30.42	12.69	0.00
yVolume.cus	8585.61	832.62	10.31	0.00
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	5965.77	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2897195.03	622793.46	4.65	0.00
yPotential.connections	205.67	15.28	13.46	0.00
yPotential.area	-929.14	213.21	-4.36	0.00
yPotential.peakload	60.57	4.08	14.85	0.00
Adjusted R-square	0.95			
Number of estimated coefficients	4.00	AIC	5897.29	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
yPipeLength.value.steered.lower5bar	17098.04	6976.19	2.45	0.02
yPipeLength.value.steered.above5bar	-264298605.16	691453332.03	-0.38	0.70
yPipeLength.pressure.steered.lower5bar	4901.60	7189.63	0.68	0.50
yPipeLength.pressure.steered.above5bar	-264285704.65	691452834.29	-0.38	0.70
yPipeLength.above5bar	264319759.66	691454016.07	0.38	0.70
yPipeLength.lower5bar.inclHAL	860.19	4739.00	0.18	0.86
Adjusted R-square	0.87			
Number of estimated coefficients	7.00	AIC	6062.32	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2953389.51	779101.82	3.79	0.00
yPipeline.area.nd	97.51	9.22	10.57	0.00
yPipeline.area.md	-3.23	9.14	-0.35	0.72
yPipeline.area.hd	82.13	7.14	11.51	0.00
yPipeline.area.cus	252.38	49.80	5.07	0.00
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	5983.10	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2563205.03	732332.34	3.50	0.00
yPop.1995	-93.23	25.10	-3.72	0.00
yPop.2006	151.00	24.39	6.19	0.00



Adjusted R-square	0.93			
EDF	3.00	AIC	5957.16	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8839517.47	1527487.04	5.79	0.00
yArea.geographic	3719.93	908.00	4.10	0.00
yArea.supplied	50249.14	7457.28	6.74	0.00
Adjusted R-square	0.64			
Number of estimated coefficients	3.00	AIC	6254.22	
Submodel for groups of Z-var				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	30525839.78	11101889.24	2.75	0.01
zEast_west	-4559902.15	5931944.01	-0.77	0.44
Adjusted R-square	0.00			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6443.10	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	18222517.39	2136975.35	8.53	0.00
zNet.buffer	107.21	18.27	5.87	0.00
Adjusted R-square	0.15			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6411.79	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	44625122.36	9548929.39	4.67	0.00
zCoverage.conn.fraction	-174470.44	202612.04	-0.86	0.39
zCoverage.actual	-165250.06	226892.18	-0.73	0.47
zCoverage.potential	15027.30	143930.39	0.10	0.92
Adjusted R-square	0.02			
Number of estimated coefficients	4.00	AIC	6440.94	
1.00	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	15991857.62	6629124.99	2.41	0.02
zElectricity.nets	4748182.00	4811304.39	0.99	0.32
Adjusted R-square	0.00			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6442.72	
1.00	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3239898.81	15709033.74	0.21	0.84
zSewer.nets	9856335.72	8102006.98	1.22	0.23
Adjusted R-square	0.00			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6442.21	



	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6303332.36	7647773.45	0.82	0.41
zDistrictheating.nets	9755139.63	4508838.50	2.16	0.03
Adjusted R-square	0.02			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6439.03	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	11271211.26	14034467.44	0.80	0.42
zTelecom.net	5736814.35	7300922.14	0.79	0.43
Adjusted R-square	0.00			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6443.08	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-14881658.47	23428509.85	-0.64	0.53
zTemp.avg.day	10958.44	6900.27	1.59	0.11
Adjusted R-square	0.01			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6441.17	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	92842612.01	20838853.11	4.46	0.00
zStorage.gas	-36112794.66	10590716.28	-3.41	0.00
Adjusted R-square	0.05			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6432.30	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	30497144.73	4993018.41	6.11	0.00
zState	-992158.16	534159.84	-1.86	0.06
Adjusted R-square	0.01			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6440.24	
Stepwise for selected groups of Y-var				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	8839517.47	1527487.04	5.79	0.00
yArea.geographic	3719.93	908.00	4.10	0.00
yArea.supplied	50249.14	7457.28	6.74	0.00
Adjusted R-square	0.64			
Number of estimated coefficients	3.00	AIC	6254.22	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5417278.97	832366.54	6.51	0.00
yEnergy.in	0.09	0.02	5.64	0.00
yEnergy.out.2005	-0.07	0.02	-3.38	0.00



yEnergy.out.2004	0.07	0.02	3.47	0.00
yEnergy.out.2003	-0.03	0.01	-2.09	0.04
yEnergy.out.2001	-0.01	0.01	-2.19	0.03
Adjusted R-square	0.89			
Number of estimated coefficients	6.00	AIC	6025.32	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4756749.25	750876.06	6.33	0.00
yPeakload.in	-271.56	65.81	-4.13	0.00
yPeakload.out	426.24	64.93	6.56	0.00
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	3.00	AIC	5982.55	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2787284.65	863912.10	3.23	0.00
yMeters.nd	329.16	8.39	39.23	0.00
yMeters.md	383.33	41.53	9.23	0.00
yMeters.1.hd	-2350.54	1124.61	-2.09	0.04
yMeters.5.hd	-20863.45	12486.67	-1.67	0.10
Adjusted R-square	0.90			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	6018.49	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2327659.50	514644.73	4.52	0.00
yLength.diameter.class.C.nd	642473.04	165142.30	3.89	0.00
yLength.diameter.class.E.nd	31599.35	8716.42	3.63	0.00
yLength.diameter.class.F.nd	14749.31	2296.26	6.42	0.00
yLength.diameter.class.G.nd	13645.03	4159.55	3.28	0.00
yLength.diameter.class.C.md	-953125.64	532755.14	-1.79	0.08
yLength.diameter.class.D.md	530696.35	122917.55	4.32	0.00
yLength.diameter.class.F.md	-4265.52	909.10	-4.69	0.00
yLength.diameter.md	9318.84	774.15	12.04	0.00
yLength.diameter.class.A.1.hd	32050204.16	9062867.18	3.54	0.00
yLength.diameter.class.F.1.hd	11117.16	2072.85	5.36	0.00
yLength.diameter.class.B.5.hd	-1664268.43	540693.91	-3.08	0.00
yLength.diameter.class.C.5.hd	470799.84	166327.54	2.83	0.01
yLength.diameter.class.D.5.hd	61533.04	19881.13	3.10	0.00
yLength.diameter.class.E.5.hd	48523.79	7243.69	6.70	0.00
yLength.diameter.class.F.5.hd	14235.99	6531.48	2.18	0.03
yLength.diameter.class.G.5.hd	-104151.04	28212.85	-3.69	0.00



yLength.diameter.class.A.16.hd	2729079.65	1542531.17	1.77	0.08
yLength.diameter.class.B.16.hd	-189037.07	90915.22	-2.08	0.04
yLength.diameter.class.D.16.hd	86643.37	31028.18	2.79	0.01
yLength.diameter.class.F.16.hd	55275.65	10025.32	5.51	0.00
yLength.diameter.class.G.16.hd	1363010.18	367950.62	3.70	0.00
yLength.diameter.class.B.70.hd	3562973.25	2235031.19	1.59	0.11
yLength.diameter.class.C.70.hd	-498661.07	122113.19	-4.08	0.00
yLength.diameter.class.D.70.hd	-360169.87	235408.83	-1.53	0.13
yLength.diameter.class.E.70.hd	606460.71	161691.98	3.75	0.00
yLength.diameter.class.F.70.hd	-1885084.16	1008948.11	-1.87	0.06
Adjusted R-square	0.98			
Number of estimated coefficients	27.00	AIC	5772.19	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	178442.10	848229.56	0.21	0.83
yConnection.out.nd	651.11	35.77	18.20	0.00
yConnection.out.md	322.72	15.28	21.12	0.00
yConnection.out.1.hd	-8500.57	4487.28	-1.89	0.06
yConnection.out.16.hd	167039.50	39496.04	4.23	0.00
yConnection.out.70.hd	-3762621.92	1827236.25	-2.06	0.04
yConnection.out.hd	9123.27	4484.32	2.03	0.04
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	7.00	AIC	5981.36	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3996659.28	738003.72	5.42	0.00
yVolume.nd	437.61	41.41	10.57	0.00
yVolume.md	-152.48	49.78	-3.06	0.00
yVolume.hd	386.14	30.42	12.69	0.00
yVolume.cus	8585.61	832.62	10.31	0.00
Adjusted R-square	0.92			
Number of estimated coefficients	5.00	AIC	5965.77	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2897195.03	622793.46	4.65	0.00
yPotential.connections	205.67	15.28	13.46	0.00
yPotential.area	-929.14	213.21	-4.36	0.00
yPotential.peakload	60.57	4.08	14.85	0.00
Adjusted R-square	0.95			
Number of estimated coefficients	4.00	AIC	5897.29	



	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2972636.55	775329.12	3.83	0.00
yPipeline.area.nd	99.59	7.07	14.09	0.00
yPipeline.area.hd	82.93	6.75	12.28	0.00
yPipeline.area.cus	235.36	12.31	19.13	0.00
Adjusted R-square	0.92			
EDF	4.00	AIC	5981.22	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2563205.03	732332.34	3.50	0.00
yPop.1995	8.23	25.10	-3.72	0.00
yPop.2006	151.00	24.39	6.19	0.00
Adjusted R-square	0.93			
Number of estimated coefficients	3.00	AIC	5957.16	
Stepwise for selected groups of Z-var				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	22161955.09	2203537.54	10.06	0.00
Adjusted R-square	0.00			
Number of estimated coefficients	1.00	AIC	6441.70	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	18222517.39	2136975.35	8.53	0.00
zNet.buffer	107.21	18.27	5.87	0.00
Adjusted R-square	0.15			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6411.79	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	40564472.44	7768962.24	5.22	0.00
zCoverage.conn.fraction	-306899.55	124387.11	-2.47	0.01
Adjusted R-square	0.03			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6437.65	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-14881658.47	23428509.85	-0.64	0.53
zTemp.avg.day	10958.44	6900.27	1.59	0.11
Adjusted R-square	0.01			
Number of estimated coefficients	2.00	AIC	6441.17	

**Test auf Multikollinearität im Effizienzvergleichsmodell anhand des VIF**

Parameter for large model	VIF
yArea.supplied	5.977293774
yPeakload.out	278.0473352
yPipelength.value.steered.lower5bar	2.844918939
yPipelength.value.steered.above5bar	66591683807
yPipelength.pressure.steered.above5bar	1.60051E+11
yPipelength.above5bar	2.80709E+11
yPop.2006	37.54075048
yMeters.nd	48.53260517
yMeters.md	5.044423808
yMeters.5.hd	1.850773469
yMeters.16.hd	1.368995877
yMeters.70.hd	1.207644357
yVolume.nd	21.33137063
yVolume.hd	10.83223548
yPotential.connections	226.7424921
yPotential.area	6.452923803
yPotential.peakload	318.8694764
yConnection.out.nd	172409.6849
yConnection.out.md	443365.6377
yConnection.out.1.hd	10925.70774
yConnection.out.16.hd	2.625509994
yConnection.out.70.hd	3.386194063
yConnection.out.tot	694862.7153

Parameter for small model	VIF
yConnection.out.tot	27.00773545
yArea.supplied	3.809975957
yPotential.peakload	7.21731466
yPipelength.lower5bar.inclHAL	22.27821136
yPipelength.above5bar	3.852581787
yVolume.tot.cus	9.281382843



Anhang C: Ergebnisse der Kruskal-Wallis Tests

Tabelle C.1: Lage der Netze

Test 1	Lage der Netze (Ost vs. West, Trennkriterium ist wenn die Rohrleitungen ihrer Länge nach zu mehr als 50% auf dem Gebiet der neuen Bundesländer liegen.
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) <pre>+-----+ x14 Obs Rank Sum +-----+ 1 30 3361.00 2 154 13659.00 +-----+</pre> chi-squared = 4.821 with 1 d.f. probability = 0.0281 chi-squared with ties = 4.847 with 1 d.f. probability = 0.0277

Tabelle C.2: Betreiber von Wassernetzen

Test 2	Betreiber von Wassernetzen (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) <pre>+-----+ x22 Obs Rank Sum +-----+ 1 101 9299.50 2 83 7720.50 +-----+</pre> chi-squared = 0.014 with 1 d.f. probability = 0.9047 chi-squared with ties = 0.014 with 1 d.f. probability = 0.9045

**Tabelle C.3: Betreiber von Fernwärmenetzen**

Test 3	Betreiber von Fernwärmenetzen (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x23 Obs Rank Sum -----+-----+----- 1 69 5898.50 2 115 11121.50 +-----+ chi-squared = 1.915 with 1 d.f. probability = 0.1664 chi-squared with ties = 1.925 with 1 d.f. probability = 0.1653

Tabelle C.4: Betreiber von Abwassernetzen

Test 4	Betreiber von Abwassernetzen (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x24 Obs Rank Sum -----+-----+----- 1 15 1530.00 2 169 15490.00 +-----+ chi-squared = 0.520 with 1 d.f. probability = 0.4710 chi-squared with ties = 0.522 with 1 d.f. probability = 0.4699

**Tabelle C.5: Betreiber von Gasspeichern**

Test 5	Betreiber von Gasspeichern (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x25 Obs Rank Sum -----+-----+----- 1 8 962.00 2 176 16058.00 +-----+ chi-squared = 2.270 with 1 d.f. probability = 0.1319 chi-squared with ties = 2.282 with 1 d.f. probability = 0.1308

Tabelle C.6: Betreiber von Telekommunikationsnetzen

Test 6	Betreiber von Telekommunikationsnetzen (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x26 Obs Rank Sum -----+-----+----- 1 19 1500.50 2 165 15519.50 +-----+ chi-squared = 1.367 with 1 d.f. probability = 0.2424 chi-squared with ties = 1.374 with 1 d.f. probability = 0.2412

**Tabelle C.7: Betreiber von Stromnetzen**

Test 7	Betreiber von Stromnetzen (ja vs. nein)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x27 Obs Rank Sum -----+-----+----- 1 130 12029.50 2 54 4990.50 +-----+ chi-squared = 0.000 with 1 d.f. probability = 0.9894 chi-squared with ties = 0.000 with 1 d.f. probability = 0.9894

Tabelle C.8: Netzpuffer

Test 8	Netzpuffer (vorhanden vs. nicht vorhanden; nicht unterteilt nach nutzbarem Volumen)
	Test: Equality of populations (Kruskal-wallis test) +-----+ x28dum Obs Rank Sum -----+-----+----- 0 132 12162.00 1 52 4858.00 +-----+ chi-squared = 0.022 with 1 d.f. probability = 0.8827 chi-squared with ties = 0.022 with 1 d.f. probability = 0.8824

**Tabelle C.9: Speichernutzung**

Test 9	Speichernutzung (vorhanden, nicht vorhanden, nicht getrennt nach Ausspeisekapazität)
	Test: Equality of populations (Kruskal-Wallis test) <pre>+-----+ x31dum Obs Rank Sum +-----+-----+ 0 170 15942.00 1 14 1078.00 +-----+-----+</pre> chi-squared = 1.283 with 1 d.f. probability = 0.2573 chi-squared with ties = 1.290 with 1 d.f. probability = 0.2560



Anhang D: Bezeichnung der Variablen für die „Second Stage“ Tobit Schätzung

Variablen Beschreibung	
zDMU	dmu
zState	x1
zJurisdiction	x2
zOp.pressure.nd	x3
zOp.pressure.md	x4
zOp.pressure.1.hd	x5
zOp.pressure.5.hd	x6
zOp.pressure.16.hd	x7
zOp.pressure.70.hd	x8
yArea.geographic	x9
yArea.supplied	x10
zCoverage.conn.fraction	x11
zCoverage.actual	x12
zCoverage.potential	x13
zEast_west	x14
zTemp.avg.day	x15
zShare.gas.H	x16
zShare.gas.L	x17
zShare.gas.other	x18
yCalorificvalue.grade.H	x19
yCalorificvalue.grade.L	x20
yCalorificvalue.grade.other	x21
zWater.nets	x22
zDistrictheating.nets	x23
zSewer.nets	x24
zStorage.gas	x25
zTelecom.net	x26
zElectricity.nets	x27
zNet.buffer	x28
zNet.storage.users	x29
zVolume.geometric	x30



yCapacity.out	x31
yPeakload.in	x32
yPeakload.out	x33
yEnergy.in	x34
yEnergy.out	x35
yEnergy.out.2005	x36
yEnergy.out.2004	x37
yEnergy.out.2003	x38
yEnergy.out.2002	x39
yEnergy.out.2001	x40
yConnection.out.nd	x41
yConnections.other.nd	x42
yConnections.own.nd	x43
yMeters.nd	x44
yLength.diameter.class.A.nd	x45
yLength.diameter.class.B.nd	x46
yLength.diameter.class.C.nd	x47
yLength.diameter.class.D.nd	x48
yLength.diameter.class.E.nd	x49
yLength.diameter.class.F.nd	x50
yLength.diameter.class.G.nd	x51
yLength.diameter.nd	x52
yLength.cus.nd	x53
yShare.value.steered.nd	x54
yShare.parallel.laying.nd	x55
yNet.structure.ring.nd	x56
yNet.structure.mashed.nd	x57
yNet.structure.stream.nd	x58
yConnection.out.md	x59
yConnections.other.md	x60
yConnections.own.md	x61
yMeters.md	x62
yLength.diameter.class.A.md	x63
yLength.diameter.class.B.md	x64
yLength.diameter.class.C.md	x65
yLength.diameter.class.D.md	x66
yLength.diameter.class.E.md	x67
yLength.diameter.class.F.md	x68



yLength.diameter.class.G.md	x69
yLength.diameter.md	x70
yLength.cus.md	x71
yShare.value.steered.md	x72
yShare.parallel.laying.md	x73
yNet.structure.ring.md	x74
yNet.structure.mashed.md	x75
yNet.structure.stream.md	x76
yConnection.out.1.hd	x77
yConnections.other.1.hd	x78
yConnections.own.1.hd	x79
yMeters.1.hd	x80
yLength.diameter.class.A.1.hd	x81
yLength.diameter.class.B.1.hd	x82
yLength.diameter.class.C.1.hd	x83
yLength.diameter.class.D.1.hd	x84
yLength.diameter.class.E.1.hd	x85
yLength.diameter.class.F.1.hd	x86
yLength.diameter.class.G.1.hd	x87
yLength.diameter.1.hd	x88
yLength.cus.1.hd	x89
yShare.value.steered.1.hd	x90
yConnection.out.5.hd	x91
yConnections.other.5.hd	x92
yConnections.own.5.hd	x93
yMeters.5.hd	x94
yLength.diameter.class.A.5.hd	x95
yLength.diameter.class.B.5.hd	x96
yLength.diameter.class.C.5.hd	x97
yLength.diameter.class.D.5.hd	x98
yLength.diameter.class.E.5.hd	x99
yLength.diameter.class.F.5.hd	x100
yLength.diameter.class.G.5.hd	x101
yLength.diameter.5.hd	x102
yLength.cus.5.hd	x103
yShare.value.steered.5.hd	x104
yConnection.out.16.hd	x105
yConnections.other.16.hd	x106

**EE²**

Effizienzvergleich VNB Gas 127 (172)

yConnections.own.16.hd	x107
yMeters.16.hd	x108
yLength.diameter.class.A.16.hd	x109
wx.share.ownership.A.16.hd	x110
yLength.diameter.class.B.16.hd	x111
wx.share.ownership.B.16.hd	x112
yLength.diameter.class.C.16.hd	x113
wx.share.ownership.C.16.hd	x114
yLength.diameter.class.D.16.hd	x115
wx.share.ownership.D.16.hd	x116
yLength.diameter.class.E.16.hd	x117
wx.share.ownership.E.16.hd	x118
yLength.diameter.class.F.16.hd	x119
wx.share.ownership.F.16.hd	x120
yLength.diameter.class.G.16.hd	x121
wx.share.ownership.G.16.hd	x122
yLength.class.16.hd	x123
wx.share.ownership.16.hd	x124
yLength.cus.16.hd	x125
yShare.value.steered.16.hd	x126
yConnection.out.70.hd	x127
yConnections.other.70.hd	x128
yConnections.own.70.hd	x129
yMeters.70.hd	x130
yLength.diameter.class.A.70.hd	x131
wx.share.ownership.A.70.hd	x132
yLength.diameter.class.B.70.hd	x133
wx.share.ownership.B.70.hd	x134
yLength.diameter.class.C.70.hd	x135
wx.share.ownership.C.70.hd	x136
yLength.diameter.class.D.70.hd	x137
wx.share.ownership.D.70.hd	x138
yLength.diameter.class.E.70.hd	x139
wx.share.ownership.E.70.hd	x140
yLength.diameter.class.F.70.hd	x141
wx.share.ownership.F.70.hd	x142
yLength.diameter.class.G.70.hd	x143
wx.share.ownership.G.70.hd	x144



yLength.diameter.70.hd	x145
wx.share.ownership.70.hd	x146
yLength.cus.70.hd	x147
yShare.value.steered.70.hd	x148
yShare.parallel.laying.hd	x149
yNet.structure.ring.hd	x150
yNet.structure.mashed.hd	x151
yNet.structure.stream.hd	x152
yCompressor.hd	x153
yCompressor.SQmax.R.hd	x154
yCompressor.SAmax.R.hd	x155
yCompressor.in.hd	x156
yCompressor.in.SQmax.R.hd	x157
yCompressor.in.SQmax.A.hd	x158
yCompressor.in.SQact.A.hd	x159
yCompressor.out.hd	x160
yCompressor.out.SQmax.R.hd	x161
yCompressor.out.SQmax.A.hd	x162
yCompressor.out.SQact.A.hd	x163
yAssets.hd	x164
yAssets.SQmaxR.hd	x165
yAssets.SQmax.A.hd	x166
yAssets.SQact.A.hd	x167
wxAssets.share.hd	x168
yCompressor.transport.hd	x169
yCompressor.transport.SQmax.TV.hd	x170
yCompressor.transport.SQact.TV.hd	x171
yCompressor.net.hd	x172
yCompressor.net.SQmax.NSV.hd	x173
yCompressor.net.SQact.NSV.hd	x174
wxCompressor.share.hd	x175
ylength.A.hd	x176
yLength.corr.A.hd	x177
ylength.B.hd	x178
yLength.corr.B.hd	x179
ylength.C.hd	x180
yLength.corr.C.hd	x181
ylength.D.hd	x182



yLength.corr.D.hd	x183
ylength.E.hd	x184
yLength.corr.E.hd	x185
ylength.F.hd	x186
yLength.corr.F.hd	x187
ylength.G.hd	x188
yLength.corr.G.hd	x189
yLength.cus.hd	x190
yLength.cus.tot	x191
yLength.diameter.hd	x192
wx.share.ownership.hd	x193
yLength.corr.hd	x194
yLength.tot	x195
yConnection.out.hd	x196
yConnection.points.hd	x197
yConnection.out.tot	x198
yConnection.points.tot	x199
yPotential.connections	x200
yPotential.area	x201
yPotential.peakload	x202
yMeters.hd	x203
yMeters.tot	x204
yVolume.nd	x205
yVolume.md	x206
yVolume.hd	x207
yVolume.cus	x208
yVolume.tot	x209
yVolume.tot.cus	x210
yPipelength.value.steered.lower5bar	x211
yPipelength.value.steered.above5bar	x212
yPipelength.pressure.steered.lower5bar	x213
yPipelength.pressure.steered.above5bar	x214
yPipelength.lower5bar	x215
yPipelength.above5bar	x216
yPipe.length.value.steered	x217
yPipe.length.pressure.steered	x218
yPipeline.area.nd	x219
yPipeline.area.md	x220



yPipeline.area.hd	x221
yPipeline.area.cus	x222
yPipeline.area.tot	x223
yPipeline.area.tot.cus	x224
yPop.1995	x225
yPop.2006	x226
yPipelength.lower5bar.inclHAL	x227
yNet.buffer	x228
yDiameter	x229
ypop.change	x230
BNR	x231
z#V1_BK1_QKM	x232
z#V1_BK2_QKM	x233
z#V1_BK3_QKM	x234
z#V1_BK4_QKM	x235
z#V1_BK5_QKM	x236
z#V1_BK6_QKM	x237
z#V1_BK7_QKM	x238
z#V2_BK1_QKM	x239
z#V2_BK2_QKM	x240
z#V2_BK3_QKM	x241
z#V2_BK4_QKM	x242
z#V2_BK5_QKM	x243
z#V2_BK6_QKM	x244
z#V2_BK7_QKM	x245
z#height_MIN	x246
z#height_MAX	x247
z#height_DIFF	x248
z#slope	x249
z#streetlength#total	x250
z#streetlength#highways	x251
z#river#bridges	x252



Anhang E: Ergebnisse der Tobit Schätzungen

Schätzungen I: Getrennte Betrachtung von Gruppen von Variablen

Tabelle E.1: Tätigkeit (Dummy ja, nein) in verschiedenen Druckbereichen (ND, MD, HD 1, HD 5, HD 16, HD 70 (X3-X8))

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(6)	=	23.11
				Prob > chi2	=	0.0008
Log likelihood = 91.972452				Pseudo R2	=	-0.1437

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
x3	.1601515	.0396899	4.04	0.000	.0818282	.2384749
x4	-.0132908	.0346737	-0.38	0.702	-.0817152	.0551337
x5	-.0142502	.0201173	-0.71	0.480	-.0539493	.0254489
x6	-.046464	.0230044	-2.02	0.045	-.0918605	-.0010675
x7	-.0364786	.0199541	-1.83	0.069	-.0758557	.0028985
x8	-.0086304	.0217803	-0.40	0.692	-.0516113	.0343504
_cons	.8629162	.065501	13.17	0.000	.7336577	.9921747
-----+-----						
/sigma	.104487	.0062969			.0920608	.1169131

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
-----+-----						
.	184	80.41831	91.97245	8	-167.9449	-142.2254

**Tabelle E.2: Anschlussgrad, aktueller und potentieller Erschließungsgrad (X11–X13)**

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(3)	=	17.01
				Prob > chi2	=	0.0007
Log likelihood = 88.923004				Pseudo R2	=	-0.1058

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x11		-.0013187	.0007572	-1.74	0.083	-.0028128 .0001753
x12		.0003821	.0010069	0.38	0.705	-.0016045 .0023688
x13		-.0011949	.0007062	-1.69	0.092	-.0025884 .0001987
_cons		1.026808	.0427828	24.00	0.000	.9423908 1.111225

/sigma		.1067642	.0064349			.0940671 .1194613

Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	88.923	5	-167.846 -151.7713



Tabelle E.3: Anteil Gasart (H-/L- und sonstige Gase) (X16 - X18) und mengengewichteter Brennwert bezogen auf den Jahresdurchschnitt (H/L und sonstige Gase) (X19 - X21)

Tobit regression

Number of obs = 184

LR chi2(5) = 2.62

Prob > chi2 = 0.7578

Pseudo R2 = -0.0163

Log likelihood = 81.73018

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x16	-.0007943	.0005759	-1.38	0.170	-.0019307	.000342
x18	-.0349007	.1450698	-0.24	0.810	-.3211677	.2513664
x19	.0055849	.0035401	1.58	0.116	-.0014009	.0125707
x20	-.0028156	.0036789	-0.77	0.445	-.0100752	.004444
x21	-.0005854	.0024047	-0.24	0.808	-.0053305	.0041598
_cons	.9004013	.0403921	22.29	0.000	.8206954	.9801072

/sigma	.1105198	.0066817			.0973348	.1237048

Obs. summary:

1 left-censored observation at r1<=.56394529

151 uncensored observations

32 right-censored observations at r1>=1

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	81.73018	7	-149.4604	-126.9558

** x17 kann nicht durch Multikollinearitätsprobleme nicht in die obere Schätzung aufgenommen werden und wird dadurch getrennt überprüft.

Tobit regression

Number of obs = 184

LR chi2(1) = 0.00

Prob > chi2 = 0.9938

Pseudo R2 = -0.0000

Log likelihood = 80.41834

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x17	1.43e-06	.0001862	0.01	0.994	-.0003659	.0003688
_cons	.8823523	.0103463	85.28	0.000	.861939	.9027656

/sigma	.1113279	.0067323			.098045	.1246107



Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	80.41834	3	-154.8367	-145.1919

Tabelle E.4: Zeitgleiche Jahreshöchstlast aller Einspeisungen aus vorgelagerten Netzen und Ausspeisungen (X32, X33)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(2)	=	11.67
				Prob > chi2	=	0.0029
Log likelihood = 86.250986				Pseudo R2	=	-0.0725

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x32	-2.92e-07	8.13e-07	-0.36	0.719	-1.90e-06	1.31e-06
x33	4.43e-07	8.01e-07	0.55	0.581	-1.14e-06	2.02e-06
_cons	.8653547	.0093684	92.37	0.000	.84687	.8838394

/sigma	.1072154	.0064829			.0944241	.1200066

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	86.25099	4	-164.502	-151.6422



Tabelle E.5: Jahresarbeit aller Einspeisungen und Ausspeisungen sowie ausgespeiste Jahresarbeit für 2001–2005 (historische Werte) (X34 – X40)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(7)	=	19.98
				Prob > chi2	=	0.0056
Log likelihood = 90.407837				Pseudo R2	=	-0.1242

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x34		2.33e-11	5.13e-10	0.05	0.964	-9.88e-10 1.03e-09
x35		-4.07e-11	6.74e-10	-0.06	0.952	-1.37e-09 1.29e-09
x36		9.11e-12	3.48e-10	0.03	0.979	-6.78e-10 6.97e-10
x37		2.21e-10	3.24e-10	0.68	0.496	-4.18e-10 8.61e-10
x38		-1.40e-10	2.10e-10	-0.67	0.507	-5.54e-10 2.75e-10
x39		2.77e-10	2.11e-10	1.31	0.190	-1.39e-10 6.94e-10
x40		-2.97e-10	1.63e-10	-1.82	0.070	-6.18e-10 2.43e-11
_cons		.8628297	.0093758	92.03	0.000	.844327 .8813324

/sigma		.1056195	.0063723			.093044 .118195

Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	90.40784	3	-174.8157 -165.1709



Tabelle E.6: Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (ND) (X41–X44)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(4)	=	8.09
				Prob > chi2	=	0.0883
Log likelihood = 84.463464				Pseudo R2	=	-0.0503

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x41		-6.70e-07	4.40e-07	-1.52	0.130	-1.54e-06 1.99e-07
x42		.0096274	.014713	0.65	0.514	-.0194046 .0386595
x43		.0004823	.0009209	0.52	0.601	-.0013348 .0022993
x44		4.04e-07	1.59e-07	2.55	0.012	9.15e-08 7.17e-07
_cons		.8730873	.0104602	83.47	0.000	.852447 .8937277

/sigma		.1088929	.0065837			.0959017 .1218841

obs. summary: 1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	84.46346	6	-156.9269 -137.6373



Tabelle E.7 Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (MD) (X59–X62)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(4)	=	20.51
				Prob > chi2	=	0.0004
Log likelihood = 90.674319				Pseudo R2	=	-0.1275

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x59		6.69e-07	2.51e-07	2.66	0.008	1.73e-07 1.17e-06
x60		.0139187	.0095507	1.46	0.147	-.004927 .0327644
x61		-.0001848	.0002004	-0.92	0.358	-.0005802 .0002107
x62		9.28e-07	5.34e-07	1.74	0.084	-1.25e-07 1.98e-06
_cons		.8677945	.0097983	88.57	0.000	.8484602 .8871289

/sigma		.1058879	.0063728			.093313 .1184629

Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	90.67432	6	-169.3486 -150.059



Tabelle E.8: Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 1 <= 5) (X77-X80)

Tobit regression		Number of obs		=		184	
		LR chi2(4)		=		3.08	
		Prob > chi2		=		0.5452	
Log likelihood = 81.956268		Pseudo R2		=		-0.0191	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		

x77	1.06e-06	1.15e-06	0.93	0.356	-1.20e-06	3.33e-06	
x78	.0043731	.0034035	1.28	0.200	-.0023428	.0110891	
x79	.0000342	.0001749	0.20	0.845	-.0003109	.0003793	
x80	3.90e-06	.0000121	0.32	0.748	-.00002	.0000278	
_cons	.8769742	.0096926	90.48	0.000	.8578484	.8961	

/sigma	.1101739	.0066671			.0970182	.1233296	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	

.	184	80.41831	81.95627	6	-151.9125	-132.6229	



Tabelle E.9: Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD > 5 <= 16) (X91-X94)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(4)	=	5.98
				Prob > chi2	=	0.2007
Log likelihood = 83.408222				Pseudo R2	=	-0.0372

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x91		.0000757	.0001759	0.43	0.667	-.0002713 .0004227
x92		.0000511	.0005864	0.09	0.931	-.001106 .0012082
x93		.0001052	.0000924	1.14	0.256	-.0000772 .0002876
x94		.0001486	.0001965	0.76	0.450	-.0002391 .0005362
_cons		.8728539	.0092507	94.36	0.000	.8546001 .8911077

/sigma		.1092458	.0066061			.0962104 .1222812

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						
Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	83.40822	6	-154.8164 -135.5268

**Tabelle E.10: Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, > 16 <= 70) (X105–X108)**

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(4)	=	12.13
					Prob > chi2	=	0.0164
Log likelihood = 86.481246					Pseudo R2	=	-0.0754

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		

x105	.0014381	.0011315	1.27	0.205	-.0007947	.0036709	
x106	.0004235	.0014279	0.30	0.767	-.002394	.003241	
x107	.0000228	.0005283	0.04	0.966	-.0010196	.0010653	
x108	.0172101	.0091146	1.89	0.061	-.0007751	.0351952	
_cons	.8729153	.0087182	100.13	0.000	.8557123	.8901183	

/sigma	.108055	.0065224			.0951847	.1209253	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	

.	184	80.41831	86.48125	6	-160.9625	-141.6729	

**Tabelle E.11: Anzahl Ausspeisepunkte getrennt nach Druckbereichen, Anzahl der Messstellen (HD, >70) (X127-X130)**

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(4)	=	2.95
					Prob > chi2	=	0.5657
Log likelihood = 81.894788					Pseudo R2	=	-0.0184

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
-----+-----							
x127	-.0076396	.0931577	-0.08	0.935	-.1914613	.1761821	
x128	.0249161	.0511006	0.49	0.626	-.0759172	.1257494	
x129	-.0037554	.0152221	-0.25	0.805	-.0337922	.0262814	
x130	-.08768	.1214187	-0.72	0.471	-.3272672	.1519072	
_cons	.8827807	.0084199	104.85	0.000	.8661664	.899395	
-----+-----							
/sigma	.1102485	.0066695			.0970879	.123409	

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	
-----+-----							
.	184	80.41831	81.89479	6	-151.7896	-132.5	



Tabelle E.12 Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (ND) (X45 – X51), ND

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(7)	=	3.85
				Prob > chi2	=	0.7964
Log likelihood = 82.345586				Pseudo R2	=	-0.0240

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
x45	.0407456	.0512056	0.80	0.427	-.0603065	.1417977
x46	-.0192134	.0212336	-0.90	0.367	-.061117	.0226902
x47	.0044349	.0045998	0.96	0.336	-.0046426	.0135124
x48	-.0005502	.00209	-0.26	0.793	-.0046747	.0035744
x49	-.0001483	.0001755	-0.85	0.399	-.0004947	.0001981
x50	.0000266	.0000425	0.63	0.532	-.0000572	.0001105
x51	-3.54e-06	.0000519	-0.07	0.946	-.000106	.0000989
_cons	.8807003	.0104271	84.46	0.000	.8601229	.9012777
-----+-----						
/sigma	.1099937	.0066576			.0968552	.1231321

obs. summary: 1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
-----+-----						
.	184	80.41831	82.34559	9	-146.6912	-117.7568



Tabelle E.13: Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (MD) (X30 – X46)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(7)	=	25.85
				Prob > chi2	=	0.0005
Log likelihood = 93.341498				Pseudo R2	=	-0.1607

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
x63	.1837533	.2225227	0.83	0.410	-.2553858	.6228923
x64	-.1988839	.2500465	-0.80	0.427	-.69234	.2945723
x65	.0006206	.0113193	0.05	0.956	-.0217176	.0229587
x66	-.0027031	.0025039	-1.08	0.282	-.0076445	.0022383
x67	-.0000674	.0001802	-0.37	0.709	-.0004229	.0002881
x68	.0000649	.0000207	3.14	0.002	.0000242	.0001057
x69	-7.94e-06	.0000136	-0.58	0.559	-.0000347	.0000188
_cons	.8692316	.009412	92.35	0.000	.8506574	.8878057
-----+-----						
/sigma	.104439	.006284			.0920377	.1168403

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
-----+-----						
.	184	80.41831	93.3415	9	-168.683	-139.7486



Tabelle E.14: Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 1 <= 5) (X81 – X87)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(7)	=	9.01
					Prob > chi2	=	0.2516
Log likelihood =					Pseudo R2	=	-0.0560

	r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

	x81	6.604483	.	.	.	.	
	x82	-.3727964	.4234414	-0.88	0.380	-1.20844	.462847
	x83	.0049257	.0057646	0.85	0.394	-.0064505	.016302
	x84	.0003385	.000799	0.42	0.672	-.0012383	.0019153
	x85	.0000987	.0001885	0.52	0.601	-.0002733	.0004708
	x86	.0000527	.0000771	0.68	0.495	-.0000993	.0002048
	x87	.0000234	.0002469	0.09	0.925	-.0004639	.0005107
	_cons	.8744474	.0090205	96.94	0.000	.8566458	.8922491

	/sigma	.1086893	.0065689			.0957259	.1216527

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

	Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

	.	184	80.41831	84.9257	8	-153.8514	-128.1319

Nur Koeffizient für x81 vorhanden, da nur eine Beobachtung vorliegend.							



Tabelle E.15: Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 5 <= 16) (X95 – X101)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(7)	=	13.97
					Prob > chi2	=	0.0516
Log likelihood = 87.405499					Pseudo R2	=	-0.0869

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
-----+-----							
x95	.0052323	.0107453	0.49	0.627	-.0159731	.0264377	
x96	.0040897	.0081494	0.50	0.616	-.0119928	.0201723	
x97	-.0008212	.0023531	-0.35	0.728	-.0054649	.0038225	
x98	.0004102	.000266	1.54	0.125	-.0001148	.0009352	
x99	.0001177	.0001157	1.02	0.310	-.0001105	.000346	
x100	.0001087	.0000654	1.66	0.099	-.0000205	.0002378	
x101	-.0003104	.0004387	-0.71	0.480	-.0011763	.0005554	
_cons	.8675729	.009264	93.65	0.000	.8492909	.8858549	
-----+-----							
/sigma	.1066843	.0064451			.0939652	.1194034	

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	
-----+-----							
.	184	80.41831	87.4055	9	-156.811	-127.8766	



Tabelle E.16: Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, > 16 <= 70) (X109, X111, X113, X115, X117, X119, X121)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(7)	=	14.48
				Prob > chi2	=	0.0433
Log likelihood = 87.656861				Pseudo R2	=	-0.0900

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x109	.0309555	.036624	0.85	0.399	-.0413204	.1032313
x111	.0068749	.0040478	1.70	0.091	-.0011133	.0148632
x113	-.0001951	.0011831	-0.16	0.869	-.0025299	.0021397
x115	-.000481	.0006963	-0.69	0.491	-.0018552	.0008932
x117	.0000849	.0001637	0.52	0.605	-.0002382	.000408
x119	.0004264	.0003202	1.33	0.185	-.0002055	.0010584
x121	.0007083	.0057916	0.12	0.903	-.0107213	.0121378
_cons	.8733484	.0085261	102.43	0.000	.8565226	.8901742

/sigma	.1071762	.0064661			.0944157	.1199368

obs. summary: 1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	87.65686	9	-157.3137	-128.3793



Tabelle E.17: Netzlänge getrennt nach Leitungsklassen (A – G), gewichtet mit Durchmesser für Druckbereich (HD, >70) (X131, X133, X135, X137, X139, X141, X143), HD >70

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(7)	=	7.29
					Prob > chi2	=	0.3998
Log likelihood = 84.061141					Pseudo R2	=	-0.0453

	r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

	x131	.0017172	.0296008	0.06	0.954	-.0566988	.0601331
	x133	-.0513469	.0696636	-0.74	0.462	-.188825	.0861311
	x135	.0040369	.0044876	0.90	0.370	-.0048192	.0128929
	x137	-.001857	.0050648	-0.37	0.714	-.0118521	.0081382
	x139	-.0001306	.0035685	-0.04	0.971	-.007173	.0069117
	x141	.0254005	.0318865	0.80	0.427	-.0375261	.0883271
	x143	-.6753096	.5489135	-1.23	0.220	-1.758567	.4079477
	_cons	.8805081	.0084968	103.63	0.000	.86374	.8972762

	/sigma	.109279	.0066025			.0962493	.1223088

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

	Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

	.	184	80.41831	84.06114	9	-150.1223	-121.1879



Tabelle E.18: Anzahl der GDR und GDRM Anlagen , Anzahl Regelanlagen HD (X153), Anzahl Übernahmeanlagen HD (X156), Anzahl Übergabeanlagen HD (X160), Anzahl Transportverdichter HD (X169), Anzahl Speicher-/Grundverdichter HD (X172)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(5)	=	8.57
				Prob > chi2	=	0.1274
Log likelihood = 84.704334				Pseudo R2	=	-0.0533

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x153	6.93e-06	.0000147	0.47	0.638	-.0000221	.0000359
x156	.0012648	.0005783	2.19	0.030	.0001236	.002406
x160	-.0000495	.0000686	-0.72	0.471	-.0001849	.0000859
x169	-.0191287	.0136912	-1.40	0.164	-.0461457	.0078883
x172	-.0118632	.0448065	-0.26	0.791	-.1002802	.0765538
_cons	.8676864	.0102365	84.76	0.000	.8474866	.8878861

/sigma	.1088372	.006572			.0958687	.1218058

Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	84.70433	7	-155.4087	-132.9041



Tabelle E.19: Leistungswerte der GDR und GDRM Anlagen, Maximale Stundenleistung Regler und Gesamtanlage (X154, X155, X157, X158, X161, X162, X170, X173)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(8)	=	17.10
				Prob > chi2	=	0.0291
Log likelihood = 88.969044				Pseudo R2	=	-0.1063
r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
x154	9.62e-09	9.51e-09	1.01	0.313	-9.15e-09	2.84e-08
x155	5.29e-08	3.22e-08	1.64	0.102	-1.07e-08	1.16e-07
x157	-8.85e-08	4.47e-08	-1.98	0.049	-1.77e-07	-3.61e-10
x158	6.62e-08	6.43e-08	1.03	0.304	-6.06e-08	1.93e-07
x161	-7.06e-08	2.14e-07	-0.33	0.742	-4.93e-07	3.52e-07
x162	2.15e-07	3.64e-07	0.59	0.555	-5.03e-07	9.33e-07
x170	-7.09e-06	6.57e-06	-1.08	0.282	-.0000201	5.88e-06
x173	-2.74e-06	5.95e-06	-0.46	0.646	-.0000145	9.00e-06
_cons	.8714099	.0097853	89.05	0.000	.8520983	.8907215
/sigma	.1060642	.0063977			.0934382	.1186902
obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						
Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
.	184	80.41831	88.96904	10	-157.9381	-125.7887



Tabelle E.20: Leistungswerte der GDR und GDRM Anlagen, Tatsächlich gemessene Stundenleistung der Übernahme und Übergabeanlage (X159, X163, X171, X174)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(4)	=	6.37
				Prob > chi2	=	0.1733
Log likelihood = 83.602535				Pseudo R2	=	-0.0396

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x159		1.07e-07	6.43e-08	1.66	0.099	-2.01e-08 2.34e-07
x163		2.21e-08	7.26e-08	0.30	0.761	-1.21e-07 1.65e-07
x171		-9.30e-06	7.51e-06	-1.24	0.217	-.0000241 5.53e-06
x174		-1.20e-06	6.44e-06	-0.19	0.853	-.0000139 .0000115
_cons		.8732802	.0095496	91.45	0.000	.8544366 .8921238

/sigma		.1089556	.0065904			.0959513 .12196

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	83.60253	6	-155.2051 -135.9155

**Tabelle E.21: Netzpuffer (X28), Speichernutzung (X29), Geometrisches Volumen (X30), Ausspeisekapazität für alle Speicher (X31)**

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(4)	=	10.69
				Prob > chi2	=	0.0303
Log likelihood = 85.761219				Pseudo R2	=	-0.0664

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x28		2.05e-07	8.27e-08	2.48	0.014	4.19e-08 3.68e-07
x29		-.0048681	.0076851	-0.63	0.527	-.0200326 .0102963
x30		3.32e-09	4.74e-09	0.70	0.485	-6.03e-09 1.27e-08
x31		-6.18e-07	1.28e-06	-0.48	0.630	-3.14e-06 1.91e-06
_cons		.8758657	.0087627	99.95	0.000	.8585749 .8931565

/sigma		.108404	.0065412			.0954968 .1213113

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	85.76122	6	-159.5224 -140.2328



Tabelle E.22: Bevölkerungswachstum

Tobit regression		Number of obs	=	184		
		LR chi2(1)	=	9.81		
		Prob > chi2	=	0.0017		
Log likelihood = 85.325559		Pseudo R2	=	-0.0610		

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

popchange1	9.66e-07	3.10e-07	3.12	0.002	3.54e-07	1.58e-06
_cons	.8760482	.0083757	104.59	0.000	.8595229	.8925735

/sigma	.1083866	.0065412			.0954808	.1212924

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	85.32556	3	-164.6511	-155.0063



Tobit regression		Number of obs	=	184		
		LR chi2(1)	=	3.54		
		Prob > chi2	=	0.0598		
Log likelihood = 82.189218		Pseudo R2	=	-0.0220		

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

popchange2	.251389	.1336403	1.88	0.062	-.0122849	.515063
_cons	.8801741	.0083827	105.00	0.000	.863635	.8967132

/sigma	.1102722	.0066639			.0971242	.1234203

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	82.18922	3	-158.3784	-148.7336



Tobit regression

Number of obs = 184

LR chi2(1) = 1.77

Prob > chi2 = 0.1833

Log likelihood = 81.303631

Pseudo R2 = -0.0110

r1 |

Coef.

Std. Err.

t

P>|t|

[95% Conf. Interval]

popchange3 |

.1770935

.1328442

1.33

0.184

-.0850096 .4391966

_cons |

.8815265

.0083703

105.32

0.000

.8650118 .8980413

/sigma |

.110757

.006696

.0975457 .1239683

Obs. summary:

1 left-censored observation at r1<=.56394529

151 uncensored observations

32 right-censored observations at r1>=1

Model |

obs

ll(null)

ll(model)

df

AIC

BIC

.

|

184

80.41831

81.30363

3

-156.6073

-146.9625

Tobit regression

Number of obs = 184

LR chi2(1) = 9.81

Prob > chi2 = 0.0017

Log likelihood = 85.325559

Pseudo R2 = -0.0610

r1 |

Coef.

Std. Err.

t

P>|t|

[95% Conf. Interval]

popchange4 |

.0000116

3.72e-06

3.12

0.002

4.25e-06 .0000189

_cons |

.8760482

.0083757

104.59

0.000

.8595229 .8925735

/sigma |

.1083866

.0065412

.0954808 .1212924

Obs. summary:

1 left-censored observation at r1<=.56394529

151 uncensored observations

32 right-censored observations at r1>=1

Model |

obs

ll(null)

ll(model)

df

AIC

BIC

.

|

184

80.41831

85.32556

3

-164.6511

-155.0063



Tobit regression		Number of obs		=	184	
		LR chi2(1)		=	2.67	
		Prob > chi2		=	0.1023	
Log likelihood = 81.752924		Pseudo R2		=	-0.0166	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

popchange5	2.629892	1.608081	1.64	0.104	-.5428709	5.802655
_cons	.8808529	.0083748	105.18	0.000	.8643292	.8973765

/sigma	.1105063	.0066795			.0973275	.123685

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	81.75292	3	-157.5058	-147.861



Tabelle E.23: Tätigkeit (Dummy ja, nein) in verschiedenen Bodenklassen. (V1, BK2 – BK7, X233dum–X238dum), (V2, BK2 – BK7, X240dum–X245dum)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(12)	=	42.41
					Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = 101.62417					Pseudo R2	=	-0.2637

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x233dum		.0373836	.0274867	1.36	0.176	-.016871	.0916383
x234dum		-.015256	.0384522	-0.40	0.692	-.0911549	.0606428
x235dum		.0223669	.0727086	0.31	0.759	-.1211491	.1658829
x236dum		.0142464	.0239885	0.59	0.553	-.0331033	.061596
x237dum		.045992	.0209626	2.19	0.030	.0046149	.0873691
x238dum		.0121995	.0259653	0.47	0.639	-.0390521	.0634512
x240dum		-.0114846	.023908	-0.48	0.632	-.0586754	.0357063
x241dum		.0642567	.0389301	1.65	0.101	-.0125856	.141099
x242dum		-.0299245	.0900218	-0.33	0.740	-.2076142	.1477651
x243dum		.0140941	.0226634	0.62	0.535	-.03064	.0588282
x244dum		-.0365299	.0237551	-1.54	0.126	-.0834189	.0103592
x245dum		-.056272	.0275971	-2.04	0.043	-.1107446	-.0017995
_cons		.8383976	.0531095	15.79	0.000	.7335673	.9432279

/sigma		.1000091	.0060034			.0881593	.111859

obs. summary:							
1 left-censored observation at r1<=.56394529							
151 uncensored observations							
32 right-censored observations at r1>=1							

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.		184	80.41831	101.6242	14	-175.2483	-130.2392



Tabelle E.24: Netzkomplexität pro Druckbereich (X56–X58, X74–X76, X150–X152)

Tobit regression		Number of obs = 184				
		LR chi2(9) = 31.69				
		Prob > chi2 = 0.0002				
Log likelihood = 96.264759		Pseudo R2 = -0.1971				

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----						
x56	-.0000492	.0000693	-0.71	0.479	-.000186	.0000877
x57	-.0000115	.0000173	-0.67	0.507	-.0000457	.0000226
x58	-.0000498	.0000394	-1.26	0.208	-.0001276	.0000279
x74	-.0000142	.0000272	-0.52	0.603	-.0000679	.0000395
x75	.0000183	.0000132	1.38	0.168	-7.82e-06	.0000445
x76	.0000553	.0000215	2.57	0.011	.0000129	.0000977
x150	.000068	.0000762	0.89	0.373	-.0000824	.0002183
x151	.0001485	.0000543	2.73	0.007	.0000413	.0002558
x152	1.47e-06	.0000287	0.05	0.959	-.0000551	.0000581
_cons	.8625966	.0095764	90.07	0.000	.8436964	.8814968
-----+-----						
/sigma	.1032778	.0062075			.0910265	.115529

Obs. summary: 1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
-----+-----						
.	184	80.41831	96.26476	11	-170.5295	-135.1652



Tabelle E.25: Netzkomplexität summiert über Druckbereiche

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(3)	=	15.15
					Prob > chi2	=	0.0017
Log likelihood = 87.993312					Pseudo R2	=	-0.0942

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		

sumring	7.35e-06	.0000175	0.42	0.675	-.0000271	.0000418	
summashed	9.21e-06	6.21e-06	1.48	0.140	-3.04e-06	.0000215	
sumstream	.000018	9.02e-06	2.00	0.048	2.00e-07	.0000358	
_cons	.8642928	.0092237	93.70	0.000	.846093	.8824926	

/sigma	.1066388	.0064334			.0939448	.1193328	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	

.	184	80.41831	87.99331	5	-165.9866	-149.9119	

**Tabelle E.26: Anteil Parallelverlegung pro Druckbereich (X55, X73, X149)**

tobit r1 x55 x73 x149, ll u1(1)						
Tobit regression			Number of obs = 184			
			LR chi2(3) = 2.04			
			Prob > chi2 = 0.5638			
Log likelihood = 81.439148			Pseudo R2 = -0.0127			

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x55	-.0023801	.0023936	-0.99	0.321	-.0071031	.0023429
x73	-.0049892	.0058561	-0.85	0.395	-.0165442	.0065658
x149	.000831	.0028188	0.29	0.768	-.004731	.0063929
_cons	.8909728	.0104128	85.57	0.000	.8704268	.9115189

/sigma	.1106434	.0066896			.0974437	.1238432

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	81.43915	5	-152.8783	-136.8036

**Tabelle E.27: Höhendifferenz im Versorgungsgebiet (X248)**

Tobit regression		Number of obs		=	184	
		LR chi2(1)		=	1.03	
		Prob > chi2		=	0.3104	
Log likelihood = 80.932887		Pseudo R2		=	-0.0064	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x248	.0000276	.0000273	1.01	0.314	-.0000263	.0000814
_cons	.8744607	.0114251	76.54	0.000	.8519189	.8970025

/sigma	.1109658	.0067091			.0977287	.1242029

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	80.93289	3	-155.8658	-146.221

**Tabelle E.28: Minimale/Maximale Höhe im Versorgungsgebiet (X246, X247)**

Tobit regression		Number of obs		=	184	
		LR chi2(2)		=	7.53	
		Prob > chi2		=	0.0231	
Log likelihood = 84.185165		Pseudo R2		=	-0.0468	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x246	-.0002381	.0000863	-2.76	0.006	-.0004084	-.0000679
x247	.0000461	.0000281	1.64	0.103	-9.35e-06	.0001016
_cons	.8886821	.0125352	70.89	0.000	.863949	.9134152

/sigma	.1089484	.0065812			.0959631	.1219337

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	84.18516	4	-160.3703	-147.5106



Tabelle E.29: Hangneigung im Versorgungsgebiet (X249)

Tobit regression		Number of obs		=	184	
		LR chi2(1)		=	10.28	
		Prob > chi2		=	0.0013	
Log likelihood = 85.560357		Pseudo R2		=	-0.0639	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x249	-.0071787	.0022154	-3.24	0.001	-.0115496	-.0028077
_cons	.9092969	.0117658	77.28	0.000	.8860829	.9325108

/sigma	.1081292	.0065306			.0952444	.1210141

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	85.56036	3	-165.1207	-155.4759



Tabelle E.30: Anzahl der Flussbrücken im Versorgungsgebiet (X252)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(1)	=	12.04
					Prob > chi2	=	0.0005
Log likelihood = 86.438402					Pseudo R2	=	-0.0749
r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
x252	.000033	9.56e-06	3.45	0.001	.0000141	.0000519	
_cons	.8685126	.0089498	97.04	0.000	.8508545	.8861706	
/sigma	.107598	.0064936			.094786	.12041	
obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					
Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	
.	184	80.41831	86.4384	3	-166.8768	-157.232	

**Tabelle E.31: Rohrleitungsflächen pro Druckbereich (X219, X220, X221)**

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(3)	=	26.81
					Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = 93.823426					Pseudo R2	=	-0.1667

	r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----+-----							
	x219	-1.52e-07	8.68e-08	-1.75	0.082	-3.23e-07	1.97e-08
	x220	1.48e-07	6.99e-08	2.12	0.036	9.92e-09	2.86e-07
	x221	2.45e-07	9.25e-08	2.65	0.009	6.24e-08	4.28e-07
	_cons	.8662823	.0095556	90.66	0.000	.8474276	.8851369
-----+-----							
	/sigma	.1041148	.0062668			.0917494	.1164802

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

	Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC
-----+-----							
	.	184	80.41831	93.82343	5	-177.6469	-161.5722



Tabelle E.32: Rohrleitungsflächen über alle Druckbereiche (X223)

Tobit regression		Number of obs = 184				
		LR chi2(1) = 17.67				
		Prob > chi2 = 0.0000				
Log likelihood = 89.252285		Pseudo R2 = -0.1099				

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x223	9.79e-08	2.48e-08	3.95	0.000	4.90e-08	1.47e-07
_cons	.8608691	.0094411	91.18	0.000	.8422417	.8794964

/sigma	.1058455	.006384			.0932498	.1184413

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	89.25228	3	-172.5046	-162.8598-----

**Tabelle E.33: Mengengesteuerte Leitungslängen pro Druckbereich (X54, X72, X90, X104, X126, X148)**

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(6)	=	8.18
				Prob > chi2	=	0.2255
Log likelihood = 84.506266				Pseudo R2	=	-0.0508

r1		Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]

x54		-.001286	.0006817	-1.89	0.061	-.0026313 .0000594
x72		.0009554	.0006636	1.44	0.152	-.0003542 .002265
x90		-.0000907	.0005586	-0.16	0.871	-.0011931 .0010116
x104		-.0002531	.0003383	-0.75	0.455	-.0009207 .0004145
x126		.0006882	.0003167	2.17	0.031	.0000632 .0013132
x148		.0000415	.0004777	0.09	0.931	-.0009012 .0009843
_cons		.8776754	.009195	95.45	0.000	.8595301 .8958207

/sigma		.1087437	.0065721			.0957744 .121713

Obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model		obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC BIC

.		184	80.41831	84.50627	8	-153.0125 -127.293

**Tabelle E.34: Mengengesteuerte Leitungslängen (< 5bar, > 5bar), (X211, X212)**

Tobit regression		Number of obs		=		184	
		LR chi2(2)		=		5.82	
		Prob > chi2		=		0.0544	
Log likelihood = 83.330479		Pseudo R2		=		-0.0362	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
-----+-----							
x211	2.39e-07	.0000142	0.02	0.987	-.0000277	.0000282	
x212	.0000921	.0000421	2.19	0.030	8.96e-06	.0001752	
_cons	.8759002	.0086203	101.61	0.000	.8588915	.8929088	
-----+-----							
/sigma	.1091379	.0066011			.0961133	.1221624	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	
-----+-----							
.	184	80.41831	83.33048	4	-158.661	-145.8012	



Tabelle E.35: Druckgesteuerte Leitungslängen (< 5bar, > 5bar), (X213, X214)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(2)	=	12.98
					Prob > chi2	=	0.0015
Log likelihood = 86.910284					Pseudo R2	=	-0.0807

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		

x213	.0000117	6.17e-06	1.90	0.060	-4.80e-07	.0000239	
x214	.0000157	.0000366	0.43	0.670	-.0000566	.000088	
_cons	.8666914	.0092197	94.00	0.000	.8485002	.8848826	

/sigma	.10746	.0064835			.0946676	.1202524	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	

.	184	80.41831	86.91028	4	-165.8206	-152.9608	



Tabelle E.36: Mengen- vs druckgesteuerte Leitungslängen über alle Druckbereiche (X217, X218)

Tobit regression					Number of obs	=	184
					LR chi2(2)	=	15.52
					Prob > chi2	=	0.0004
Log likelihood = 88.178942					Pseudo R2	=	-0.0965

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		

x217	.0000169	.0000105	1.60	0.111	-3.90e-06	.0000377	
x218	.0000121	3.55e-06	3.40	0.001	5.08e-06	.0000191	
_cons	.8634596	.0092833	93.01	0.000	.8451428	.8817764	

/sigma	.1064435	.0064244			.0937677	.1191193	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529					
		151 uncensored observations					
		32 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	

.	184	80.41831	88.17894	4	-168.3579	-155.4981	



Tabelle E.37: Gradtagszahlen (X15)

Tobit regression		Number of obs		=	184	
		LR chi2(1)		=	0.60	
		Prob > chi2		=	0.4384	
Log likelihood = 80.718592		Pseudo R2		=	-0.0037	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x15	.0000202	.0000261	0.77	0.439	-.0000313	.0000718
_cons	.8139636	.0886556	9.18	0.000	.6390451	.9888822

/sigma	.1112043	.0067237			.0979383	.1244702

Obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56394529				
		151 uncensored observations				
		32 right-censored observations at r1>=1				

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	80.71859	3	-155.4372	-145.7924



Schätzungen II: Globales Modell

Tabelle E.38: Globales Modell – Vergleichsparameter und signifikante Strukturvariablen (X3, X6, X156, X233dum, X234dum, X237dum, X245dum, X249dum)

Tobit regression				Number of obs	=	184
				LR chi2(17)	=	83.55
				Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = 122.19369				Pseudo R2	=	-0.5195

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	

x198	7.81e-07	2.50e-06	0.31	0.755	-4.15e-06	5.72e-06
x10	.0007029	.0001724	4.08	0.000	.0003626	.0010432
x33	-4.73e-07	7.75e-07	-0.61	0.542	-2.00e-06	1.06e-06
x200	-9.04e-07	1.56e-06	-0.58	0.563	-3.98e-06	2.17e-06
x202	5.74e-07	5.34e-07	1.08	0.284	-4.80e-07	1.63e-06
x215	-.000047	.0000226	-2.08	0.039	-.0000917	-2.33e-06
x216	-.0001135	.000046	-2.47	0.015	-.0002044	-.0000227
x209	5.87e-07	6.00e-07	0.98	0.330	-5.98e-07	1.77e-06
x225	-1.26e-07	4.14e-07	-0.30	0.761	-9.44e-07	6.92e-07
x226	-1.87e-09	4.40e-07	-0.00	0.997	-8.70e-07	8.66e-07
x14	-.0245768	.0218055	-1.13	0.261	-.0676267	.0184732
x3	.1391369	.0353385	3.94	0.000	.0693691	.2089047
x6	-.0480175	.0193311	-2.48	0.014	-.0861823	-.0098527
x156	-.0002824	.000573	-0.49	0.623	-.0014136	.0008488
x237dum	.0213255	.0154726	1.38	0.170	-.0092216	.0518727
x245dum	-.0543514	.0165853	-3.28	0.001	-.0870953	-.0216075
x249	-.0042036	.0021116	-1.99	0.048	-.0083726	-.0000347
_cons	.8502681	.0582384	14.60	0.000	.7352897	.9652464

/sigma	.090102	.0053729			.0794945	.1007095

obs. summary:						
1 left-censored observation at r1<=.56394529						
151 uncensored observations						
32 right-censored observations at r1>=1						

Model	obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC

.	184	80.41831	122.1937	19	-206.3874	-145.3036



Tabelle E.39: City-Impact

Tobit regression				Number of obs	=	184	
				LR chi2(11)	=	44.47	
				Prob > chi2	=	0.0000	
Log likelihood = 100.0538				Pseudo R2	=	-0.2857	

r1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		
-----+-----							
x198	.0004558	.0001523	2.99	0.003	.0001552	.0007564	
x10	-1.44e-07	1.12e-06	-0.13	0.898	-2.35e-06	2.06e-06	
x33	-1.21e-06	3.58e-06	-0.34	0.734	-8.27e-06	5.84e-06	
x200	-5.84e-07	2.13e-06	-0.27	0.784	-4.80e-06	3.63e-06	
x202	3.01e-07	7.61e-07	0.40	0.693	-1.20e-06	1.80e-06	
x215	1.02e-06	6.23e-07	1.64	0.103	-2.08e-07	2.25e-06	
x216	-.0001747	.0000983	-1.78	0.077	-.0003687	.0000193	
x209	1.93e-08	4.80e-07	0.04	0.968	-9.28e-07	9.66e-07	
x225	-8.99e-08	5.11e-07	-0.18	0.861	-1.10e-06	9.18e-07	
x226	.0001093	.0000666	1.64	0.103	-.0000222	.0002409	
den	-.0375417	.0233338	-1.61	0.109	-.0835973	.0085138	
_cons	.9313988	.036632	25.43	0.000	.8590955	1.003702	
-----+-----							
/sigma	.1006205	.0060685			.0886427	.1125982	

obs. summary:		1 left-censored observation at r1<=.56400001					
		150 uncensored observations					
		33 right-censored observations at r1>=1					

Model	Obs	ll(null)	ll(model)	df	AIC	BIC	
-----+-----							
.	184	77.82009	100.0538	13	-174.1076	-132.3134	