

Gutachten zur Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors

Autoren:

Dr. Andrea Liebe
Dr. Stephan Schmitt
Dr. Marcus Stronzik
Matthias Wissner

WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur
und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, 16. Dezember 2016

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
eMail: [info\(at\)wik.org](mailto:info(at)wik.org)
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführer und Direktor	Dr. Iris Henseler-Unger
Direktor Abteilungsleiter Post und Logistik	Alex Kalevi Dieke
Prokurist Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Ulrich Stumpf
Prokurist Leiter Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Winfried Ulmen
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations Nr.	DE 123 383 795

5 Produktivitätsdifferenzial nach Törnquist	57
5.1 Gesamtwirtschaft	57
5.1.1 Vorgehen	57
5.1.2 Datengrundlage	59
5.2 Energieversorgung (Zweistellerebene)	61
5.2.1 Vorgehen	61
5.2.2 Datengrundlage	61
5.3 Netzbetreiber (Vierstellerebene)	62
5.3.1 Beschreibung synthetischer Index	62
5.3.2 Datengrundlage: Kostenkategorien und Vorschläge für Wirtschaftszweige	63
5.3.2.1 Strom	64
5.3.2.2 Gas	67
6 Einstandspreisdifferenzial	69
6.1 Gesamtwirtschaft	69
6.1.1 Vorgehen (Residualbetrachtung)	69
6.1.2 Datengrundlage: Vorschläge für Zeitreihen	69
6.2 Energieversorgung (Zweistellerebene)	70
6.2.1 Vorgehen	70
6.2.2 Datengrundlage: Verwendete Zeitreihen	71
6.3 Netzbetreiber (Vierstellerebene)	71
6.3.1 Vorgehen	72
6.3.2 Vorschläge für Zeitreihen	73
6.3.2.1 Strom	73
6.3.2.2 Gas	82
7 Einbeziehung der Transportebene	88
7.1 Malmquist	88
7.1.1 Strom: Übertragungsnetzbetreiber	88
7.1.2 Gas: Fernleitungsnetzbetreiber	89
7.1.3 Ergebnisaggregation	91

7.2 Törnquist	92
7.2.1 Zweistellerebene	92
7.2.2 Vierstellerebene	92
7.3 Einstandspreis	92
7.3.1 Zweistellerebene	92
7.3.2 Vierstellerebene	92
8 Synopse	94
Annex A: Indexzahlen	101
Annex B: Nicht verfolgte Ansätze	104
Literaturverzeichnis	108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Arbeitspakete	2
Abbildung 1-2:	Zuordnung der Kapitel des Gutachtens zu den Arbeitspaketen	5
Abbildung 2-1:	Individueller und genereller X-Faktor	12
Abbildung 3-1:	Die beiden Hauptmethoden zur Bestimmung des sektoralen Produktivitätsfortschritts	15
Abbildung 3-2:	Schematische Darstellung des Malmquist Index	16
Abbildung 3-3:	Schematische Darstellung der Effizienzgrenze bei der DEA	18
Abbildung 3-4:	Grundstruktur SFA-Schätzgleichung	20
Abbildung 3-5:	Stochastische Effizienzgrenze	21
Abbildung 3-6:	Schematische Darstellung des Kostenmalmquist	25
Abbildung 3-7:	AREG als rollierendes System	38
Abbildung 3-8:	Berechnungssystematik	40
Abbildung 3-9:	Bewertungskriterien	41
Abbildung 4-1:	Ergebnisaggregation bei der Ermittlung des Frontier Shifts mittels des Malmquist Indexes	56
Abbildung 8-1:	Berechnungssystematik (Synopsis)	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Parameter im VNB Effizienzvergleich Strom und Gas	46
Tabelle 5-1:	Zeitreihen zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen TFP Entwicklung	60
Tabelle 5-2:	Fiktives Beispiel zur Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index	63
Tabelle 5-3:	Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index für Stromnetzbetreiber	67
Tabelle 5-4:	Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index für Gasnetzbetreiber	68
Tabelle 6-1:	Zeitreihen zur Bestimmung der Inputpreisentwicklung auf Zweistellerebene	71
Tabelle 6-2:	Bildung des Wägungsschemas nach Kostenanteilen (schematisch)	72
Tabelle 6-3:	Indexreihen zur Bildung eines synthetischen Inputpreisindex für Stromnetzbetreiber	80
Tabelle 6-4:	Indexreihen zur Bildung eines synthetischen Inputpreisindex für Gasnetzbetreiber	85
Tabelle 7-1:	Parameter im FNB Effizienzvergleich	90
Tabelle 7-2:	Bildung des Wägungsschemas nach Anzahl der Netzbetreiber (schematisch)	92
Tabelle 7-3:	Bildung des Wägungsschemas nach Netzbetreiberklassen (schematisch)	93
Tabelle 8-1:	Synoptische Gegenüberstellung von Malmquist Produktivitätsindex und Törnquist Mengenindex	97
Tabelle 0-1:	Erzeugerpreisindizes im Energiebereich	107

Glossar

Allokative Effizienz (inputseitig)	Optimale Anpassung des Einsatzes der Inputfaktoren an die auf den Faktormärkten herrschenden Preisverhältnisse
Allokative Effizienz (outputseitig)	Optimale Anpassung des Produktmixes an die auf den Absatzmärkten herrschenden Preisverhältnisse
Best-of Abrechnung	Wahl der für das regulierte Unternehmen vorteilhaftesten Variante
Catch-up	Annäherung an die Effizienzgrenze (Abbau von unternehmensindividuellen Ineffizienzen)
Cook's Distance	Schwellenwert eines statistischen Tests zur Identifizierung eines Ausreißers innerhalb eines Datensatzes. Eine Beobachtung gilt als Ausreißer, wenn er die Lage der ermittelten Regressionsgerade zu einem erheblichen Maß beeinflusst.
Data Envelopment Analysis (DEA)	Deterministisches, nicht parametrisches Verfahren der linearen Programmierung zur Bestimmung der Effizienzgrenze auf Basis unternehmensindividueller Daten.
Deflator	Preisindex zur Ermittlung preisbereinigter (realer) Daten aus einer nominalen Zeitreihe
Dreistellerebene	Dritte Gliederungsebene der deutschen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Hierzu zählen z.B. die Elektrizitäts- und Gasversorgung.
essential facility-Doktrin	Aussage der ökonomischen Theorie, dass sich die Regulierung auf den Bereich natürlicher Monopole (essential facility) beschränken sollte.
Frontier Shift	Verschiebung der Effizienzgrenze über die Zeit aufgrund technologischen Fortschritts
GENESIS	Hauptdatenbank des Statistischen Bundesamtes
Kostenmalmquist	Malmquist Index auf Basis nominaler Kostendaten
Malmquist Index	Index auf Basis unternehmensindividueller Daten zur Ermittlung von Produktivitätsentwicklungen über die Zeit
OLS (Ordinary Least Squares)-Schätzung	Methode der Statistik zur Ermittlung einer Regressionsgeraden. Dabei wird die Summe der quadratischen Abweichungen der Regressionsgeraden von den beobachteten Punkten minimiert.
Paneldaten	Datensatz, der Daten für unterschiedliche Beobachtungseinheiten (z.B. Unternehmen) für mehrere Zeitpunkten enthält.
Proxys	Näherungswert
Residualbetrachtung	Im Rahmen dieses Gutachtens bedeutet dies, dass der grundsätzliche ökonomische Zusammenhang zwischen Preisen und Produktivitätsentwicklungen auf wettbewerblich organisierten Märkten dazu verwendet wird, um die Entwicklung der Faktorpreise aus veröffentlichten Daten des Statistischen Bundesamtes abzuleiten.

Residuum	Abweichung der beobachteten Punkte von der geschätzten Regressionsgeraden
RPI-X	Eine Form der Anreizregulierung. Für einen bestimmten Zeitraum, in der Regel eine Regulierungsperiode, wird die Preisentwicklung (bzw. Erlösentwicklung) von der Entwicklung der Kosten abgekoppelt. In einfachster Form entwickeln sich die Preise analog zu den Vorjahrespreisen, korrigiert um den Faktor „RPI-X“, wobei RPI für die allgemeine Inflationsrate (RPI ist der Retail Price Index; zu Deutsch VPI – Verbraucherpreisindex) und X für die erwartete Produktivitätssteigerung stehen.
Skaleneffizienz	Agieren mit optimaler Unternehmensgröße (z.B. durch Ausnutzung von Größenvorteilen)
Stochastic Frontier Analysis (SFA)	Stochastisches und parametrisches Verfahren, das die Effizienzgrenze aus unternehmensindividuellen Daten mittels ökonomischer Verfahren schätzt.
STOTEX	Standardisierte Gesamtkosten
Stützintervall	Zeitraum in der Vergangenheit, auf den sich die Prognose für die Zukunft stützt. Dabei wird angenommen, dass die im Vergangenheitszeitraum (Stützintervall) beobachteten Entwicklungen auch für den Prognosezeitraum ihre Gültigkeit behalten
Technische Effizienz	Minimaler Ressourceneinsatz bei gegebenem Output bzw. maximaler Output bei gegebenem Ressourceneinsatz
Totale Faktorproduktivität (TFP)	Maß für die Gesamtproduktivität, das das Verhältnis aller Outputs (Leistungen und Produkte) zu allen verwendeten Inputs (Faktoreinsatz) bildet.
TOTEX	Gesamtkosten
Trimming	Verfahren zur Ausreißerbereinigung. Es werden alle identifizierten Ausreißer aus dem Datensatz entfernt.
Vierstellerebene	Vierte Gliederungsebene der deutschen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Hierzu zählen z.B. die Elektrizitäts- und Gasnetze.
Winsorizing	Verfahren zur Ausreißerbereinigung. Identifizierte Ausreißer bleiben Teil des Datensatzes. Allerdings werden ihre Daten nach bestimmten Vorgaben angepasst. Im Rahmen dieses Gutachtens werden die Kosten auf die Effizienzgrenze skaliert, so dass die Ausreißer nicht mehr die Lage der Grenze maßgeblich beeinflussen.
Dummy	Variable, die nur die Werte 0 oder 1 annehmen kann.
Zweistellerebene	Zweite Gliederungsebene der deutschen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Hierzu zählt z.B. Energieversorgung.

1 Einleitung

1.1 Fragestellung

Gemäß § 9 Abs. 3 der Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze (Anreizregulierungsverordnung - ARegV) hat die Bundesnetzagentur (BNetzA) ab der dritten Regulierungsperiode den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor jeweils vor Beginn der Regulierungsperiode nach Maßgabe von Methoden, die dem Stand der Wissenschaft entsprechen, zu ermitteln. Die BNetzA hat daher den Auftrag, vor Beginn der dritten Regulierungsperiode, die bei den Gasnetzen am 1.1.2018 und bei den Stromnetzen am 1.1.2019 beginnen wird, einen neuen Wert für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor¹ festzulegen. Für die ersten beiden Regulierungsperioden wurde der Faktor direkt durch § 9 Abs. 2 ARegV mit 1,25% p.a. (erste Regulierungsperiode) und 1,5% (zweite Regulierungsperiode) in der Verordnung kodifiziert.

Vor diesem Hintergrund hat die BNetzA das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH (WIK)² mit Sitz in Bad Honnef am 28.04.2016 beauftragt, sie bei der Ermittlung eines Wertes für den generellen X-Faktor durch die Erstellung eines Gutachtens zu unterstützen. Auftragsgegenstand ist die ergebnisoffene Auseinandersetzung mit den Entwicklungen der Strom- und Gasversorgungsnetze gegenüber der Gesamtwirtschaft, um sachgerechte Werte für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor ableiten zu können. Hintergrund ist, dass X_{gen} im deutschen Regulierungskontext der ARegV über eine Differenzialbetrachtung zwischen Netz und Gesamtwirtschaft zu bestimmen ist, wobei sowohl die Produktivitäts- als auch die Einstandspreisentwicklungen zu berücksichtigen sind. Hinsichtlich der sektoralen Produktivitätsentwicklungen ist der Auftragsgegenstand auf die international anerkannten und in der Literatur weit verbreiteten Methoden des Törnquist und des Malmquist Indexes beschränkt. Dabei sollen beim Malmquist Index die im Rahmen der bisherigen Effizienzvergleiche gemäß Anlage 3 zu § 12 ARegV zur Anwendung gekommenen Ansätze der Stochastic Frontier Analysis (SFA) und der Data Envelopment Analysis (DEA) berücksichtigt werden.

1.2 Projektstruktur

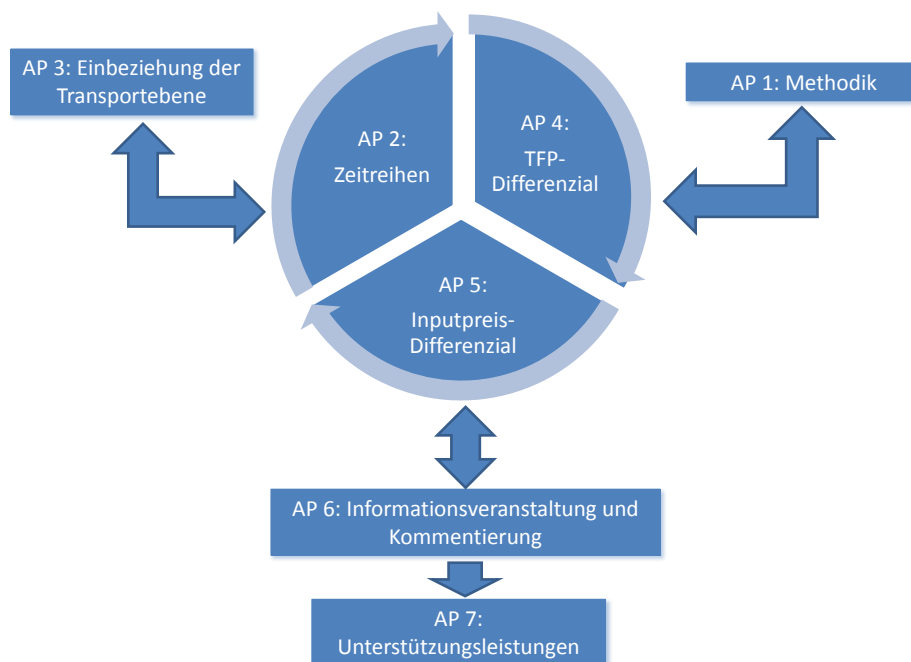
Insgesamt gliedert sich das laufende Projekt in sieben Arbeitspakete. Das vorliegende Gutachten bildet dabei einen wesentlichen Zwischenschritt. Eine Übersicht ist in Abbildung 1-1 enthalten. In Arbeitspaket 1 (Methodik) werden die zur Anwendung kommenden Methoden und die sich daraus ergebenden Datenerfordernisse aufbereitet. Dieses Arbeitspaket legt die Grundlagen für das Herzstück der Studie, das aus den Arbeitspa-

¹ Im Rahmen dieses Gutachtens werden als Synonyme für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor auch der generelle X-Faktor oder X_{gen} verwendet.

² WIK ist ein unabhängiges Unternehmen für die ökonomische Beratung und Forschung in Netzindustrien.

keten 2 (Zeitreihenauswahl), 4 (Berechnung TFP Differenzial) und 5 (Berechnung Einstandspreisdifferenzial) besteht. Dabei umfasst Arbeitspaket 4 Produktivitätsanalysen sowohl auf Basis des Törnquist als auch auf Basis des Malmquist Indexes. Arbeitspaket 3 (Einbindung der Transportebene) stellt einen ergänzenden Satellit dar, in dem vor dem Hintergrund der Erkenntnisse aus dem Herzstück der Studie vor allem die Einbeziehung der Übertragungs- und Fernleitungsnetze thematisiert wird. Die Arbeitspakete sind daher nicht isoliert voneinander zu betrachten. Vielmehr sind sie eng miteinander verzahnt und Bestandteil eines iterativen Prozesses. So stellt z.B. Arbeitspaket 2 die Datengrundlage für die Arbeitspakete 4 und 5 zur Verfügung. Auf Basis erster Analysen und den sich daran anschließenden Diskussionen ist es immer wieder erforderlich, aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse die Datengrundlage zu ergänzen bzw. anzupassen. Ferner sind diese drei Arbeitspakete über die Wahl des Stützintervalls und der daraus resultierenden Datenverfügbarkeit eng verbunden. Aus der Datengüte und Datenverfügbarkeit können sich wiederum Rückschlüsse für den methodischen Ansatz ergeben.

Abbildung 1-1: Arbeitspakete



Quelle: Eigene Darstellung

Das vorliegende Gutachten beinhaltet die vorläufigen Ergebnisse aus den ersten fünf Arbeitspaketen. Um die Ergebnis- von der Methodendiskussion zu trennen und vor dem Hintergrund der notwendigen Datenaktualisierungen in Arbeitspaket 7, liegt der Fokus des vorliegenden Gutachtens auf dem methodischen Vorgehen zur Bestimmung des generellen X-Faktors. Die Methodendiskussion wird vor dem aktuellen regulatorischen

Kontext und der identifizierten Datenverfügbarkeit und Datengüte geführt. Das Gutachten bildet die Grundlage für die anstehende Informationsveranstaltung (Arbeitspaket 6). Es wird rechtzeitig vor dieser Veranstaltung durch die BNetzA veröffentlicht. Die Ergebnisse der Konsultation des Methodengutachtens fließen anschließend wieder in den weiteren Gutachtenprozess ein. Ziel ist es, die methodische Basis festzulegen, auf der anschließend in Arbeitspaket 7 neben der gutachterlichen Würdigung der eingehenden Stellungnahmen vor allem die konkreten Rechnungen durchgeführt werden. Hierfür werden die Datenbasen für die Törnquist Berechnungen, das Einstandspreisdifferenzial und den Malmquist Index aktualisiert. Hinsichtlich der ersten beiden Punkte sind dies Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes. In Bezug auf die Malmquist Berechnungen sind dies die Datensätze für die entsprechenden Effizienzvergleiche. Daher findet für Gas die Aktualisierung 2017 statt, während sie für Strom 2018 durchgeführt wird.

Das Gutachten wird seitens der BNetzA aktiv begleitet. Es sind verschiedene Referate und Beschlusskammern der BNetzA involviert. Während des Projekts erfolgt zwischen BNetzA und WIK eine intensive Zusammenarbeit mittels gesichertem Datenaustausch, Arbeitstreffen, Telefonkonferenzen, bilateralen Besprechungen und Email-Korrespondenz.

Bereits für die ersten fünf Arbeitspakete hat die BNetzA dem WIK Datensätze zur Verfügung gestellt. Dies sind vor allem die Datensätze aller bisherigen durch die BNetzA durchgeführten Effizienzvergleiche für die Strom- (EVS1 und EVS2) und Gasverteilnetzbetreiber (EVG1 und EVG2) sowie für die Gasfernleitungsnetzbetreiber. Letztere beinhalten sowohl die beiden Vergleiche für die erste Regulierungsperiode, die getrennt nach regionalen (EVrFNB1) und überregionalen Fernleitungsnetzbetreibern (EVüFNB1) erfolgten, als auch den Effizienzvergleich für die 13 Fernleitungsnetzbetreiber für die zweite Regulierungsperiode (EVFNB2). Die entsprechenden Ergebnisdokumentationen für die Verteilnetzbetreiber sind für den EVS1 in Sumicsid und EE² (2008a), für den EVS2 in Swiss Economics und Sumicsid (2014a), für den EVG1 in Sumicsid und EE² (2008b) sowie für den EVG2 in Frontier Economics und Consentec (2013) nachzulesen. Weitere Datenlieferungen beinhalten z.B. die von der BNetzA festgelegten Preisindices zur Bestimmung der Tagesneuwerte für Strom und Gas sowie Kostenstrukturdaten aus den Erhebungsbögen jeweils für die erste und zweite Regulierungsperiode für die Übertragungsnetzbetreiber, die Fernleitungsnetzbetreiber und die Strom- und Gasverteilnetzbetreiber im Regelverfahren sowie der Netzbetreiber in Organleihe.

Bereits frühzeitig wurde das Statistische Bundesamt in den Prozess eingebunden. Dies erfolgte vor allem vor dem Hintergrund der Wahl adäquater Zeitreihen für die Törnquist Berechnungen und die Einstandspreise. So haben u.a. zwei Treffen in Wiesbaden stattgefunden, an denen Vertreter der BNetzA, vom WIK sowie Leiter verschiedener Gruppen und Referate des Statistischen Bundesamtes (u.a. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Input-Output-Rechnung, Preisstatistik, Vermögensrechnung und Kostenstrukturserhebung Energie) teilgenommen haben. Hauptansprechpartner innerhalb

des Statistischen Bundesamtes ist der Leiter der Gruppe „Inlandsprodukt, Input-Output-Rechnung“. Zusätzlich zu den zwei Treffen in Wiesbaden erfolgte der Austausch telefonisch und per Email-Korrespondenz.

Der Ablauf des Gutachtenprozesses war bisher folgendermaßen zeitlich strukturiert:

- 10.05.2016: Kick Off
- 16.06.2016: Datenübergabe
- 17.06.2016: Erstes Arbeitstreffen
- 18.07.2016: Erstes Treffen beim Statistischen Bundesamt in Wiesbaden
- 20.07.2016: Zweites Arbeitstreffen
- 03.08.2016: Zwischentreffen zum Malmquist Index
- 30.08.2016: Drittes Arbeitstreffen
- 08.09.2016: Zweites Treffen beim Statistischen Bundesamt in Wiesbaden
- 09.09.2016: Methodentreffen zum Malmquist Index
- 06.10.2016: Methodentreffen zum Törnquist Index und Einstandspreis
- 06.10.2016: Viertes Arbeitstreffen
- 26.10.2016: Fünftes Arbeitstreffen

1.3 Aufbau des Gutachtens

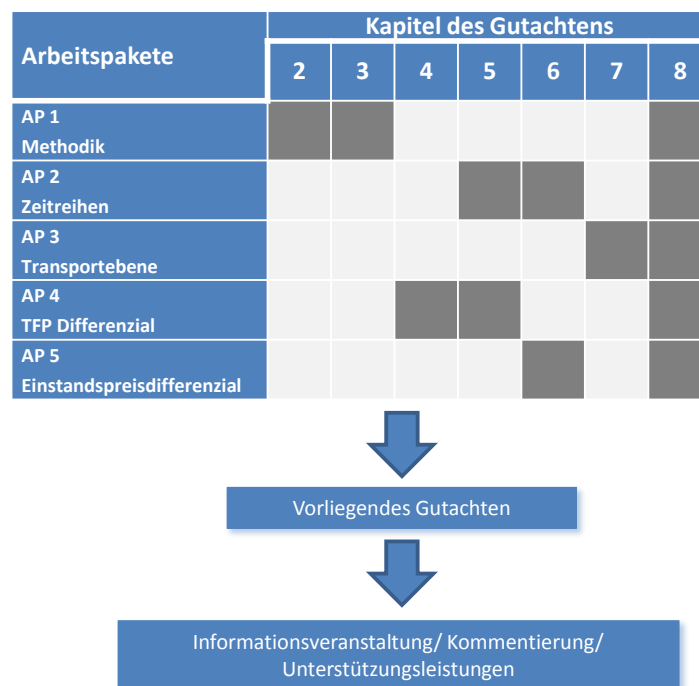
Das Gutachten gliedert sich wie folgt:

- Kapitel 2 beschreibt die Rolle des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors im deutschen Regulierungskontext aus theoretischer Sicht.
- Kapitel 3 stellt die wesentlichen Berechnungsmöglichkeiten zum Produktivitäts- (Malmquist und Törnquist Index) und Einstandspreisdifferenzial aus theoretischer Sicht dar.
- Kapitel 4 leitet auf Basis der bisherigen Effizienzvergleiche einen Vorschlag für das Vorgehen beim Malmquist Index zur Ermittlung der Produktivitätsentwicklung bei den Strom- und Gasnetzen ab.
- Kapitel 5 beinhaltet Vorschläge für das Vorgehen zur Ermittlung sektoraler und gesamtwirtschaftlicher Produktivitätsentwicklungen auf Basis des Törnquist Indexes.
- Kapitel 6 beschreibt Vorschläge für das Vorgehen zur Ermittlung sektoraler und gesamtwirtschaftlicher Einstandspreisentwicklungen.
- Kapitel 7 diskutiert die Möglichkeiten der Einbeziehung der deutschen Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreiber.

- Kapitel 8 leitet aus den vorhergehenden Ausführungen eine synoptische Gegenüberstellung der beiden wesentlichen Berechnungsmöglichkeiten (Malmquist und Törnquist Index) ab.
- Annex A gibt einen theoretischen Abriss über die vier wesentlichen Indexzahlen (Laspeyres, Paasche, Fisher und Törnquist).
- Annex B listet ausgewählte Ansätze auf, die im Rahmen des Gutachtenprozesses diskutiert und nach näherer Betrachtung aufgrund ihrer Nichteignung wieder verworfen wurden.

Abschließend ordnet Abbildung 1-2 die einzelnen Kapitel des Gutachtens (exklusive der Anhänge) den zuvor beschriebenen Arbeitspaketen grob zu. Die Kapitel betten sich dabei in die bei den Arbeitspaketen ausgeführten vielfältigen Abhängigkeiten und das daraus resultierende iterative Vorgehen ein. Daher ist das Schlusskapitel auch ein Ausfluss aller bisherigen fünf Arbeitspakete.

Abbildung 1-2: Zuordnung der Kapitel des Gutachtens zu den Arbeitspaketen



Quelle: Eigene Darstellung

2 Der generelle sektorale Produktivitätsfaktor nach § 9 ARegV

Der generelle sektorale Produktivitätsfaktor ist in § 9 der deutschen Anreizregulierungsverordnung (ARegV) kodifiziert. Die entsprechenden Bestimmungen lauten:

- (1) Der generelle sektorale Produktivitätsfaktor wird ermittelt aus der Abweichung des netzwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritts vom gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritt und der gesamtwirtschaftlichen Einstandspreisentwicklung von der netzwirtschaftlichen Einstandspreisentwicklung.*
- (2) In der ersten Regulierungsperiode beträgt der generelle sektorale Produktivitätsfaktor für Gas- und Stromnetzbetreiber jährlich 1,25 Prozent, in der zweiten Regulierungsperiode jährlich 1,5 Prozent.*
- (3) Die Bundesnetzagentur hat den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor ab der dritten Regulierungsperiode jeweils vor Beginn der Regulierungsperiode für die gesamte Regulierungsperiode nach Maßgabe von Methoden, die dem Stand der Wissenschaft entsprechen, zu ermitteln. Die Ermittlung hat unter Einbeziehung der Daten von Netzbetreibern aus dem gesamten Bundesgebiet für einen Zeitraum von mindestens vier Jahren zu erfolgen. Die Bundesnetzagentur kann bei der Ermittlung auf die Verwendung der Daten von Netzbetreibern verzichten, die die Teilnahme am vereinfachten Verfahren nach § 24 Absatz 2 gewählt haben. Die Bundesnetzagentur kann jeweils einen Wert für Stromversorgungsnetze und für Gasversorgungsnetze ermitteln.*
- (4) Die Landesregulierungsbehörden können bei der Bestimmung der Erlösobergrenzen den durch die Bundesnetzagentur nach Absatz 3 ermittelten generellen sektoralen Produktivitätsfaktor anwenden.*
- (5) Die Einbeziehung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors in die Erlösobergrenzen erfolgt durch Potenzierung der Werte nach den Absätzen 2 und 3 mit dem jeweiligen Jahr der Regulierungsperiode.*

In diesem Kapitel werden zunächst die theoretischen Grundlagen für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor gelegt. In Abschnitt 2.1 wird der generelle X-Faktor systematisch ausgehend von einer Preisobergrenze unter Anwendung einer Wettbewerbsanalogie hergeleitet. Abschnitt 2.2 beleuchtet die Einbindung des Faktors in die Formel zur Bestimmung der Erlösobergrenze eines Netzbetreibers im deutschen Kontext. Die Abgrenzung des generellen gegenüber dem individuellen X-Faktor erfolgt in Abschnitt 2.3.

2.1 Der generelle X-Faktor als Differenzial

Gemäß der essential facility-Doktrin sollte sich die Regulierung von Infrastruktursektoren auf den Bereich natürlicher Monopole konzentrieren, d.h. auf solche Bereiche der Wertschöpfungskette, die am kostengünstigsten durch einen Anbieter bereitgestellt werden. Im Energiesektor trifft dies üblicherweise auf den Netzbereich zu. In Deutsch-

land unterliegen die Betreiber von Strom- und Gasnetzen daher seit 2009 einer Anreizregulierung mit dem damit verbundenen Ziel, kosteneffizientes Handeln der Netzbetreiber bei Betrieb und Investitionen anzureizen. Die Anreizregulierung (oder auch preisbasierte Regulierung) geht zurück auf den britischen Ökonomen Stephen Littlechild, der dieses System in den frühen 1980er Jahren ursprünglich für die Telekommunikationssektor entwickelte.³ Kernelement dieses Regulierungsregimes (auch Preisobergrenzenregulierung oder Price-Cap genannt) ist der RPI-X-Term. Für einen bestimmten Zeitraum, in der Regel eine Regulierungsperiode, wird die Preisentwicklung von der Entwicklung der Kosten abgekoppelt. In einfachster Form entwickeln sich die Preise analog zu den Vorjahrespreisen, korrigiert um den Faktor „RPI-X“, wobei RPI für die allgemeine Inflationsrate (RPI ist der Retail Price Index; zu Deutsch VPI – Verbraucherpreisindex) und X für die erwartete Produktivitätssteigerung stehen. Im Gegensatz zu kostenorientierten Regulierungsregimen haben die betroffenen Unternehmen somit einen starken Anreiz, auf kosteneffiziente Technologien zurückzugreifen und „überhöhte“ Kosten zu vermeiden. Dies bedeutet ferner, dass es bei einer reinen Anreizregulierung auch keine Verzerrung in Richtung einer zu kapitalkostenintensiven Produktion gibt, wie dies bei der kostenorientierten Regulierung der Fall ist (Averch-Johnson-Effekt).⁴ In Deutschland kommt dieser Ansatz als Erläsobergrenzenregulierung (Revenue-Cap) zur Anwendung, wobei anstatt auf die Preise auf die Erlöse abgestellt wird.⁵

Ziel anreizorientierter Regulierungsansätze ist es, die Marktkräfte bei funktionsfähigem Wettbewerb zu imitieren und damit Wettbewerbsdruck zu simulieren. In kompetitiven Märkten zwingen die Wettbewerbskräfte die Marktteilnehmer dazu, Produktivitätsfortschritte zu realisieren und die daraus resultierenden Zusatzgewinne in Form niedriger Preise an die Kunden weiterzureichen. Bei entsprechendem Wettbewerb in einem bestimmten Sektor i drückt die sektorale Preissteigerungsrate für Endkundenprodukte (Inflationsrate der Outputpreise), ΔP_{Output}^i , die Differenz zwischen der Wachstumsrate der sektoralen Inputpreise, ΔP_{Input}^i , und der Rate des sektoralen technologischen Fortschritts, ΔTF^i , aus:

$$(2-1) \quad \Delta P_{Output,t}^i = \Delta P_{Input,t}^i - \Delta TF_t^i$$

In wettbewerblich organisierten Märkten können somit nur die um den technischen Fortschritt geminderten Inputpreissteigerungen an die Endkunden weitergegeben werden. Realisiert ein Unternehmen einen geringeren Produktivitätszuwachs als seine Wettbewerber, muss es entweder seine Produkte zu höheren Preisen anbieten oder es nimmt eine geringere Verzinsung des eingesetzten Kapitals in Kauf. In beiden Fällen scheidet das Unternehmen langfristig aus dem Markt aus, da ihm entweder der Absatz wegbricht oder die Finanzierung Schwierigkeiten bereitet.

³ Siehe dazu bspw. Beesley und Littlechild (1989).

⁴ Vgl. Averch und Johnson (1962).

⁵ Nachfolgend wird vor allem auf den Price Cap abgestellt, da dies dem ursprünglichen Ansatz entspricht. Die nachfolgenden Erläuterungen gelten analog auch für den in der deutschen ARegV kodifizierten Revenue Cap.

Unter der Annahme, dass die gesamte Volkswirtschaft (GW) wettbewerblich organisiert ist, gilt analog:

$$(2-2) \quad \Delta P_{Output,t}^{GW} = \Delta P_{Input,t}^{GW} - \Delta TF_t^{GW} = \Delta VPI_t$$

Die Veränderung der Outputpreise, $\Delta P_{Output,t}^{GW}$, entspricht dabei der Inflationsrate, ΔVPI .

Wie zuvor kurz skizziert ist für die Anreizregulierung in Form eines Price Cap charakteristisch, dass die Preisobergrenzen der Unternehmen im regulierten Netzsektor, P^{Netz} , den Vorjahrespreisobergrenzen entsprechen, korrigiert um die Inflationsrate und Produktivitätssteigerungen in Gestalt des generellen X-Faktors. Formal lässt sich dies folgendermaßen ausdrücken:⁶

$$(2-3) \quad P_t^{Netz} = P_{t-1}^{Netz} (1 + \Delta VPI_t - X_{Gen,t})$$

Die Preisobergrenze eines Netzbetreibers korrespondiert mit den entsprechenden Netzentgelten. Folglich entspricht die jährliche Wachstumsrate der Preisobergrenze der Veränderung der Outputpreise:

$$(2-4) \quad P_t^{Netz} / P_{t-1}^{Netz} - 1 = \Delta P_{Output,t}^{Netz}$$

Setzt man dies in die vorherige Gleichung (2-3) ein, erhält man:

$$(2-5) \quad \Delta P_{Output,t}^{Netz} = \Delta VPI_t - X_{Gen,t}$$

Unter Verwendung von $\Delta VPI_t = \Delta P_{Input,t}^{GW} - \Delta TF_t^{GW}$ aus Gleichung (2-2) ergibt sich folglich:

$$(2-6) \quad \Delta P_{Output,t}^{Netz} = [\Delta P_{Input,t}^{GW} - \Delta TF_t^{GW}] - X_{Gen,t}$$

Gleichung (2-1) gilt für jeden beliebigen wettbewerblichen Sektor. Da die Anreizregulierung Wettbewerbsdruck simuliert, lassen sich diese Gleichungen auch auf den regulierten Netzsektor übertragen:

$$(2-7) \quad \Delta P_{Output,t}^{Netz} = \Delta P_{Input,t}^{Netz} - \Delta TF_t^{Netz}$$

Werden Gleichung (2-6) und Gleichung (2-7) gleichgesetzt, so lässt sich der generelle X-Faktor als Differenz zwischen der durch technologischen Fortschritt bedingten Produktivitätsentwicklung der regulierten Branche und der Gesamtwirtschaft (Produktivitätsdifferenzial) sowie aus der Differenz der Inputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft und der regulierten Branche (Inputpreisdifferenzial) herleiten. Dies entspricht der Definition von Bernstein und Sappington (1999), die durch § 9 Absatz 1 ARegV auch Eingang in den deutschen Gesetzestext gefunden hat:

⁶ Bei einer Erlösobergrenzenregulierung (Revenue Cap) gelten die folgenden Ausführungen analog. Die Erlöse R_t^{Netz} ergeben sich bei einer Erlösobergrenzenregulierung als Produkt aus dem Preis p_t^{Netz} und dem Output q_t^{Netz} des regulierten Netzbetreibers. Im einfachsten Fall eines Einproduktunternehmens und eines über die Zeit konstanten Outputs ($q_t^{Netz} = q_{t-1}^{Netz}$) kürzen sich die Mengen auf der linken und rechten Seite in Gleichung (2-3) raus.

$$(2-8) \quad X_{Gen,t} = (\Delta TF_t^{Netz} - \Delta TF_t^{GW}) + (\Delta P_{Input,t}^{GW} - \Delta P_{Input,t}^{Netz})$$

Der generelle X-Faktor lässt sich somit direkt aus der Formel der Preisobergrenzenregulierung herleiten. In einem Anreizregulierungssystem mit Preis- oder Erlösobergrenze nach dem RPI-X-Prinzip ist die Verwendung des generellen X-Faktors aus theoretischer Sicht somit zwingend erforderlich, um Wettbewerb zu imitieren, was eine wesentliche Zielstellung anreizbasierter Regulierungsregime darstellt. Er zielt darauf ab, während einer Regulierungsperiode durch technologischen Fortschritt bedingte Produktivitätsfortschritte wettbewerbsanalog an die Endkunden weiterzureichen. Ein Verzicht auf den generellen X-Faktor ohne anderweitige Berücksichtigung des Frontier Shifts würde einer Wettbewerbsanalogie und somit letztendlich der Intention einer Anreizregulierung zuwiderlaufen.

Da in der ARegV die Kostenbasis während einer Regulierungsperiode mittels des Verbraucherpreisindexes inflationiert wird, der die Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Outputpreise abbildet, ist die Verwendung des Produktivitäts- und des Inputpreisdifferenzials zur Ermittlung des generellen X-Faktors zwingend erforderlich, um eine Wettbewerbsanalogie zu simulieren.⁷ Im deutschen Kontext ist der generelle X-Faktor daher eine relative Größe und beinhaltet einen Vergleich der Entwicklung der regulierten Netzindustrie mit der Entwicklung der Gesamtwirtschaft. Die in der Inflationsrate enthaltenen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen werden über den allgemeinen X-Faktor wieder herausgerechnet, um eine Relation gemäß Gleichung (2-1) für den Netzsektor zu erhalten:

$$(2-9) \quad \Delta P_{Output,t}^{Netz} = \Delta P_{Input,t}^{Netz} - \Delta TF_t^{Netz}.$$

Daraus folgt unmittelbar, dass selbst bei vollständiger Identität von netzwirtschaftlichem und gesamtwirtschaftlichem technologischem Fortschritt ($\Delta TF_t^{Netz} = \Delta TF_t^{GW}$) der generelle X-Faktor immer noch die Unterschiede in den Entwicklungen der Inputpreise zwischen Gesamtwirtschaft und reguliertem Sektor abbilden muss.

Auch langfristig behält der sektorale Produktivitätsfaktor unter dem gegebenen Regulierungsregime seine Berechtigung. Aufgrund unterschiedlicher Produktionsfunktionen und Inputfaktoren zwischen den verschiedenen Sektoren der Gesamtwirtschaft ist langfristig davon auszugehen, dass

1. $\Delta TF_t^{Netz} \neq \Delta TF_t^{GW}$ und

⁷ Dies entspricht dem Vorgehen von Bernstein und Sappington (1999). Auf S.10 heißt es dort, dass bei der Ableitung der entsprechenden Formel explizit angenommen wird, dass die Kostenbasis mit einem nationalen Outputpreisindex („economy-wide rate of output price inflation“) inflationiert wird. Wird hingegen die Kostenbasis während einer Regulierungsperiode mittels eines netzbezogenen Inputpreisindex inflationiert, so umfasst der allgemeine X-Faktor lediglich eine Aussage über den zu erwartenden technologischen Fortschritt in der regulierten Branche: $X_{Gen,t} = \Delta TF_t^{Netz}$. Dies ist z.B. gegenwärtig für die Gasverteilnetzbetreiber in Österreich der Fall, deren Kosten mittels eines inputorientierten Netzbetreiberpreisindex fortgeschrieben werden (vgl. WIK-Consult 2012).

2. $\Delta P_{Input,t}^{Netz} \neq \Delta P_{Input,t}^{GW}$ gilt.⁸

Folglich sollten reale Zahlen darüber Auskunft geben, welche Höhe für das Produktivitäts- und Inputpreisdifferenzial und damit X_{gen} für die dritte Regulierungsperiode der deutschen Anreizregulierung erwartet werden kann. Dies bedeutet, dass hinsichtlich des Wertes von X_{gen} keinerlei Beschränkungen auferlegt werden.

2.2 Die Einbindung des Produktivitätsfaktors in die EOG-Formel

Nach § 7 in Verbindung mit Anlage 1 ARegV kann die Einbindung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors in die Formel für die Erlösobergrenze eines Jahres, EOG_t , für Verteilnetzbetreiber vereinfachend folgendermaßen dargestellt werden:

$$(2-10) \quad EOG_t = K_t \cdot \left(\frac{VPI_t}{VPI_0} - PF_t \right)$$

Die Kosten eines Jahres, K_t , werden mit der Veränderung des Verbraucherpreisindex (VPI) in t in Relation zum Basisjahr, $\frac{VPI_t}{VPI_0}$, abzüglich des generellen X-Faktors, PF_t , inflationsiert. K_t sind die um den Kapitalkostenabzug nach § 6 in Verbindung mit Anlage 2a ARegV bereinigten Kosten des Basisjahres. Sie beinhalten sowohl die vorübergehend nicht beeinflussbaren (§ 11 Absatz 3 ARegV) als auch die beeinflussbaren Kosten nach § 11 Absatz 4 ARegV. Sowohl bei den Kosten als auch beim VPI besteht ein Zeitverzug von zwei Jahren. Analog zur Veränderungsrate des VPI spiegelt PF_t das Verhältnis zwischen t und dem ersten Jahr der Regulierungsperiode wider und wird durch Multiplikation der einzelnen Jahreswerte für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor gebildet.

Im Unterschied zu den Verteilnetzbetreibern erfolgt bei den Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreibern kein Kapitalkostenabgleich während der Regulierungsperiode, so dass die Kosten des Basisjahres, K_0 , mit dem VPI und dem generellen X-Faktor fortgeschrieben werden. Für Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreiber kann die Erlösobergrenze vereinfachend dargestellt werden als:

$$(2-11) \quad EOG_t = K_0 \cdot \left(\frac{VPI_t}{VPI_0} - PF_t \right),$$

wobei K_0 analog zu den Verteilnetzbetreibern sowohl die vorübergehend nicht beeinflussbaren (§ 11 Absatz 3 ARegV) als auch die beeinflussbaren Kosten nach § 11 Absatz 4 ARegV umfasst.

Das Vorgehen bei allen Netzbetreibern entspricht somit im Grundsatz der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise.⁹ Während der VPI in jedem Jahr

⁸ Syverson (2011:326) merkt hierzu z.B. an: „Economists have shown that large and persistent differences in productivity levels across businesses are ubiquitous (deutsche Übersetzung durch die Autoren: Ökonomen haben gezeigt, dass große und dauerhafte Unterschiede in den Produktivitätsniveaus zwischen Sektoren allgegenwärtig sind).“

während einer Regulierungsperiode auf Basis der Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes aktualisiert wird, wird der Jahreswert für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor vor Beginn der Regulierungsperiode ermittelt und festgelegt und bleibt währenddessen konstant.

2.3 Abgrenzung zum individuellen X-Faktor

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert, zielt der generelle sektorale Produktivitätsfaktor nach § 9 ARegV (X_{gen}) auf durch technischen Fortschritt bedingte Produktivitätsänderungen ab. Durch technologischen Fortschritt werden die Produktionsmöglichkeiten eines Sektors erweitert. Die Produktionsmöglichkeitenkurve, auch Effizienzgrenze genannt, wird durch technischen Fortschritt nach außen verschoben (siehe Abbildung 2-1). Bei gegebener Ressourcenausstattung können alle Unternehmen somit einen höheren Output realisieren. Neben dem technologischen Fortschritt gibt es grundsätzlich noch vier weitere Quellen, aus denen sich eine Veränderung der Produktivität, also des Verhältnisses aus produzierten Outputs zu verwendeten Inputs, speisen kann:

- Technische Effizienz: Unternehmen können ihren Output bei gegebener Ressourcenausstattung steigern bzw. ihren Input bei gegebenem Output senken.
- Skaleneffizienz: Unternehmen können durch eine Änderung des Produktionsumfangs eine Kombination von Inputs und Outputs realisieren, die niedrigere Durchschnittskosten verursacht.
- Allokative Effizienz auf der Inputseite: Unternehmen passen ihren Inputeinsatz besser an die auf den Faktormärkten herrschenden Preisverhältnisse an.
- Allokative Effizienz auf der Outputseite: Unternehmen passen ihren Produktmix besser an die auf seinen Absatzmärkten herrschenden Preise an.

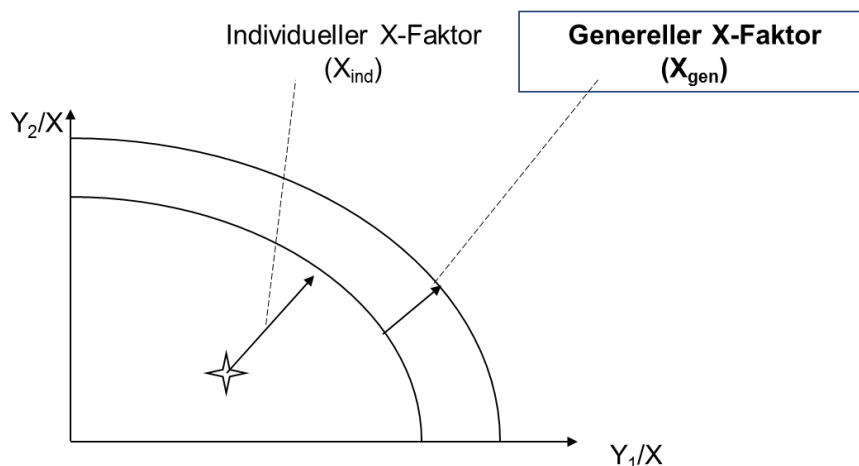
Da innerhalb der Netzregulierung die Erlöse bzw. die daraus abgeleiteten (Output) Preise reguliert sind und sich somit nicht gemäß Angebot und Nachfrage auf einem Absatzmarkt bilden, liegt der Fokus im weiteren Verlauf des Gutachtens allein auf der Inputseite, wenn von allokativer Effizienz gesprochen wird. Unternehmen auf der Effizienzgrenze sind daher allokativ und technisch effizient und agieren mit optimaler Betriebsgröße.

Neben dem generellen sektoralen Produktivitätsfaktor nach § 9 ARegV beinhaltet die deutsche Anreizregulierung auch noch individuelle Effizienzvorgaben für Netzbetreiber nach § 12 ARegV (X_{ind}), die auf Basis eines Effizienzvergleichs bestimmt werden. Wäh-

9 Siehe insbesondere Formel (2-3). PF_t in Formel (2-10) entspricht dabei $X_{\text{Gen},t}$ in Formel (2-3). Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wird in diesem Abschnitt die Notation der ARegV verwendet. Wird ein Jahreswert für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor in Höhe von bspw. 0,5% p.a. festgelegt, so ergibt sich für das dritte Jahr der Regulierungsperiode ein $PF_3 = [(1 + 0,005)^3 - 1] = 1,508\%$. Im weiteren Verlauf des Gutachtens wird nur auf den Jahreswert für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor rekurriert.

rend der generelle X-Faktor die Verschiebung der Effizienzgrenze über die Zeit (Frontier Shift) abbildet, die auf sektoralen technologischen Fortschritt zurückzuführen ist, sollen mit dem individuellen X-Faktor firmenspezifische Ineffizienzen der Netzbetreiber beseitigt werden, um diese an die Effizienzgrenze heranzuführen (Catch-up). Abbildung 2-1 verdeutlicht dies graphisch für eine Situation mit einem Input X und zwei Outputs $Y_{1,2}$. Der dargestellte Netzbetreiber agiert ineffizient, da er unterhalb der Effizienzgrenze liegt. Aufgrund der Vernachlässigung der Inputpreise in Abbildung 2-1 kommen als Ursache technische Ineffizienz und/oder nicht ausgenutzte Größenvorteile in Frage. Um auf die aktuelle Effizienzgrenze zu gelangen, muss das Unternehmen seine individuelle Ineffizienz abbauen, indem es z.B. entweder weniger Input für seine Outputs benötigt oder aber mit dem gleichen Inputniveau ein höheres Outputniveau erreicht. Die Parallelverschiebung der Effizienzgrenze stellt den sektoralen technischen Fortschritt dar und wird über den generellen X-Faktor erfasst. Während der individuelle X-Faktor somit auf die (individuelle) Effizienz abstellt, bezieht sich der generelle X-Faktor auf die Produktivität des gesamten Sektors.

Abbildung 2-1: Individueller und genereller X-Faktor



Quelle: Eigene Darstellung

wik

Ein Maß für die Gesamtproduktivität eines Sektors, das alle Quellen für Produktivitätsänderungen beinhaltet, ist die totale Faktorproduktivität (TFP). Es bildet das Verhältnis aller Outputs (Leistungen und Produkte) zu allen verwendeten Inputs (Faktoreinsatz).¹⁰ Ein Charakteristikum vollkommen wettbewerblicher Märkte ist das Vorliegen von allokativer und technischer Effizienz. Ferner agieren die Unternehmen mit optimaler Unternehmensgröße (Skaleneffizienz) und können durch eine Änderung des Produktionsumfangs keine Größenvorteile mehr realisieren. Daraus folgt, dass bei vollkommen wett-

¹⁰ Vgl. z.B. Coelli et al. (2005: 61ff.) und Kumbhakar et al. (2015: 286).

bewerblich organisierten Märkten die Rate des technischen Fortschritts der Änderung der totalen Faktorproduktivität, ΔTFP , entspricht:

$$(2-12) \quad \Delta TF_t^i = \Delta TFP_t^i.$$

In Kapitel 3 wird u.a. auf die Möglichkeiten eingegangen, den netzwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritt als ein Bestandteil des generellen X-Faktors nach § 9 Abs. 1 ARegV zu ermitteln. Strom- und Gasnetze stellen als natürliche Monopole zunächst einen nicht wettbewerbsorientierten Bereich dar. Auf der anderen Seite zielt die Anreizregulierung auf die Simulierung von Wettbewerb ab. Aus den bisherigen Ausführungen in diesem Abschnitt geht hervor, dass die Separierbarkeit nach Catch-up und Frontier Shift bei der Ermittlung des sektoralen Produktivitätsfortschritts insbesondere dann eine Rolle spielt, wenn unternehmensindividuelle Ineffizienzen bestehen und diese sich signifikant über die Zeit verändern.

Der individuelle X-Faktor wird im Rahmen eines zeitpunktbezogenen (statischen) Effizienzvergleichs bestimmt, in dessen Rahmen bestehende Ineffizienzen aufgedeckt werden. In wettbewerblichen Märkten müssten diese Ineffizienzen unmittelbar zulasten des Eigenkapitals abgebaut werden. In der deutschen Anreizregulierung werden die festgestellten Ineffizienzen hingegen in einen Abbaupfad überführt, so dass ein Teil der Ineffizienzen weiter durch die Netznutzer bezahlt wird, bis diese entsprechend der individuellen Effizienzvorgaben beseitigt wurden. Demgegenüber stellt der generelle X-Faktor auf dynamische Effizienz ab in dem Sinne, dass durch technologischen Fortschritt erreichte Produktivitätsverbesserungen bereits während der Regulierungsperiode über gedämpfte Erlösentwicklungen (bzw. Netzentgelte) an die Netznutzer weitergegeben werden. Die Dämpfung beinhaltet entsprechend der Wettbewerbsanalogie, dass nur der Teil der Inputpreissteigerungen an Endkunden weitergegeben werden darf, der über den zu erwartenden technischen Fortschritt hinausgeht. Zu erwartende Produzentenrente wird mithin in Konsumentenrente umgewidmet. Daraus folgt unmittelbar, dass der generelle X-Faktor im Gegensatz zum individuellen X-Faktor eine Prognosegröße ist, der Aussagen über den zu erwartenden Frontier Shift im betrachteten Sektor macht. Während der individuelle X-Faktor somit eine ex post Betrachtung macht und über den abgeleiteten Abbaupfad die unmittelbare Wettbewerbsanalogie etwas abmildert, was aufgrund der netzwirtschaftlichen Besonderheiten als natürliche Monopole mit langlebigen Kapitalgütern durchaus gerechtfertigt ist, stellt der generelle X-Faktor eine ex ante Betrachtung (Prognose) dar. Beide X-Faktoren, X_{gen} und X_{ind} , fungieren im Wesentlichen als Verteilungsinstrument. Der Anreiz zu effizientem Verhalten (statisch und dynamisch) im gegebenen Regulierungsregime wird vor allem durch die Setzung einer Erlösobergrenze (Cap) und den statischen Effizienzvergleich gesetzt. Das Benchmarking ist quasi der „Marktplatz“ der Netzbetreiber, auf dem sie in „Konkurrenz“ treten, da ihre Performance mit der anderer, vergleichbarer Netzbetreiber in Relation gesetzt wird.

3 Möglichkeiten der Berechnung des Produktivitätsfaktors

Wie in Kapitel 2.1 bereits ausgeführt, sieht die ARegV in § 9 vor, dass der generelle Produktivitätsfaktor der Summe aus Produktivitäts- und Einstandspreisdifferenzial entspricht. In diesem Kapitel werden die in der ökonomischen Literatur und regulatorischen Praxis am weitesten verbreiteten Methoden zu deren Ermittlung vorgestellt und diskutiert. Hervorzuheben ist, dass dies hier zunächst aus der theoretischen Perspektive geschieht. Die konkreten praktischen Details der Umsetzung sind Gegenstand der Kapitel 4 bis 6.

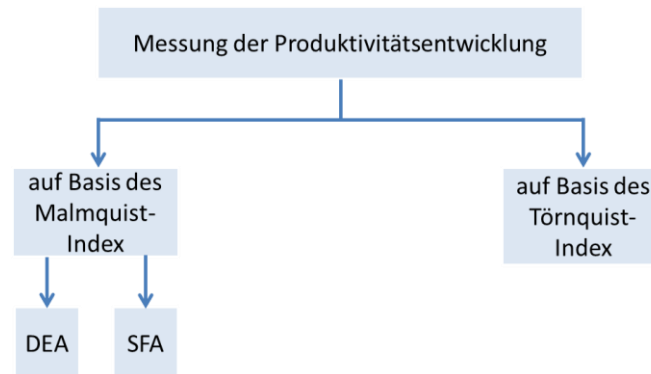
3.1 Produktivitätsdifferenzial

Die Messung der Produktivitätsentwicklung eines Sektors oder der Gesamtwirtschaft sind schon seit vielen Jahrzehnten Thema in der Ökonomie, weshalb hierzu eine umfangreiche Literatur vorhanden ist. In Bezug auf die Bestimmung des sektoralen Produktivitätsfortschritts gilt es insbesondere zwei, schon in der Begründung der Anreizregulierungsverordnung genannte Ansätze zu unterscheiden:¹¹ die Malmquist-Methode und die Törnquist-Methode. Während bei erstgenannter Unternehmensdaten eines Sektors als Datengrundlage dienen, die mittels verschiedener Ansätze ausgewertet werden können (z.B. DEA oder SFA), basiert zweitgenannte auf aggregierten Daten der Branche, die häufig bestimmten Aggregaten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entnommen sind. Abbildung 3-1 illustriert dies graphisch. Neben diesen beiden Hauptansätzen zur Bestimmung der Produktivitätsentwicklung existieren weitere Möglichkeiten wie bspw. die Regressionsanalyse. Allen genannten Ansätzen ist gemein, dass aus vergangenheitsbezogenen Daten eine zukünftige Entwicklung der Produktivität vorhergesagt wird, diese in dem Sinne fortgeschrieben wird. Eine Modellierung zukünftiger Entwicklungen findet somit explizit nicht statt.¹²

¹¹ Vgl. Dichtl-Rebling et al. (2013: 402f.).

¹² Hierzu wäre der Rückgriff auf aus der ökonomischen Theorie abgeleitete Prognosemodelle notwendig. Die Ergebnisse solcher Modelle sind abhängig von den getroffenen Annahmen. Im gegebenen Kontext ist ein Prognosemodell für den technischen Fortschritt vonnöten, das gesamtwirtschaftliche Entwicklungen mit denen der Netzsektoren koppelt. Den Gutachtern ist kein passendes, auf die Realitäten der deutschen Energienetzbetreiber zugeschnittenes Modell bekannt.

Abbildung 3-1: Die beiden Hauptmethoden zur Bestimmung des sektoralen Produktivitätsfortschritts



Quelle: Eigene Darstellung

3.1.1 Malmquist Produktivitätsindex

3.1.1.1 Beschreibung

Namensgeber des Malmquist Indexes ist Sten Malmquist mit einer Arbeit aus dem Jahr 1953¹³, wobei seine Verwendung als Produktivitätsindex zurückgeht auf Caves, Christensen und Diewert aus dem Jahr 1982.¹⁴ Der Malmquist-Index basiert auf der Grundidee, die Änderung von statischen Effizienzwerten (gemessen durch Input- oder Output-Distanz-Funktionen) in unterschiedlichen Perioden miteinander zu vergleichen und daraus die Produktivitätsentwicklung abzuleiten. Somit ist er ein Maß für die dynamische Effizienzentwicklung über die Zeit.¹⁵

Abbildung 3-2 skizziert schematisch die grundsätzliche Logik des Malmquist Indexes. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist eine Produktionsfunktion mit einem Input X und einem Output Y sowie konstanten Skalenerträgen abgebildet. Bestimmt wird die inputorientierte Produktivität, die angibt, wie stark das Inputniveau gesenkt werden kann, um das gegebene Outputniveau zu erreichen.¹⁶ Das dargestellte Unternehmen produziert in beiden Perioden technisch ineffizient in den Punkten U für Periode 1 und V für Periode 2. Folglich liegt es unterhalb der jeweiligen Effizienzgrenze.

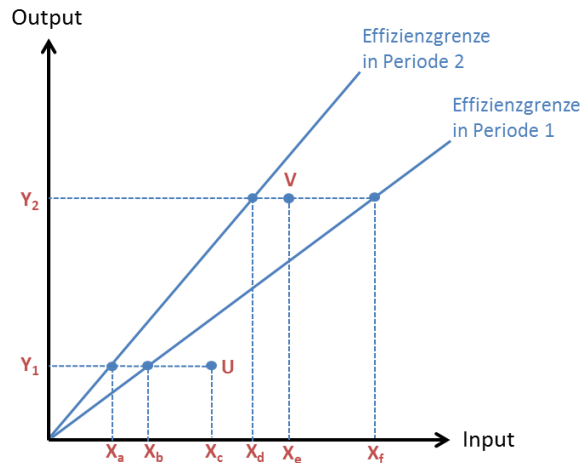
¹³ Vgl. Malmquist (1953).

¹⁴ Vgl. Caves et al. (1982a, 1982b).

¹⁵ Der Malmquist Index ist in der Literatur breit verankert. Gute Zusammenfassungen zur Methodik finden sich bspw. in Fried et al. (2008) und Coelli et al. (2005).

¹⁶ Im Gegensatz dazu misst die outputorientierte Produktivität, um wie viel das Outputniveau erhöht werden kann bei konstant gehaltenem Inputniveau. In der Regel unterscheiden sich die Ergebnisse des Malmquist Produktivitätsindex je nachdem, ob eine input- oder outputorientierte Spezifikation gewählt wird. Bei Annahme konstanter Skalenerträge für beide untersuchten Perioden stimmen die Ergebnisse jedoch unabhängig von der gewählten Orientierung überein. Vgl. Coelli et al. (2005).

Abbildung 3-2: Schematische Darstellung des Malmquist Index



Quelle: Eigene Darstellung

wik

Der Malmquist Index zur ersten Referenzperiode (MI_1^{real})¹⁷ misst die Effizienz des Unternehmens mit der Input-Output-Kombination der zweiten bzw. ersten Periode jeweils gegenüber der Referenztechnologie in Periode 1:

$$(3-1) \quad MI_1^{real} = \frac{x_f/x_e}{x_b/x_c}$$

Für den Malmquist Index zur zweiten Referenzperiode (MI_2^{real}) ergibt sich spiegelbildlich jeweils gegenüber der Referenztechnologie in Periode 2:

$$(3-2) \quad MI_2^{real} = \frac{x_d/x_e}{x_a/x_c}$$

Um einen Malmquist Index (MI^{real}) zu erhalten, der unabhängig von der Wahl der Periode ist, wird das geometrische Mittel aus beiden Perioden gebildet:¹⁸

$$(3-3) \quad MI^{real} = \left[\frac{x_f/x_e}{x_b/x_c} \cdot \frac{x_d/x_e}{x_a/x_c} \right]^{0,5}$$

Zur Bestimmung des Malmquist Indexes ist es demzufolge notwendig, vier Distanzen zu ermitteln. Im Fall eines in beiden Perioden effizienten Unternehmens reduziert sich die Anzahl der zu bestimmenden Distanzen auf zwei, da die beiden periodenimmanenten Distanzen (x_b/x_c und x_d/x_e) folglich gleich Eins sind. In diesem Fall sind Produktivitätssteigerungen nur durch eine sich verschiebende Effizienzgrenze mittels neuer Referenztechnologie möglich. Bei einem ineffizientem Unternehmen stellt sich hingegen die

¹⁷ Es werden reine Mengenänderungen betrachtet. In Abgrenzung zu den Ausführungen in Abschnitt 3.1.1.2 wird er daher als realer Malmquist Index bezeichnet.

¹⁸ Vgl. z.B. Bogetoft und Otto (2011: 43).

Frage, ob Produktivitätssteigerungen von einer Verbesserung der technischen Effizienz herrühren (in dem Sinne, dass das Unternehmen näher an die jeweilige Effizienzgrenze gerückt ist) oder ob diese eben auf eine veränderte Referenztechnologie zurückzuführen sind (im Sinne einer Verschiebung der Effizienzgrenze). Anknüpfend an die Ausführungen in Abschnitt 2.3 bildet ersteres den Catch-up Effekt ab und zweites den Frontier Shift. Ein Vorteil des Malmquist Indexes ist es, dass er vergleichsweise einfach in beide Komponenten zerlegt werden kann:¹⁹

$$(3-4) \quad MI^{real} = \left[\frac{x_f/x_e}{\bar{x}_b/x_c} \cdot \frac{x_d/x_e}{\bar{x}_a/x_c} \right]^{0,5} = \frac{x_d/x_e}{\bar{x}_b/x_c} \cdot \left[\frac{x_f/x_e}{\bar{x}_d/x_e} \cdot \frac{x_b/x_c}{\bar{x}_a/x_c} \right]^{0,5} = \frac{x_d/x_e}{\bar{x}_b/x_c} \cdot \left[\frac{x_f}{x_d} \cdot \frac{x_b}{x_a} \right]^{0,5}$$

Der erste Term kennzeichnet hierbei Aufholeffekte, d.h. den Catch-up Effekt (CU^{real}), und der zweite Term entspricht der Verschiebung der Effizienzgrenze, d.h. dem Frontier Shift (FS^{real}), sodass gilt: $MI^{real} = CU^{real} \cdot FS^{real}$. Für dieses Gutachten und der Bestimmung des sektoralen generellen Produktivitätsfaktors liegt der Fokus auf der Ermittlung des Frontier Shifts. Catch-up Effekte werden bereits durch den individuellen Effizienzvergleich der Netzbetreiber bestimmt und gehen so bereits in das Anreizregulierungsregime ein. Der Logarithmus des Frontier Shifts entspricht dabei der Änderung des technischen Fortschritts des Netzsektors:

$$(3-5) \quad \ln FS^{real} = \Delta TF^{Netz}$$

Die Berechnung der vier Distanzen kann mittels zwei unterschiedlicher – in Wissenschaft und Praxis weit verbreiteter – Konzepte geschehen. Zum einen ist dies die Data Envelopment Analysis (DEA), ein deterministisches, nicht-parametrisches Verfahren der linearen Programmierung, und zum zweiten die Stochastic Frontier Analysis (SFA), ein stochastisches, parametrisches Verfahren aus der Statistik bzw. Ökonometrie.²⁰

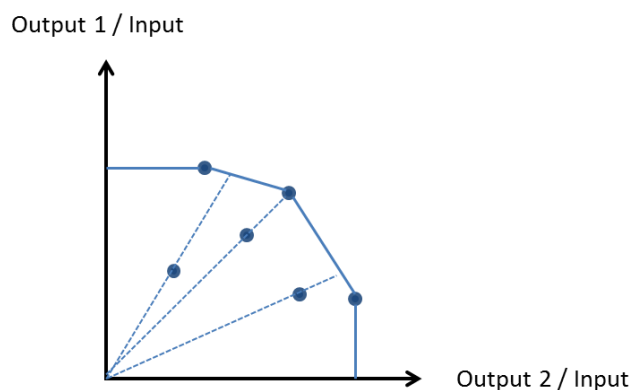
¹⁹ Die Zerlegung der Effizienz in verschiedene Komponenten geht insbesondere zurück auf Färe et al. (1994). Es sei erwähnt, dass sich der Malmquist Index grundsätzlich in alle Treiber einer Änderung der Gesamtproduktivität zerlegen lässt: technische Effizienz, alloкатive Effizienz, Skaleneffizienz und technologischer Fortschritt. Aufgrund der Annahme über Skalenerträge im Rahmen des statischen Effizienzvergleichs und des Fehlens von unternehmensindividuellen Daten zu einzelnen Inputpreisen und Inputmengen sind im Kontext der ARegV nur die technische Effizienz, die im Rahmen des Catch-up erfasst wird, und der technologische Fortschritt (Frontier Shift) relevant. Zur Problematik der allokativen Effizienz siehe auch Abschnitt 3.1.1.2.

²⁰ In folgendem werden die wesentlichen Punkte zu den beiden Methoden kurz erläutert mit besonderem Fokus auf Aspekte, die aus der Perspektive des dynamischen Effizienzvergleichs von Relevanz sind. Für eine tiefergehende Diskussion der Methodik sei auf die Literatur zu den bisherigen Effizienzvergleichen im Strom- und Gassektor verwiesen.

DEA

Die DEA hat ihre Ursprünge in einer von Arbeit Charnes, Cooper and Rhodes (1978)²¹. Ausgangspunkt dieses Ansatzes ist bei einer Produktionsfunktion die Relation von Output(s) und Input(s), die ins Verhältnis gesetzt werden.²² Unter Rückgriff auf Methoden der linearen Programmierung wird für jede decision-making-unit (in unserem Fall die Netzbetreiber) ein Verhältniswert gebildet unter der Nebenbedingung, dass dieser zwischen 0 und 1 liegen muss. Die Optimierung kann dabei auf Basis der Inputorientierung geschehen (im Sinne einer möglichen Reduktion des Inputniveaus bei gegebenem Outputniveau) – wie in weiterer Folge angenommen – oder auf Basis der Outputorientierung (im Sinne einer möglichen Erhöhung des Outputniveaus bei gegebenem Inputniveau). Alle Netzbetreiber mit einem Effizienzwert von 1 bilden die Eckpunkte der Effizienzgrenze, die alle anderen Netzbetreiber mit einer Effizienz kleiner 1 umschließt (siehe Abbildung 3-3 für eine Darstellung bei einem Input und zwei Outputs). Der Effizienzwert der ineffizienten Netzbetreiber entspricht in der Grafik dem jeweiligen Abstand zur Effizienzgrenze.

Abbildung 3-3: Schematische Darstellung der Effizienzgrenze bei der DEA



Quelle: Eigene Darstellung

wik

Bei der ermittelten Effizienzgrenze handelt es sich um eine relative Grenze, die nur durch die betrachteten Unternehmen aufgespannt wird. Dies bedeutet zum einen, dass es Netzbetreiber geben kann, die „effizienter“ sind als die der untersuchten Stichprobe, und zum anderen, dass effiziente Netzbetreiber mit unplausiblen Input- und Outputwerten eine Grenze aufspannen können, die für andere nicht realisierbar ist (Selektionseffekt). Somit ist dieser Ansatz anfällig gegenüber Ausreißern, die bspw. entstehen können aufgrund von Mess- und Datenfehlern oder falschen Angaben. Diese Problematik kann dadurch verschärft werden, dass es in den DEA Standardmodellen keine Möglich-

²¹ Vgl. Charnes et al. (1978).

²² Der deutschen Anreizregulierung liegt eine Kostenfunktion zugrunde mit den Gesamtkosten als Input und den verschiedenen Parametern eines Netzbetreibers, die ihm im Rahmen der Erfüllung seiner Versorgungsaufgabe gegeben sind, als Outputs. Siehe dazu die Ausführungen in Kapitel 4.

keit gibt, für beobachtbare und insbesondere unbeobachtbare Heterogenität zu kontrollieren. So stellen Faktoren, die einen Einfluss auf den Effizienzwert haben aber nicht im Einflussbereich des Managements liegen, eine Herausforderung dar. Es gibt zwar auch in der DEA direkte Möglichkeiten hiermit umzugehen, aber diese Ansätze implizieren eine größere Anpassung der verwendeten DEA Standardmodelle.²³ Der mögliche verfälschende Einfluss von Ausreißern und unberücksichtigter Heterogenität auf die berechneten Effizienzwerte kann bei einer zu unterschiedlichen Zeitpunkten wiederholten Durchführung des Effizienzvergleichs abgemildert werden, sofern dieselben Netzbetreiber betrachtet werden.²⁴

Ein Vorteil dieser Methode ist, dass keine Annahmen hinsichtlich der funktionalen Form zwischen Inputs und Outputs getroffen werden müssen, sondern dass die Produktionszusammenhänge direkt aus den Daten abgeleitet werden.²⁵ Annahmen müssen jedoch bezüglich der Skalenerträge getroffen werden. Hier lässt sich differenzieren zwischen konstanten, variablen, nicht-fallenden und nicht-steigenden Skalenerträgen. Im Gegensatz zu konstanten Skalenerträgen, bei der die Größe des Netzbetreibers keinen Einfluss auf den Effizienzwert hat, hat die Netzbetreibergröße bei variablen Skalenerträgen einen Einfluss auf die Effizienz, da nur von der Größe „vergleichbare“ Netzbetreiber einander gegenübergestellt werden. Vereinfacht ausgedrückt sind nicht-fallende Skalenerträge dadurch gekennzeichnet, dass kleine Netzbetreiber nur mit kleinen verglichen werden, große Netzbetreiber aber mit dem gesamten Sample. Bei nicht-steigenden Skalenerträgen verhält es sich umgekehrt; kleine Netzbetreiber werden mit allen verglichen und große Netzbetreiber nur mit relativ großen.

²³ Für weitere Details hierzu siehe Coelli et al. (2005), Simar und Wilson (2008).

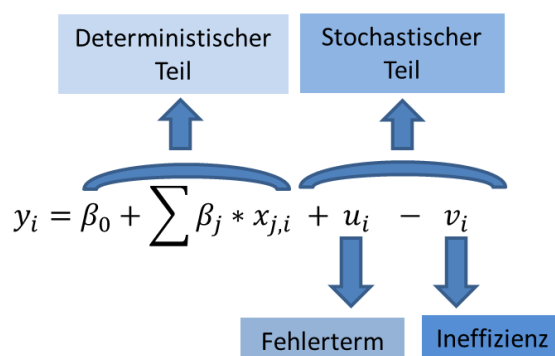
²⁴ Für eine weitergehende Diskussion hierzu siehe den Punkt „Statischer versus dynamischer Effizienzvergleich“.

²⁵ Eine Diskussion von Vor- und Nachteilen der DEA sowie ein entsprechender Vergleich mit der SFA findet sich z.B. in Gugler et al. (2012).

SFA

Der Ansatz der SFA geht zurück auf Aigner, Lovell und Schmidt (1977)²⁶. Zwei wesentliche Merkmale sind für diese Methode charakteristisch. Zum einen ist dies die parametrische Konstruktion der Produktionsfunktion (bzw. Kostenfunktion) und zum anderen die stochastische Interpretation der Effizienzgrenze. Dementsprechend muss einerseits eine Annahme über die funktionalen Zusammenhänge zwischen Inputs und Outputs getroffen werden und andererseits ist es unabdingbar, Annahmen hinsichtlich der beiden stochastischen Elemente der SFA zu treffen. Die Grundstruktur der SFA-Schätzgleichung soll dies verdeutlichen (siehe Abbildung 3-4).

Abbildung 3-4: Grundstruktur SFA-Schätzgleichung



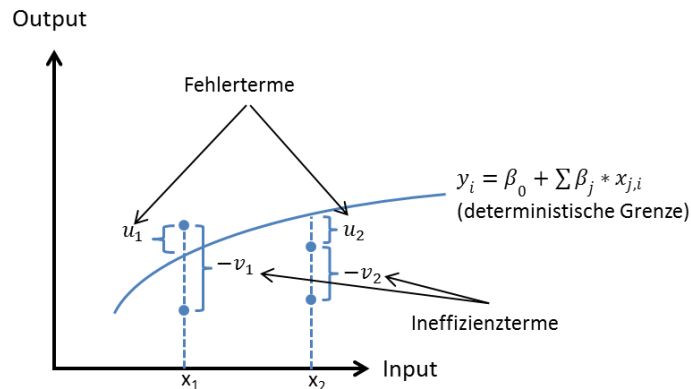
Quelle: Eigene Darstellung

wik

Dargestellt ist eine Produktionsfunktion mit dem Output y und den Inputs x . Generell kann zwischen verschiedenen Funktionen gewählt werden; die am weitesten verbreiteten stellen in diesem Kontext die Cobb-Douglas Funktion und die Translog Funktion dar. Gemäß der obigen Gleichung ist die Effizienzgrenze eine Kombination aus dem deterministischen Teil und dem stochastischen Fehlerterm, welche die Produktion von oben her begrenzen. Jede Abweichung unter diese stochastisch modifizierte Grenze ist folglich auf Ineffizienz zurückzuführen, dargestellt durch den letzten Term in der obigen Gleichung. Der Ineffizienzterm misst somit die Effizienz eines Netzbetreibers und ist in unserem Kontext der zentrale Parameter. Anzumerken ist, dass das Hinzufügen des stochastischen Fehlerterms nicht automatisch einen niedrigeren Effizienzwert der Netzbetreiber impliziert. Die netzbetreiberspezifische Zufallskomponente führt in der Regel zu einer gleichmäßigen Verteilung der stochastischen Effizienzgrenze über und unter dem deterministischen Teil der Grenze. Dies kann dazu führen, dass sich die Ineffizienz der Unternehmen vergrößert oder verkleinert. Abbildung 3-5 veranschaulicht dies schematisch.

²⁶ Vgl. Aigner et al. (1977).

Abbildung 3-5: Stochastische Effizienzgrenze



Quelle: Eigene Darstellung

Ohne Berücksichtigung von stochastischen Fehler- und Ineffizienztermen, entspricht die Produktion der deterministisch festgelegten Effizienzgrenze. Der Fehlerterm führt zu symmetrischen Abweichungen um diese Grenze, wie durch Unternehmen 1 und 2 beispielhaft dargestellt. Während dies bei Unternehmen 1 aufgrund zufälliger Einflüsse zu einer um den Betrag u_1 höheren Produktion führt als deterministisch erklärbar, reduziert sich bei Unternehmen 2 die Produktion um den Betrag u_2 . Eine Erklärung hierfür sind zum Beispiel wechselnde Witterungsbedingungen, die sich positiv wie negativ auf die Produktion auswirken können. Aus diesem Grund wird die deterministische Effizienzgrenze um diesen stochastischen Fehlerterm modifiziert. Das Ergebnis ist eine stochastische Effizienzgrenze, welche nunmehr als Vergleichsmaßstab für die Beurteilung der Effizienz eines Unternehmens dient. Die tatsächlich beobachteten Outputmengen der Unternehmen liegen aufgrund von Ineffizienz ($-v_1$ und $-v_2$) unter der stochastischen Effizienzgrenze.

Es müssen sowohl Annahmen hinsichtlich des stochastischen Fehlerterms getroffen werden wie auch hinsichtlich des stochastischen Ineffizienzterms. Typischerweise werden beide als unabhängig und identisch verteilt angenommen. Der Fehlerterm ist in der Regel normalverteilt um den Erwartungswert 0. Der Ineffizienzterm dagegen darf nur Werte ≥ 0 annehmen, da die Effizienz eines Netzbetreibers 100% nicht übersteigen soll und somit per Definition Übereffizienzen ausgeschlossen sind. In der Praxis stehen hierzu verschiedene Verteilungen zur Auswahl wie die Halbnormalverteilung, die gestutzte Normalverteilung oder die Exponentialverteilung. Die Verteilungsannahme des Ineffizienzterms stellt einen kritischen Punkt der SFA dar, der insbesondere bei kleinen Stichproben zum Tragen kommen kann. So kann es mitunter nicht möglich sein, den Fehlerterm vom Ineffizienzterm zu trennen, was gleichbedeutend mit der Tatsache ist, dass die entsprechende Schätzung nicht konvergiert. In diesem Fall kann die Schätzung keine Ergebnisse liefern.

Durch die Berücksichtigung von Stochastik ist die SFA deutlich weniger anfällig gegenüber Ausreißern als bspw. die DEA. Das Vorliegen von Paneldaten (d.h. die Informationen zu In- und Outputs liegen für jeden Netzbetreiber über mehr als einem Zeitpunkt vor) kann ferner bei der SFA noch gezielter genutzt werden, als dies bei den DEA Standardmodellen möglich ist. Dies liegt darin begründet, dass bei der SFA mittels Zeitdummies explizit für zeitliche Effekte kontrolliert werden kann. Andererseits kann durch das Einfügen von netzbetreiberspezifischen fixen Effekten die (unbeobachtbare) Heterogenität der Netzbetreiber modelliert werden.

Die Bestimmung von Produktivitätsveränderungen über die Zeit mittels parametrischer Methoden kann theoretisch auch anders erfolgen. So kann dies bspw. auf Basis einer modifizierten Berechnungslogik des Malmquist Index geschehen oder auf Basis einer direkten Schätzung anhand eines einfachen Regressionsmodells.

- Bei erstem erfolgt auch eine Schätzung eines SFA Frontier Modells, allerdings basiert die Ermittlung des Malmquist Index und seiner Komponenten auf der DEA Logik. Konkret wird für beide Perioden jeweils eine SFA gerechnet, um die Distanzen für die erste bzw. zweite Periode jeweils gegenüber der relevanten Effizienzgrenze in Periode 1 bzw. Periode 2 zu bestimmen. Die Ermittlung der Kreuzdistanzen – Netzbetreiberinformationen der ersten Periode gegenüber der Effizienzgrenze in Periode 2 bzw. Netzbetreiberinformationen der zweiten Periode gegenüber der Effizienzgrenze in Periode 1 – erfolgt gemäß der Gegenüberstellung der minimalen Kosten der einen Periode mit den tatsächlichen Kosten der anderen Periode. Dies bedeutet, dass die beiden Kreuzdistanzen deterministisch nach der DEA Logik ermittelt werden. Somit gehen die Vorteile des stochastischen und parametrischen Ansatzes der SFA gegenüber dem deterministischen und nicht-parametrischen Ansatzes der DEA – zumindest teilweise – verloren. Dies gilt insbesondere für die Berücksichtigung von Stochastik zum besseren Umgang mit Ausreißern und Noise. Aus diesem Grund wird diese Vorgehensweise nicht weiter verfolgt.
- Beim zweiten Ansatz erfolgt die Bestimmung der Produktivitätsentwicklung mittels einer OLS-Schätzung der Produktions-/ Kostenfunktion unter zusätzlicher Berücksichtigung eines Zeitdummies.²⁷ Der geschätzte Koeffizient des Zeitdummies gibt an, wie sich die Effizienz von der einen auf die andere Periode verändert hat. Der Dummy misst mithin die Änderung der abhängigen Variablen, die nicht durch die Veränderung der anderen Regressoren erklärt werden. Bei diesem Ansatz ist es nicht möglich, den Frontier Shift vom Catch-up Effekt zu trennen. Dies bedeutet, dass nicht unterschieden werden kann zwischen Produktivitätssteigerungen aufgrund von individuellen Aufholeffekten eines Netzbetreibers und der Verschiebung der Effizienzgrenze aufgrund einer veränderten sektorweiten Referenztechnologie. Folglich wird jegliche durchschnittliche Produktivitätsverbesserung als Frontier Shift klassifiziert. Dies kann letztendlich zu

²⁷ Vgl. Polynomials und Jacobs University (2016).

einer Überschätzung des Frontier Shifts führen, sofern individuelle Ineffizienzen nicht bereits gänzlich abgebaut worden sind.²⁸ Es wird daher auf eine Anwendung dieses Ansatzes verzichtet.

Die beiden genannten alternativen parametrischen Ansätze werden somit in weiterer Folge nicht weiter verfolgt und es wird stattdessen auf die zuvor dargestellte und in den ARegV verankerte „klassische“ SFA zurückgegriffen.

Statischer versus dynamischer Effizienzvergleich

Hinsichtlich der Anwendung der DEA und der SFA im Rahmen des Effizienzvergleichs nach § 12 ARegV spielt die Herstellung einer Vergleichbarkeit der Netzbetreiber über die Wahl adäquater Outputparameter eine zentrale Rolle. Dies gilt insbesondere für exogene, vom Netzbetreiber nicht beeinflussbare und die Heterogenität bestimmende Faktoren. Die Messung der statischen Effizienz im Rahmen von § 12 ARegV ist zeitpunktbezogen in dem Sinne, dass das absolute Effizienzniveau zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessen wird. Dagegen zielt die Ermittlung der dynamischen Effizienz darauf ab, die Veränderung der Effizienz zwischen zwei Zeitpunkten zu bestimmen. Vor diesem Hintergrund sind bei der Messung der dynamischen Effizienz insbesondere solche Parameter von Bedeutung, die Effizienzveränderungen über die Zeit erfassen. Parameter, die die Effizienz zwar determinieren, sich zwischen zwei Zeitpunkten jedoch nicht oder nur marginal verändern, spielen für die Bestimmung der dynamischen Effizienz eine deutlich geringere Rolle als beim statischen Effizienzvergleich. Im Kontext dieser Analyse zur Bestimmung der Produktivitätsentwicklung der Netzbetreiber trifft dies insbesondere auf exogene – oft nicht beeinflussbare – Umweltparameter wie die Netztopologie, geographische Gegebenheiten oder die Dichte des Versorgungsgebietes etc. zu, wenn man von Netzbetreiberzusammenschlüssen oder Netzabspaltungen abstrahiert. Während bei statischen Effizienzvergleichen oftmals die Problematik besteht, wie diese Faktoren zu „fassen“ sind, müssten diese bei dynamischen Effizienzvergleichen nicht Teil der Analyse sein, da sie die Effizienzveränderungen kaum oder gar nicht determinieren. In jedem Fall spielen entsprechende Umweltparameter im Vergleich zum statischen Effizienzvergleich eine untergeordnete Rolle. Im dynamischen Kontext ist daher die Problematik der Erfassung von (unbeobachtbarer) Heterogenität deutlich abgemildert, wenn sich die Heterogenität über die Zeit nicht signifikant verändert.

3.1.1.2 Kostenmalmquist

Die Darstellung des Malmquist Indexes in Abschnitt 3.1.1.1 erfolgte im Wesentlichen auf Basis einer Produktionsfunktion. Da im Kontext der ARegV die geprüften Kosten

²⁸ Zudem gilt, dass Aufholeffekte nach der Gesamtsystematik der deutschen Anreizregulierung mit generellen und individuellen X-Faktor ausschließlich durch letztgenannten Term erfasst werden sollten. Wenn auch der generelle X-Faktor zumindest in einem gewissem Umfang Aufholeffekte ineffizienter Netzbetreiber beinhaltet, würden diese durch die daraus resultierende Überschätzung des Frontier Shifts somit doppelt berücksichtigt werden. Siehe auch Abschnitt 2.3.

und Outputs eines Netzbetreibers in den Effizienzvergleich eingehen, erfolgt in diesem Abschnitt eine Überführung der bisherigen Betrachtungen in die Welt der Kostenfunktion. Aufgrund der Verwendung der nominalen Kosten wird der Terminus Kostenmalmquist, MI^{nom} , eingeführt. Ferner werden die sich daraus ergebenden Implikationen für die Bestimmung des generellen X-Faktors diskutiert.

Während die Produktionsfunktion üblicherweise in dem Sinne verstanden wird, dass sie den maximal möglichen Output misst, der mit einer gegebenen Inputmenge erzielt werden kann,²⁹ beinhaltet die Kostenfunktion die minimalen Kosten, um einen gegebenen Output (bei gegebener Produktionsfunktion) bei gegebenen Faktor- bzw. Inputpreisen w_i herzustellen. Die entscheidende Erweiterung zu Abschnitt 3.1.1.1 ist die Bewertung der Inputs zu Faktorpreisen.

Abbildung 3-6 überführt die grundsätzliche Logik des Malmquist Indexes aus Abbildung 3-2 in die Kostenbetrachtung, indem die nominalen Kosten C in Abhängigkeit des Outputs Y dargestellt sind. Dies entspricht unmittelbar der Systematik des statischen Effizienzvergleichs der ARegV. Es kann nun betrachtet werden, wie stark die Kosten gesenkt werden können, um ein gegebenes Outputniveau Y zu erreichen.³⁰ Das dargestellte Unternehmen produziert in beiden Perioden technisch ineffizient in den Punkten U (Periode 1) und V (Periode 2). Folglich liegt es oberhalb der jeweiligen Effizienzgrenze.

Der Kostenmalmquist zur Effizienzgrenze der ersten Periode (MI_1^{nom}) misst die Effizienz des Unternehmens mit der Kosten-Output-Kombination der zweiten ($E(2,1)$) bzw. ersten Periode ($E(1,1)$) jeweils gegenüber der Effizienzgrenze in Periode 1:

$$(3-6) \quad MI_1^{nom} = \frac{C_f/C_e}{C_b/C_c} = \frac{E(2,1)}{E(1,1)}$$

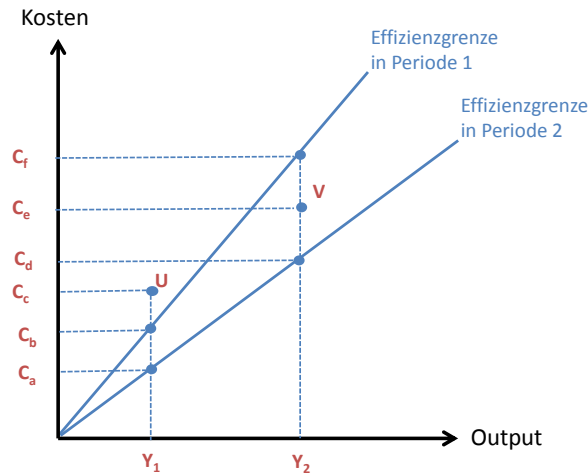
Für den Kostenmalmquist zur zweiten Referenzperiode (MI_2^{nom}) ergibt sich die Effizienz des Netzbetreibers als Kosten-Output-Kombination der zweiten ($E(2,2)$) bzw. der ersten Periode ($E(1,2)$) jeweils gegenüber der Effizienzgrenze in Periode 2:

$$(3-7) \quad MI_2^{nom} = \frac{C_d/C_e}{C_a/C_c} = \frac{E(2,2)}{E(1,2)}$$

²⁹ Dies korrespondiert mit der in Abschnitt 3.1.1.1 erwähnten Outputorientierung bei Effizienzvergleichen, während die Kostenbetrachtung ihre Entsprechung in der Inputorientierung findet.

³⁰ Die Analogie zur inputorientierten Produktivitätsbetrachtung aus Abbildung 3-2 ist offensichtlich. Im Gegensatz zu den Inputmengen werden nun die Kosten betrachtet, die nichts anderes darstellen als die zu Faktorpreisen bewerteten Inputmengen.

Abbildung 3-6: Schematische Darstellung des Kostenmalmquist



Quelle: Eigene Darstellung

Um einen Kostenmalmquist (MI^{nom}) zu erhalten, der unabhängig von der Wahl der Periode ist, wird das geometrische Mittel analog zu Gleichung (3-3) aus beiden Perioden gebildet:

$$(3-8) \quad MI^{nom} = [MI_1^{nom} \cdot MI_2^{nom}]^{0,5} = \left[\frac{C_f/C_e}{C_b/C_c} \cdot \frac{C_d/C_e}{C_a/C_c} \right]^{0,5} = \left[\frac{E(2,1)}{E(1,1)} \cdot \frac{E(2,2)}{E(1,2)} \right]^{0,5}$$

Daraus folgt analog Gleichung (3-4):

$$(3-9) \quad MI^{nom} = \frac{E(2,2)}{E(1,1)} \cdot \left[\frac{E(2,1)}{E(2,2)} \cdot \frac{E(1,1)}{E(1,2)} \right]^{0,5} = CU^{nom} \cdot FS^{nom}$$

Der erste Term beinhaltet den Catch-up zwischen beiden Perioden (CU^{nom}). Der zweite Term entspricht dem Frontier Shift (FS^{nom}). $E(1,1)$ und $E(2,2)$ messen jeweils die (statische) Effizienz eines Netzbetreibers in Relation zur Effizienzgrenze der betrachteten Periode. Sie korrespondieren daher unmittelbar mit den vor Beginn einer jeden Regulierungsperiode durchgeführten statischen Effizienzvergleichen. Die Kreuzterme $E(1,2)$ und $E(2,1)$ beinhalten die Effizienz eines Netzbetreibers in Relation zur Referenztechnologie der jeweils anderen Periode.

Unter Verwendung der üblichen Kostengleichung, d.h. $C_t = w_t \cdot x_t$,³¹ folgt in Verbindung mit Abbildung 3-6 für den nominalen Frontier Shift:

$$(3-10) \quad FS^{nom} = \left[\frac{w_1 \cdot x_f / w_2 \cdot x_e}{w_2 \cdot x_d / w_2 \cdot x_e} \cdot \frac{w_1 \cdot x_b / w_1 \cdot x_c}{w_2 \cdot x_a / w_1 \cdot x_c} \right]^{0,5} = \left[\frac{w_1 \cdot x_f}{w_2 \cdot x_d} \cdot \frac{w_1 \cdot x_b}{w_2 \cdot x_a} \right]^{0,5}$$

$$= \frac{w_1}{w_2} \cdot \left[\frac{x_f}{x_d} \cdot \frac{x_b}{x_a} \right]^{0,5} = \frac{w_1}{w_2} \cdot FS^{real}$$

Formel (3-10) entspricht dem mit den korrespondierenden Faktorpreisen multiplizierten mengenbezogenen Frontier Shift FS^{real} aus Formel (3-4). Für die Zuordnung der Faktorpreise, w_1 oder w_2 , ist dabei relevant, auf welche Periode sich die Mengenangabe bezieht. Über diesen Umweg konnte nachgewiesen werden, dass sich beim Frontier Shift des Kostenmalmquists (Malmquist Index auf Basis nominaler Kosten) die Faktorpreise vom mengenbezogenen Frontier Shift isolieren lassen.

Wird Gleichung (3-10) logarithmiert, folgt:

$$(3-11) \quad \ln(FS^{nom}) = \ln\left(\frac{w_1}{w_2}\right) + \ln(FS^{real}) = \ln(FS^{real}) - [\ln(w_2) - \ln(w_1)]$$

Der hintere Term entspricht der Änderung der sektoralen Inputpreise zwischen den beiden betrachteten Perioden, ΔP_{Input}^{Netz} . Da ferner $\ln FS^{real} = \Delta TF^{Netz}$ gilt, folgt:

$$(3-12) \quad \ln(FS^{nom}) = \Delta TF^{Netz} - \Delta P_{Input}^{Netz}$$

Der ausgewiesene Frontier Shift beim Kostenmalmquist kann somit in den rein technologisch bedingten Frontier Shift und einen Preiseffekt zerlegt werden. FS^{nom} ist das unmittelbare Ergebnis einer DEA bzw. SFA zur Berechnung des Malmquist Indexes, wenn nominale Kosten verwendet. Wenn auf eine Deflationierung der Kosten verzichtet wird, wird es daher gleichzeitig ermöglicht, auf die Berechnung des sektoralen Einstandspreisindex zu verzichten, da der Kostenmalmquist die Änderung der sektoralen Faktorpreise bereits beinhaltet. Durch diese Äquivalenzumformung reduziert sich Formel (2-8) für den generellen sektoralen Produktivitätsfaktor zu:

$$(3-13) \quad X_{Gen,t} = \ln(FS_t^{nom}) - \Delta TF_t^{GW} + \Delta P_{Input,t}^{GW}$$

Ein weiterer Vorteil ist, dass Änderungen regulatorischer Vorgaben während des umspannten Zeitraums, die sich in den Inputpreisen eines Netzbetreibers widerspiegeln, mit erfasst sind. Ein Beispiel sind Änderungen der regulatorisch festgelegten Eigenkapitalverzinsung nach § 7 StromNEV bzw. GasNEV. Eine explizite Korrektur ist nicht erfor-

³¹ Kosten sind definiert als Produkt aus Inputmengen und Inputpreisen, woraus ein linearer Zusammenhang zwischen den Kosten und dem Inputpreis eines bestimmten Inputfaktors folgt. Im Beispiel wird nur ein Inputfaktor betrachtet. Dies stellt die übliche Kostendefinition dar, die zur Ableitung einer Kostenfunktion (Minimierung der Kosten bei gegebener Produktionsfunktion) verwendet wird, die im Unterschied zur Kostengleichung die Kosten in Abhängigkeit des Outputs abbildet. Vgl. z.B. Bogetoft und Otto (2011:41ff.) und Polynomics und Jacobs University (2016: 84ff.). Die folgenden Ausführungen behalten grundsätzlich auch bei komplexeren Zusammenhängen ihre Gültigkeit, da es sich um Gleichgewichtspreise auf den Faktormärkten handelt.

derlich, wenn den Anpassungen Veränderungen der Marktgegebenheiten bei den Inputfaktoren zugrunde liegen, wie dies insbesondere beim Eigenkapitalzins der Fall ist, da dessen Festlegung auf Daten der Kapitalmärkte fußt. Eine Reduktion des Eigenkapitalzinssatzes führt ceteris paribus (z.B. Abstraktion von anderen Preisveränderungen) zu niedrigeren Netzkosten, was wiederum einen höheren FS^{nom} zur Folge hat. Bei Verwendung von (korrekt)³² deflationierten Kosten bleibt FS^{real} unverändert. Die Änderung spiegelt sich in diesem Fall notwendigerweise in niedrigeren Inputpreisen wider. Im Gesamtergebnis führen beide Wege ceteris paribus zum gleichen Ergebnis, nämlich zu einem höheren X_{gen} .

Für die Ermittlung des generellen X-Faktors sind neben dem Kostenmalmquist folglich nur noch die gesamtwirtschaftlichen Größen zu bestimmen. Das direkte Vorgehen des Kostenmalmquists reduziert somit in Relation zu einer Ermittlung der Einzelgrößen mögliche Fehlerquellen.³³

In der Regel wird ΔTF^{Netz} durch den Kostenmalmquist korrekt bestimmt. Allerdings kann es bei Veränderungen allokativer Ineffizienzen über die Zeit (Auf- oder Abbau) unter Umständen zu leichten Verzerrungen des FS^{nom} kommen.³⁴ Allokative Effizienz besagt, dass der Netzbetreiber seinen Inputeinsatz optimal an die auf den Faktormärkten herrschenden Preisverhältnisse anpasst.³⁵

Netzbetreiber sind als Anbieter von Netzleistungen in ihren Versorgungsgebieten Monopolisten. Auf den Faktormärkten sind sie Nachfrager. In einer Marktwirtschaft sind Faktormärkte grundsätzlich wettbewerblich organisiert. Die Netzbetreiber treten somit auf diesen als Preisnehmer auf. Es mag ein paar wenige Ausnahmen geben (z.B. Verlegung von Gasrohren). Diese ergeben sich jedoch in der Regel aus einem unzureichenden Angebot. Bei entsprechender Rentengenerierung ist davon auszugehen, dass durch eine Ausweitung des Angebotes diese Renten mit der Zeit obsolet werden. Muss ein Netzbetreiber individuell höhere Preise zahlen, so liegt dies eher in der Entscheidungsgewalt des Netzbetreibers (z.B. mangelnde Rabatte aufgrund der Unternehmensgröße, ineffizientes Einkaufsmanagement etc.). Abschließend sei auch darauf hingewiesen, dass der gleiche Einwand auch für den Törnquist Mengenindex gilt, der per se allokativen Effizienz unterstellt. Es ist somit keine alleinige Problematik des Malmquist Indexes. Der Törnquist Mengenindex wird im Folgenden weiter vertieft.

³² Die in den Malmquist eingehenden Kosten müssten korrekterweise mit dem sektoralen Einstandspreisindex deflationiert werden.

³³ Siehe z.B. die Ausführungen in Kapitel 6 zu den Möglichkeiten der Bestimmung des sektoralen Einstandspreisindex.

³⁴ Für eine ausführliche Darstellung und eine detaillierte Diskussion der Fälle, unter denen es zu Verzerrungen kommt, siehe Polynomics und Jacobs University (2016).

³⁵ Im Optimum entspricht die technische Rate der Faktorsubstitution (Steigung der Isoquante) dem Verhältnis der Faktorpreise (Steigung der Isokostengerade).

3.1.2 Törnquist Mengenindex

3.1.2.1 Beschreibung

Entwickelt wurde der Törnquist Index in den 1930er Jahren in der Bank of Finland unter Leo Törnquist.³⁶ Anders als beim Malmquist Index basiert die Berechnung der Produktivitätsentwicklung beim Törnquist Index nicht auf Unternehmensdaten, sondern es werden aggregierte Sektordaten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) herangezogen. Damit kann er sowohl für die Gesamtwirtschaft berechnet werden als auch für einen bestimmten Sektor.

Methodisch gehört der Törnquist Index zu den Indexzahlen. Da bei der Produktivität reale Mengengrößen betrachtet werden, wird er in der Ausprägung eines Mengenindex verwendet (Törnquist Mengenindex).³⁷ Demzufolge bildet der Törnquist Mengenindex das Verhältnis zwischen Outputindex (Q_t^o) und Inputindex (Q_t^i) zum Zeitpunkt t ab, um die totale Faktorproduktivität (TFP) zu messen:

$$(3-14) \quad TFP_t = \frac{Q_t^o}{Q_t^i} = \frac{\text{Outputindex}_t}{\text{Inputindex}_t}$$

Die jährliche Veränderung der Produktivität entspricht der Differenz des natürlichen Logarithmus des Outputindex abzüglich des natürlichen Logarithmus des Inputindex.³⁸

$$(3-15) \quad \Delta TFP_t = \ln(TFP_t) = \ln(Q_t^o) - \ln(Q_t^i)$$

Die Ermittlung der Output- und Inputindizes erfolgt gemäß der Indexformel nach Törnquist:

$$(3-16) \quad Q_t^o = \prod_{m=1}^M \left[\frac{y_{m,t}}{y_{m,t-1}} \right]^{\Psi}, \text{ mit } \Psi = \frac{\omega_{m,t} + \omega_{m,t-1}}{2} \text{ und } \omega_{m,t} = \frac{a_{m,t} y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} y_{m,t}}$$

$$(3-17) \quad Q_t^i = \prod_{n=1}^N \left[\frac{x_{n,t}}{x_{n,t-1}} \right]^{\Omega}, \text{ mit } \Omega = \frac{\varphi_{n,t} + \varphi_{n,t-1}}{2} \text{ und } \varphi_{n,t} = \frac{b_{n,t} x_{n,t}}{\sum_{n=1}^N b_{n,t} x_{n,t}}$$

Der Törnquist Mengenindex basiert auf der gewichteten geometrischen Durchschnittsbildung der Mengenrelationen der Outputs y und der Inputs x in den beiden Perioden, wobei die Gewichtungsfaktoren Ψ bzw. Ω einfache Durchschnitte der Wertanteile ω

³⁶ Siehe Törnqvist (1936).

³⁷ Grundsätzlich können Indexzahlen sowohl als Mengen- als auch als Preisindices verwendet werden. Neben dem Törnquist Index existieren noch drei weitere in der Literatur verbreitete Indexzahlen (Paasche, Laspeyres und Fisher). Der Törnquist Index stellt jedoch aus verschiedenen Gründen die zu bevorzugende Indexzahl dar. So ermöglicht er z.B., die konstanten Gewichte bei Paasche und Laspeyres zu flexibilisieren, sodass auch Substitutionseffekte abgebildet werden können. Darüber hinaus ist er eine Weiterentwicklung des Fisher Indexes und aufgrund seiner Transitivitätseigenschaft für die in der VGR verwendeten Kettenindices besonders geeignet. Für eine vertiefte Diskussion der Vor- und Nachteile der einzelnen Indices siehe z.B. Coelli et al. (2005), Hense und Stronzik (2005) und Schmitt und Stronzik (2015). Eine kurze Zusammenfassung der Diskussion ist in Annex A zu finden.

³⁸ Hierbei wird implizit eine stetige Verzinsung unterstellt, wie es bei der Bestimmung von Veränderungsraten üblich ist.

bzw. φ in den jeweiligen Perioden sind. Die Koeffizienten $a_{m,t}$ und $b_{n,t}$ sind dabei die entsprechenden Output- und Inputpreise.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Veränderungsraten der TFP über einen gewissen Zeitraum T (in Jahren) wird das geometrische Mittel des Törnquist Mengenindex nach Formel (3-14) verwendet:

$$(3-18) \Delta TFP_T = (\prod_{t=1}^T TFP_t)^{1/T} - 1 \quad [\text{in \% p.a.}]^{39}$$

Die Methodik der Indexzahlen und des Törnquist Mengenindex ist intuitiv und vergleichsweise einfach zu implementieren, weshalb sie in der Praxis auch weit verbreitet ist. Zum dem reichen in der Regel die Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung viele Jahrzehnte zurück und umfassen somit einen vergleichsweise langen Zeithorizont. Bei der Bestimmung der sektoralen Produktivitätsentwicklung ist es jedoch unabdingbar, dass die benötigten Output- und Inputparameter für den Sektor in der gewünschten Detailtiefe vorliegen. Falls dem nicht so ist, lässt sich dies alternativ mit der Entwicklung von synthetischen Indices umgehen. Allerdings sind hiermit auch verschiedene Probleme und Schwierigkeiten verbunden.⁴⁰

Während der Malmquist Index aufgrund der Separierbarkeit der Ursachen für Produktivitätsänderungen den Frontier Shift isolieren kann, ist dies beim Törnquist Mengenindex nicht gegeben. Der Törnquist Mengenindex trifft implizit die Annahmen, dass technische, allokativen und Skaleneffizienz vorliegen. Nur in diesem Fall entspricht das Ergebnis des Törnquist Mengenindex der durch technologischen Fortschritt bedingten Produktivitätsänderung.⁴¹ Diese Annahmen sind bei wettbewerblich organisierten Märkten unkritisch. Im Rahmen der als natürliche Monopole agierenden deutschen Netzbetreiber sollte diese Restriktion beachtet werden. Ferner wird eine Translog Produktionsfunktion unterstellt.⁴² Der Törnquist Mengenindex vollzieht gewissermaßen eine Durchschnittsbetrachtung des Sektors bzw. der gesamten Volkswirtschaft. Somit ist insbesondere eine Trennung zwischen Catch-up Effekten und dem Frontier Shift nicht möglich mit der Folge, dass jegliche gemessene Produktivitätsveränderung als Frontier Shift klassifiziert wird. Aufholeffekte einzelner Unternehmen werden demzufolge mit erfasst. In diesem Fall überschätzt der Törnquist Mengenindex den Frontier Shift, während er bei sinkender Effizienz der Unternehmen den technologischen Fortschritt unterschätzt. Wie auch bei einer OLS-Schätzung der Produktions-/ Kostenfunktion unter zusätzlicher Berücksichtigung eines Zeitdummies steht dies im Widerspruch zur Gesamtsystematik des Anreizregulierungssystems mit generellem und individuellem X-Faktor, da Aufholef-

³⁹ Das geometrische Mittel ist bei einer Folge positiver Zahlen immer kleiner oder gleich als das arithmetische Mittel. Bei der Berechnung durchschnittlicher Wachstums- bzw. Veränderungsraten wie im vorliegenden Fall ist das geometrische Mittel das adäquate Maß, da es das Mittel aus Verhältniszahlen berechnet. Alternativ könnten auch die jährlichen Veränderungsraten gemäß Formel (3-15) berechnet werden und anschließend das arithmetische Mittel auf die jährlichen Veränderungsraten angewendet werden. Dies führt zu vergleichbaren Ergebnissen, da der Logarithmus des geometrischen Mittels dem arithmetischen Mittel der logarithmierten Beobachtungen entspricht.

⁴⁰ In Kapitel 5.3 wird ein synthetischer Index für die Energienetze vorgestellt und diskutiert.

⁴¹ Siehe auch Abschnitt 2.3, insbesondere die Erläuterungen zu Formel (2-12).

⁴² Vgl. Coelli et al. (2005: 103ff.).

fekte der Netzbetreiber doppelt abgeschöpft würden. Bei Verwendung des Törnquist Mengenindex zur Bestimmung des Produktivitätsdifferenzials sollten diese methodisch bedingten Restriktionen beachtet werden.

3.1.2.2 Wahl des Outputparameters: Produktionswert vs. Bruttowertschöpfung

Als Outputparameter zur Berechnung des Outputindex nach Törnquist stehen mit dem Produktionswert oder der Bruttowertschöpfung zwei Parameter zur Auswahl.⁴³ Beim Produktionswert gibt es in der Regel drei Arten von Inputparametern: Vorleistungen, Arbeit (z.B. die Anzahl der geleisteten Arbeitsstunden) und Kapital (z.B. realer Kapitalbestand). Die Gewichtungsfaktoren entsprechen dem Anteil der Vorleistungen am Produktionswert sowie der Lohnquote (typischerweise bereinigt) und dem relativen Kapitalbestand. Die Summe der Faktoren ist dabei stets eins. Die Bruttowertschöpfung entspricht näherungsweise dem um die Vorleistungen korrigierten Produktionswert, sodass bei Verwendung der Bruttowertschöpfung nur Arbeit und Kapital als Inputgrößen zu berücksichtigen sind.

In der Praxis unterliegen insbesondere Vorleistungen aufgrund der problematischen Abgrenzung zum Kapitaleinsatz regelmäßig gewissen methodischen Revisionen, was zu Brüchen in den entsprechenden Zeitreihen führt. Somit können gemessene Produktivitätsveränderungen bei der TFP-Bestimmung unter Rückgriff auf den Produktionswert als Outputgröße durch eine Veränderung der Vorleistungsquoten hervorgerufen werden, ohne dass eine entsprechende Produktivitätsänderung in der Realität stattgefunden hat. Eine Verwendung der Bruttowertschöpfung zur Abbildung des Outputs umgeht diese Problematik volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen. Auf der anderen Seite ist der Produktionswert die originär durch das Statistische Bundesamt erhobene Größe, aus der die Bruttowertschöpfung abgeleitet wird. Ferner unterliegt die Bruttowertschöpfung in der Regel größeren Schwankungen, da sie als abgeleitete Größe das kleinere volkswirtschaftliche Aggregat ist. Mithin ist keine eindeutige Vorteilhaftigkeit identifizierbar. Daher sollten im Zweifel Berechnungen auf Basis beider Größen erfolgen.

3.2 Einstandspreisdifferenzial

3.2.1 Beschreibung

Die Veränderung der Einstandspreise bildet neben der Veränderung der Totalen Faktorproduktivität (TFP) den zweiten Bestandteil des Xgen. „Der generelle sektorale Produktivitätsfaktor wird ermittelt aus der Abweichung des netzwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritts vom gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritt und der *gesamtwirtschaftlichen Einstandspreisentwicklung von der netzwirtschaftlichen Einstandspreisentwicklung*“.

⁴³ Vgl. Stronzik und Franz (2006).

wicklung“ (§9(1) AregV). Der Begriff „Einstandspreis“ wird im Folgenden synonym zum Begriff „Inputpreis“ verwendet⁴⁴, die Differenz zwischen der gesamtwirtschaftlichen und der netzwirtschaftlichen Inputpreisentwicklung wird als Inputpreisdifferenzial bezeichnet.

Letzteres ist im Rahmen des deutschen Regulierungsrahmens von Bedeutung, da es den gesamtwirtschaftlichen Outputpreisindex (VPI) zur Inflationierung der Kostenbasis korrigiert. Für die Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen Veränderung der Inputpreise liegen i. d. R. geeignete Daten vor (z.B. der Erzeugerpreisindex).

In diesem Gutachten erfolgt eine Beschreibung der Methodik für die Berechnung auf Zwei- (direkt) und Vierstellerebene (indirekt über einen synthetischen Index). Eine direkte Berechnung auf Drei- und Vierstellerebene ist nicht möglich, wie in Annex B ausgeführt wird. Das genaue Vorgehen hinsichtlich der Einstandspreise wird detailliert in Kapitel 6 erläutert.

Grundsätzlich erfolgt die Berechnung des Inputpreisdifferenzials auf Basis des Törnquistindex. Dies hat mehrere Gründe. Zum einen ist damit eine Konsistenz in der Berechnung zur Totalen Faktorproduktivität gewährleistet. Zum anderen sind sowohl ein Laspeyres- als auch ein Paasche-Index aufgrund fehlender Mengengrößen nicht in „Reinform“ bestimmbar.⁴⁵ Der Törnquist-Index hingegen lässt sich aus den verfügbaren Daten berechnen. Für den Preis-Törnquist gilt:

$$(3-19) \quad T = \frac{P_t}{P_{t-1}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}} \right)^{\frac{1}{2} \left[\frac{p_{i,t-1}q_{i,t-1}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t-1}q_{i,t-1})} + \frac{p_{i,t}q_{i,t}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t}q_{i,t})} \right]}$$

Der Term $\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}}$ stellt dabei die einzelnen Werte der Preisindexreihen dar. Während auf Zweistellerebene die Anteile „gleitend“ berechnet werden können, da Lohn, Kapital- und Vorleistungsquoten für jedes Jahr verfügbar sind, ergeben sich auf Netzbetreiberebene⁴⁶ nur die Kostenanteile der jeweiligen Fotojahre als Grundlage für die Anteilsberechnung.

Indirekt lässt sich die gesamtwirtschaftliche Inputpreisentwicklung auch als Residualgröße bestimmen. Dies wird im folgenden Abschnitt erläutert.

3.2.2 Gesamtwirtschaft: Residualbetrachtung

Die Änderungsraten des Verbraucherpreisindex bilden als allgemeine Inflationsraten die Entwicklung der Outputpreise der Gesamtwirtschaft ab. Die deutsche Volkswirtschaft ist als Marktwirtschaft zudem grundsätzlich wettbewerbsmäßig organisiert, so dass $\Delta TF_t^{GW} = \Delta TFP_t^{GW}$ gilt. Wie in Abschnitt 2.1 ausgeführt, drückt die allgemeine Inflations-

⁴⁴ Vgl. BNetzA (2006a).

⁴⁵ Eine detaillierte Diskussion der verschiedenen Indexzahlen findet sich in Annex A dieses Gutachtens.

⁴⁶ Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei dem in diesem Gutachten beschriebenen Index auf Netzbetreiberebene um einen synthetischen Index handelt.

rate bei einer wettbewerblich organisierten Volkswirtschaft die Differenz zwischen der Wachstumsrate der Inputpreise der Gesamtwirtschaft und der Rate des gesamtwirtschaftlichen technologischen Fortschritts aus. Diese Zusammenhänge können genutzt werden, um die Änderung der gesamtwirtschaftlichen Inputpreise residual aus der Inflationsrate und dem allgemeinen Produktivitätsfortschritt (gemessen als Änderung der totalen Faktorproduktivität der Gesamtwirtschaft) abzuleiten. Aus einer kleinen Umstellung von Formel (2-2) und unter Nutzung der Äquivalenzbeziehungen folgt:

$$(3-20) \quad \Delta P_{Input,t}^{GW} = \Delta P_{Output,t}^{GW} + \Delta TF_t^{GW} = \Delta VPI_t + \Delta TFP_t^{GW}$$

Üblicherweise wird die Änderung der totalen Faktorproduktivität als Residuum aufgefasst.⁴⁷ Für die Ermittlung des generellen X-Faktors ist es durchaus sachgerecht, den grundsätzlichen Zusammenhang zu nutzen und die Änderungsrate der gesamtwirtschaftlichen Inputpreise als Residuum aufzufassen (Residualbetrachtung). Die Berechnung von ΔTFP_t^{GW} ist in der Wissenschaft weit verbreitet und etabliert. Ferner ist der VPI ein seit langem installierter und weltweit anerkannter Index, der vom Statistischen Bundesamt regelmäßig veröffentlicht wird. Ein entsprechender deutschlandweiter Inputpreisindex existiert hingegen nicht, der alle relevanten Inputfaktoren umfasst. So umfasst der Erzeugerpreisindex für gewerbliche Produkte zwar die Preisentwicklungen von Rohstoffen und Industrieerzeugnissen, die in Deutschland hergestellt und im Inland verkauft werden. Nicht enthalten sind aber z.B. die Löhne, die in nachgelagerten Wertschöpfungsstufen gezahlt werden. Etwas vereinfachend gesprochen: Während der Endkunde am Ende der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfungskette steht und somit alle Outputpreise von Zwischenprodukten (zumindest teilweise) eingehen, gibt es kein entsprechendes Pendant für den Anfang. Daher ist die Verwendung des Erzeugerpreisindex in verwandten Studien auch sehr uneinheitlich. Teilweise wird er als gesamtwirtschaftlicher Inputpreisindex angesehen, teilweise als Preis für Vorleistungen, um nur zwei Beispiele zu nennen. Die Residualbetrachtung umgeht diese Schwierigkeit, wodurch mögliche Fehlerquellen bei der Ermittlung des generellen X-Faktors vermieden werden können. Die Residualbetrachtung vereinfacht die Formel für den generellen sektoralen Produktivitätsfortschritt zu:

$$(3-21) \quad X_{Gen,t} = (\Delta TF_t^{Netz} - \Delta P_{Input,t}^{Netz}) + \Delta VPI_t.$$

3.3 Stützintervall

Gleiche Zeiträume

Die Festlegung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors nach § 9 ARegV für die dritte Regulierungsperiode beinhaltet eine auf Basis von Vergangenheitswerten ermittelte Prognose, wie sich der technische Fortschritt bei den Strom- und Gasnetzen während dieser Zeit entwickeln wird. Dabei wird angenommen, dass die im Vergangenheitszeitraum (Stützintervall) beobachteten Entwicklungen auch für den Prognosezeit-

⁴⁷ Dies manifestiert sich z.B. im Begriff des Solow Residuums aus der Wachstumstheorie.

raum ihre Gültigkeit behalten.⁴⁸ Genaugenommen beinhaltet der Produktivitätsfaktor eine Prognose über den Zusammenhang, wie sich die Produktivität und die Inputpreise im Netzsektor in Relation zur Gesamtwirtschaft verhalten. Dies impliziert unmittelbar die Notwendigkeit, dass für die Bestimmung aller in den Faktor eingehenden Größen der gleiche Zeitraum herangezogen wird. Wenn beispielsweise für das Inputpreis- und das Produktivitätsdifferenzial unterschiedliche Zeiträume gewählt werden, sind unter Umständen exogene Schocks in der längeren Zeitreihe enthalten, während sie sich in der kürzeren Zeitreihe nicht widerspiegeln. Es kommt mithin zu einer asymmetrischen Erfassung dieser Effekte, was zu verzerrten Ergebnissen führt. Eine Wahl unterschiedlicher Zeiträume für die verschiedenen Eingangsgrößen vernachlässigt zudem makroökonomische Zusammenhänge. Höhere Inflationsraten in der Gesamtwirtschaft gehen z.B. tendenziell auch mit höheren Veränderungsraten bei den sektoralen Output- oder Inputpreisen einher. Beim Produktivitätsfaktor ist jedoch die Relation zwischen diesen Größen relevant, für die angenommen wird, dass diese auch für den Prognosezeitraum gilt.

Länge des Stützintervalls

§ 9 Abs. 3 S. 2 ARegV setzt für das Stützintervall eine Mindestanforderung von vier Jahren fest. Es ist zu konstatieren, dass generell keine grundlegenden theoretischen Überlegungen existieren, an der die Wahl des Stützintervalls ausgerichtet werden kann. Während Vergleiche der Produktivitätsentwicklungen auf Länderebene in der Regel langfristig ausgelegt sind (> 10 Jahre), basieren Untersuchungen für den Energiesektor hingegen oft auf wesentlich kürzeren Zeiträumen (< 10 Jahre), was in der Regel in der Verfügbarkeit aussagekräftiger Daten begründet ist.⁴⁹ So sind beispielsweise Studien auf Basis des Malmquist Indexes deutlich kürzer angelegt und umfassen oft nur wenige Jahre, da konsistente Unternehmensdaten nur für diese Zeiträume vorliegen. Lange Zeitreihen mit einer vergleichbaren Datenbasis über mehrere Jahrzehnte werden in der Regel nur von den Statistischen Ämtern bereitgestellt. Allerdings beinhalten auch diese Zeitreihen oft Strukturbrüche (z.B. aufgrund von Veränderungen in der Erhebungssystematik oder anderen strukturellen Änderungen wie der Wiedervereinigung in Deutschland), wobei die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Strukturbrüche mit der Länge der betrachteten Zeitreihe ansteigt. Ferner werden derzeit diese langen Zeitreihen häufig auch nur für die Gesamtwirtschaft und die zweite Gliederungsebene der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) veröffentlicht.⁵⁰ Zur zweiten Gliederungsebene der deutschen VGR zählt u.a. die Energieversorgung (Kennung WZ08-D), die neben den Wertschöpfungsketten (Erzeugung/Produktion, Transport, Verteilung und Vertrieb) der Elektrizitäts- und Gasversorgung auch die Wärme- und Kälteversorgung umfasst. Im gegebenen Kontext sind die Zeitreihen dieses Wirtschaftszweiges daher

⁴⁸ Zukunftsorientierte Methoden wie etwa (Experten-)Befragungen oder Prognosemodelle spielen in der Regulierungspraxis im Energiebereich keine Rolle. Während Befragungen den Nachteil der Subjektivität besitzen, sind Prognosemodelle im Endeffekt auch eine (modellhafte) Fortschreibung von Entwicklungen in der Vergangenheit in die Zukunft.

⁴⁹ Für Ländervergleiche siehe z.B. OECD (2001) und O'Mahony und van Ark (2003). Für einen Überblick über Studien im Energiesektor siehe z.B. E-Control (2006).

⁵⁰ Die deutsche VGR umfasst auf der zweiten Gliederungsebene (Zweisteller) 90 Wirtschaftszweige.

nur eingeschränkt aussagekräftig. Daten auf tieferen Gliederungsebenen sind oft nicht oder nur sehr eingeschränkt und für deutlich kürzere Zeiträume öffentlich verfügbar.⁵¹ So sind z.B. bereits auf der dritten Gliederungsebene (Dreisteller), in der die Elektrizitäts- (WZ08-35.1) und Gasversorgung (WZ08-35.2) enthalten sind, weder preisbereinigte Daten noch das Bruttoanlagevermögen veröffentlicht, die zur Ermittlung einer Produktivität erforderlich sind.⁵² Auf der vierten Gliederungsebene (Viersteller), die die Energienetze beinhaltet, stehen ebenfalls keine ausreichenden Informationen öffentlich zur Verfügung.⁵³

Hinsichtlich längerer Stützintervalle (mehr als 10 Jahre) wird argumentiert, dass sie Sondereffekte oder Konjunkturzyklen glätten, wobei letztere implizit auch Investitionszyklen umfassen. Im Kontext des generellen X-Faktors der deutschen ARegV, der als relative Größe die Entwicklungen im Netzsektor in Relation zur Gesamtwirtschaft umfasst, spielen Einmal- oder Sondereffekten dann keine Rolle, wenn beide Aggregate durch diese Effekte symmetrisch betroffen sind. Aufgrund unterschiedlicher Produktionsfunktionen und unterschiedlicher Organisationsformen (Wettbewerb vs. natürliche Monopole) dürfte dies allerdings eher nur in Ausnahmefällen gegeben sein.⁵⁴ Unterschiedliche Konjunkturphasen bemessen sich unter anderem nach dem Auslastungsgrad des bestehenden Kapitalstocks. In diesem Kontext haben Investitionen gegenüber konjunkturellen Boomphasen in der Regel einen gewissen zeitlichen Vorlauf, um den Kapitalstock entsprechend den bestehenden Konjunkturerwartungen auszubauen. Daraus folgt, dass sich Produktivitätsberechnungen, die sich ausschließlich auf Phasen überdurchschnittlicher Auslastungen des Kapitalstocks beziehen, den durchschnittlichen technischen Fortschritt eines Sektors tendenziell überschätzen. Übertragen auf die Situation von Netzbetreibern bedeutet diese Argumentation, dass der Netzausbau tendenziell nicht unmittelbar mit einer Steigerung des Outputs (z.B. Zahl der Anschlusspunkte, Jahreshöchstlast) einhergeht, sondern eher zeitversetzt erfolgt. Der Aufbau eines Kapitalstocks müsste ceteris paribus zu einer geringeren (eventuell sogar

⁵¹ Die Aussagen im Rahmen dieses Gutachtens zur Verfügbarkeit von Daten des Statistischen Bundesamtes beziehen sich ausschließlich auf die durch das Statistische Bundesamt veröffentlichten Zeitreihen. Dabei wurden eigene Recherchen (vor allem in der Hauptdatenbank GENESIS des Statistischen Bundesamtes) in den Gesprächen mit dem Statistischen Bundesamt gegengecheckt. Derzeit läuft durch die BNetzA noch eine Datenanfrage beim Statistischen Bundesamt hinsichtlich der Möglichkeit einer Bereitstellung nicht veröffentlichter Zeitreihen auf tieferen Gliederungsebenen.

⁵² Siehe z.B. Tabelle 43221-0001 (Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige) aus der Hauptdatenbank GENESIS des Statistischen Bundesamtes.

⁵³ Dies sind für Strom WZ08-35.12 (Übertragung) und WZ08-35.13 (Verteilung). Während die Gasverteilnetze ebenfalls als WZ08-35.22 erfasst sind, sind die Gasfernleitungsnetze Bestandteil von WZ08-49.5 (Transport in Rohfernleitungen), worunter jedoch auch noch andere Aktivitäten subsumiert sind (z.B. Transport von anderen Gasen und Flüssigkeiten). Zu einer vertieften Diskussion der Möglichkeiten der Basierung der Produktivitätsberechnung auf die Drei- und Vierstellerebene der deutschen VGR siehe Annex B.

⁵⁴ Ein Beispiel ist die 2007 beginnende Finanz- und Wirtschaftskrise. Testrechnungen für die Gesamtwirtschaft und das gesamte Aggregat Energieversorgung auf Basis des Törnquist Mengenindexes zeigen, dass in 2008 die Änderungsraten der totalen Faktorproduktivität sowohl in der Gesamtwirtschaft als auch in der Energieversorgung signifikant zurückgegangen sind. Während dieser Effekt in der Gesamtwirtschaft über zwei Jahre andauerte, kam es in der Energiewirtschaft allerdings bereits wieder 2009 zu einem deutlichen Produktivitätszuwachs. Die Finanzkrise hat sich daher nur bedingt symmetrisch ausgewirkt.

negativen) Produktivität führen, wohingegen in Zeiten mit geringerer Investitionstätigkeit eine höhere Produktivität erzielt werden kann. Bei Gültigkeit der bisherigen Aussagen müssten die durch die BNetzA im Evaluierungsbericht zur Anreizregulierung identifizierten überdurchschnittlichen Investitionsspeaks in den 1990er Jahren mit einer unterdurchschnittlichen Produktivität einhergehen.⁵⁵ Testrechnungen für das gesamte Aggregat Energieversorgung auf Basis des Törnquist Mengenindexes konnten dies jedoch nicht bestätigen.

Eine vollständige Glättung schwankender Investitionstätigkeiten wird erreicht, wenn ein Stützintervall einen kompletten Investitionszyklus umfasst und diese Zyklen über die Zeit mit gleichbleibender Länge konstant auftreten. Im Evaluierungsbericht hat die BNetzA für die Stromnetze überdurchschnittliche Investitionsniveaus für die 1970er und 1990er Jahre identifiziert, wobei letzteres vor allem auf Nachholeffekte in der Nachwendezeit bei den ostdeutschen Netzbetreibern zurückzuführen sei.⁵⁶ Bei den Gasnetzen wurde nach einer langen Aufbauphase ein ausgewiesener Peak Mitte der 1990er Jahre mit danach wieder sinkenden Investitionen ermittelt. Aufgrund der Energiewende wird zukünftig wieder ein ansteigender Investitionsbedarf (vor allem bei Strom) erwartet. Hieraus lässt sich grob ein Investitionszyklus von ca. 20 Jahren für die Netzsektoren ableiten. Die 20 Jahre korrespondieren ungefähr mit dem 0,5-fachen der durchschnittlichen betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern, die sich aus Anlage 2 der StromNEV und GasNEV in Verbindung mit den tatsächlichen Kostenstrukturen ergeben.⁵⁷ Dies impliziert, dass während eines Gesamtzyklus das durchschnittlich gebundene Kapital in der Vergangenheit einmal umgesetzt wurde. Auch das durch die BNetzA ermittelte durchschnittliche Alter des in die Analysen eingeflossenen Anlagenbestandes bei Verteilnetzbetreibern liegt mit 15 bis 18 Jahren in diesem Bereich. Der festgestellte leichte Anstieg des durchschnittlichen Anlagenalters über die Zeit (betrachtet wurde der Zeitraum 2006 bis 2012) könnte darauf hindeuten, dass in diesen Jahren unterdurchschnittlich investiert wurde. Allerdings ist zu erwarten, dass sich mit der vermehrten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien diese Zeiträume verringern werden, da diese Anschaffungen wesentlich geringere Nutzungsdauern aufweisen als die bisher verwendeten konventionellen Technologien auf Basis langlebiger Kapitalgüter.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der Evaluierung der ARegV empirisch die Existenz des sogenannten Ratchet Effektes nachgewiesen.⁵⁸ Dieser Effekt besagt, dass Unternehmen, die einem Revenue Cap unterliegen und deren Erlöse zu Beginn einer neuen Regulierungsperiode auf das Niveau der tatsächlichen Kosten dieses Unternehmens eingerastet werden, einen Anreiz haben, im Basisjahr ihre Kosten zu erhöhen, um in

⁵⁵ Vgl. BNetzA (2015: 180ff.).

⁵⁶ Vgl. im Folgenden ebenda.

⁵⁷ Die durchschnittlichen betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern liegen zwischen 30 und 35 Jahren. Bei linearer Abschreibung ergibt sich im eingeschwungenen Zustand somit ein durchschnittliches Anlagenalter von ca. 15 bis 17,5 Jahren.

⁵⁸ Vgl. BNetzA (2015: 215ff.).

der folgenden Regulierungsperiode die erlaubten Erlöse zu erhöhen.⁵⁹ Der empirische Nachweis impliziert, dass die deutschen Netzbetreiber in den Basisjahren 2006 (Strom und Gas), 2010 (Gas) und 2011 (Strom) signifikant höhere Kosten aufwiesen als in den umliegenden Jahren, wobei ein Großteil dieser Kosten auf überdurchschnittliche Investitionen in den Basisjahren zurückzuführen ist. Unter der Annahme, dass der Output bei Netzbetreibern zeitverzögert auf Investitionen reagiert, weisen die Netzbetreiber in den Basisjahren bei überdurchschnittlichen Investitionen eine unterdurchschnittliche Produktivität auf. Allerdings dürfte dieser Umstand sowohl beim Törnquist Mengenindex als auch beim Malmquist Index von untergeordneter Bedeutung sein. In der Regel dürfte es sich um ein Vorziehen von später geplanten bzw. um eine Verzögerung von bereits zuvor anstehenden Investitionen innerhalb eines engen Zeitfensters rund um das Basisjahr handeln. Solange das Stützintervall des Törnquist Mengenindexes auch die Jahre beinhaltet, aus denen die Investitionen ins Basisjahr hinein verschoben wurden, kommt es zu keinen Verzerrungen. Der Malmquist Index hingegen setzt allein auf Daten aus den Basisjahren auf. In diesem Fall kann es unter Umständen zu Verzerrungen kommen, wenn sich der Basisjahreffekt über die Zeit signifikant verändert, wofür bisher keine empirischen Belege vorliegen.

Bei der Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors im Kontext der Anreizregulierung geht es darüber hinaus u.a. um eine Prognose, welche Produktivitätsfortschritte in der dritten Regulierungsperiode von den Netzbetreibern zu erwarten sind. Der Prognosezeitraum bei Gas umfasst die Jahre 2018 bis 2022 und bei Strom die Jahre 2019 bis 2023. Eine hohe Prognosegüte wird erreicht, wenn vergleichbare Rahmenbedingungen im Stützintervall und im Prognosezeitraum vorhanden sind. Zumindest sollten die Rahmenbedingungen, unter denen ein Netzbetreiber im Stützintervall und der Regulierungsperiode agiert, nicht zu verschieden sein, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Daraus folgt, dass das Stützintervall möglichst nahe an die betrachtete Regulierungsperiode heranreichen und nicht zu lange in der Vergangenheit liegen sollte. Durch die Liberalisierung der Energiemärkte hat sich die Sektorstruktur und das Handeln der Energieunternehmen signifikant verändert. Unter Monopolbedingungen bestehen tendenziell geringere Anreize für technologische Produktivitätssteigerungen als in einem liberalisierten Marktumfeld. Zeiträume, die vor dieser Zeit liegen, entfalten daher nur noch eine sehr geringe Aussagekraft und sollten somit nicht in die Untersuchungen einbezogen werden. In Deutschland kann 1998 mit der Novellierung des EnWG als Beginn der Marktliberalisierung angesehen werden. Allerdings war der Netzbetrieb in der Folge weiterhin häufig Bestandteil integrierter Energieversorger. Vermehrte Eigenständigkeit haben die Netzbetreiber erst mit der Novellierung des EnWG 2005 und der Umsetzung der Entflechtungsvorschriften des zweiten EU Richtlinienpakets aus dem Jahr 2003 erhalten. Dieses Datum fällt auch mit dem Beginn der Diskussionen um die Einführung einer Anreizregulierung in Deutschland zusammen. Zu diesem Zeitpunkt hat sich der zukünftige Rahmen der Anreizregulierung bereits abge-

⁵⁹ Daher wird der Ratchet Effekt auch als Basisjahreffekt bezeichnet. Zu theoretischen Ausführungen zum Ratchet Effekt siehe z.B. Laffont und Tirole (1993) und Stronzik (2013).

zeichnet, was Rückwirkungen auf das Verhalten der Netzbetreiber gehabt haben wird.⁶⁰ Der Übergang von einem kostenbasierten auf ein anreizbasiertes Regulierungsregime ist aufgrund der gestiegenen Effizienzanforderungen grundsätzlich mit einem Bruch in der Anreizstruktur und daraus resultierenden Verhaltensänderungen von Netzbetreibern verbunden. Als frühestmögliches Startjahr für ein Stützintervall, das auch diesem Aspekt Rechnung trägt und somit eine hohe Deckungsgleichheit mit den Bedingungen der dritten Regulierungsperiode herstellt, kann somit das Jahr 2006 identifiziert werden. Die Einführung des Kapitalkostenabgleichs für die Verteilnetzbetreiber ab der dritten Regulierungsperiode ist in diesem Kontext unkritisch zu sehen, da die Kapitalkosten in der darauffolgenden Periode wieder dem anreizbasierten Effizienzdruck unterworfen werden, was die Netzbetreiber bei ihren Entscheidungen wiederum antizipieren werden. Es sei an dieser Stelle noch einmal betont, dass sich die Anreize vor allem über die Erlösobergrenze und den statischen Effizienzvergleich als einem „Marktplatz“ für Netzbetreiber entfalten.⁶¹ Daher sind Zeiträume, die vor 2006 liegen, hinsichtlich der vergleichbaren Rahmenbedingungen nur bedingt für die Einbeziehung in die Abschätzung der Entwicklung des technologischen Fortschritts in den Netzsektoren geeignet.

Auf Basis der bisherigen Ausführungen zeigt sich, dass das weit verbreitete Postulat der Vorteilhaftigkeit der Verwendung langer Stützintervalle zur Bestimmung von Produktivitätsentwicklungen im spezifischen Kontext der Festlegung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors gemäß § 9 ARegV nicht unbedingt seine Gültigkeit behält.⁶² Ein weiterer Aspekt wird im folgenden Abschnitt thematisiert.

ARegV als rollierendes System

Vor dem Hintergrund der Regelungen der ARegV könnte sich eine rollierende Struktur für die Bestimmung des generellen X-Faktors abzeichnen, die anhand von Abbildung 3-7 veranschaulicht ist, in der der tatsächliche Kostenverlauf (blaue Linie) und die erzielbaren Erlöse (schwarze Linie) der Netzbetreiber über vier Regulierungsperioden abgetragen sind. Sowohl die Erlöse als auch die Kosten sind nominale Größen. Aus Vereinfachungsgründen wird von unternehmensindividuellen Effekten abstrahiert. Dargestellt ist gewissermaßen der Branchendurchschnitt. Ferner seien die gesamtwirtschaftlichen Parameter des X_{gen} und die Änderung der sektoralen Inputpreise über den Betrachtungszeitraum als konstant angenommen. Daraus folgt, dass Veränderungen beim X_{gen} mit einem veränderten sektoralen Produktivitätsfortschritt gleichgesetzt werden können. Gleiches gilt für den tatsächlichen Kostenverlauf. Die regulatorischen Vorgaben auf Basis einer prognostizierten Rate des sektoralen technischen Fortschritts

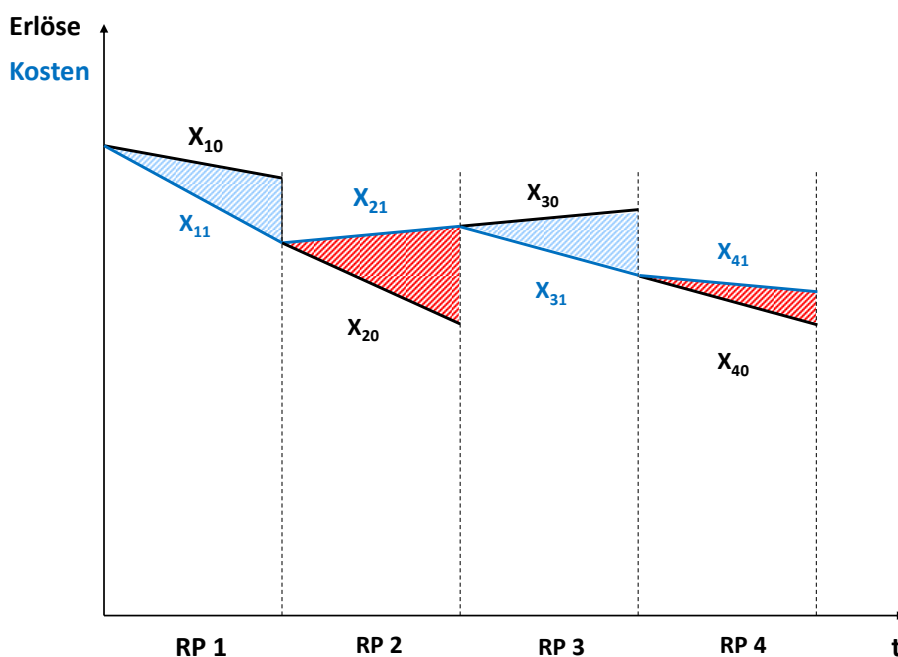
⁶⁰ In der Novelle des EnWG von 2005 finden sich mit § 21a und § 112a EnWG bereits konkrete Verweise auf den anstehenden Systemwechsel. Der erste Referenzbericht der BNetzA zur Anreizregulierung ist ebenfalls bereits 2005 veröffentlicht worden (vgl. BNetzA (2005)).

⁶¹ Siehe auch Abschnitt 2.3.

⁶² Es sei darauf hingewiesen, dass die Autoren nicht anzweifeln, dass Schätzungen, die auf einer größeren Datenbasis (d.h. längeren Zeiträumen) basieren, tendenziell zu robusteren Ergebnissen führen. Allerdings ist diese Aussage nur unter der Annahme eines konsistenten Datensatzes gültig, der der Schätzung zugrunde liegt. Wie die Ausführungen zeigen, existieren im vorliegenden Kontext eine Reihe von Spezifika, die einen differenzierteren Blick auf diese Annahme erforderlich machen.

sind mit X_{t0} bezeichnet, die tatsächlich realisierten sektoralen Produktivitätsfortschritte mit X_{t1} . Ab der zweiten Regulierungsperiode erfolgt die regulatorische Vorgabe immer auf Basis des tatsächlichen Produktivitätsfortschritts der vorangegangenen Periode (z.B. $X_{20}=X_{11}$).⁶³ Ferner sei unterstellt, dass für die erste Regulierungsperiode ein relativ niedriger Wert festgelegt wurde, den die Unternehmen tatsächlich überbieten können ($X_{10}<X_{11}$). Daraus folgt, dass in der ersten Regulierungsperiode der realisierte Kostenverlauf (blaue Linie X_{11}) unterhalb der erzielbaren Erlöse (schwarze Linie X_{10}) liegt.

Abbildung 3-7: ARegV als rollierendes System



Quelle: Eigene Darstellung

Da in der ersten Periode der realisierte Fortschritt über den regulatorischen Vorgaben liegt, verbleibt in dieser Konstellation ein Teil der Konsumentenrente bei den Produzenten in Form höherer Gewinne (blaue Fläche). In der nächsten Periode wird die Vorgabe X_{20} entsprechend des tatsächlich realisierten Fortschritts in Periode 1 X_{11} festgelegt. Der resultierende Pfad für die Erlösobergrenze setzt am aktuellen Kostenniveau an. In der 2. Periode können die Netzbetreiber jedoch nur $X_{21} < X_{20}$ realisieren, was im Beispiel zu steigenden Kosten führt (z.B. aufgrund einer negativen Rate des sektoralen technischen Fortschritts infolge höherer Investitionen). Ein Teil der Produzentenrente wird in Konsumentenrente transformiert (rote Fläche). Dieser Mechanismus setzt sich entsprechend fort. Wenn die regulatorischen Vorgaben allein auf die Beobachtungen

⁶³ Dieses Vorgehen korrespondiert insbesondere mit der inhärenten Logik des in Abschnitt 3.1.1.2 beschriebenen Ansatzes des Kostenmalmquists, bei dem aus den Entwicklungen der Kosten der Netzbetreiber der Vorperiode eine Prognose für den Frontier Shift für die folgende Periode abgeleitet werden kann.

der Vorperiode abstellen, werden sich die Über- und Unterschätzungen über die Zeit mehr oder weniger ausgleichen.

Durch eine solche Konzeption besteht nicht die Gefahr, dass sich Vorgaben aus einer Periode in den Folgeperioden verstetigen bzw. perpetuieren. Die Abschätzung erfolgt auf Basis der tatsächlich realisierten Produktivitätsfortschritte der Netzbetreiber im Stützintervall. Unter Vernachlässigung bestehender Zeitverzögerungen könnte z.B. der Malmquist Index für die Bestimmung der Vorgabe in der zweiten Regulierungsperiode auf die tatsächlichen Werte für die Outputparameter und die geprüften Istkosten der Basisjahre für die erste und zweite Regulierungsperiode aufsetzen. Über den Rückgriff auf die Vergangenheit für die Prognose wird implizit überprüft, ob die Vorgaben in der Vergangenheit zu hoch oder zu niedrig lagen. Das Ergebnis wird dann jedoch auf die erzielbaren Erlöse, die in diesem Zusammenhang auch als Soll- oder Zielkosten bezeichnet werden könnten, angewendet. Es bleibt jedem Netzbetreiber überlassen, ob und wie er diese Vorgabe umsetzt. Daher hängt das tatsächliche Ergebnis in der zweiten Regulierungsperiode (X_{21}) von den während dieser Jahre getroffenen Entscheidungen und implementierten Maßnahmen der Netzbetreiber ab. Wie bereits mehrfach betont, beinhaltet der generelle X-Faktor eine Erwartungshaltung. Eine Perpetuierung würde daher unterstellen, dass die Erwartungshaltung zum Zeitpunkt t_0 mit der Realität in t_1 übereinstimmt. Aufgrund von unvollständigen Informationen wäre ein solches Resultat nur Zufall. Naturgemäß gehen die im X_{gen} manifestierten Erwartungen anfangs in das Kalkül des Netzbetreibers ein. Bietet sich ihm jedoch die Chance, die Sollkosten deutlich zu unterschreiten, wird er dies auch umsetzen, um entsprechende Gewinne zu realisieren.

Probleme können sich jedoch ergeben, wenn die Vorgaben zu stark und/oder langfristig von der tatsächlichen Realisierungsfähigkeit der Netzbetreiber abweichen. Im Extremfall über die Zeit sinkender realisierbarer Produktivitätsfortschritte kommt es bei einer rollierenden Struktur zu einer ständigen Überforderung der Unternehmen, die deren Existenzfähigkeit bedroht. Im anderen Extrem eines über die Zeit steigenden technischen Fortschritts werden die Unternehmen dauerhaft unterfordert, wodurch es langfristig zu „Übergewinnen“ und/oder höheren Kosten- und somit Preisniveaus kommen könnte. Für die Unternehmen könnte es aufgrund des Kostenbezugs unter Umständen rational sein, nicht das gesamte Potenzial an Produktivitätsfortschritt zu offenbaren, um langfristig von einem erhöhten Kostenniveau zu profitieren.⁶⁴

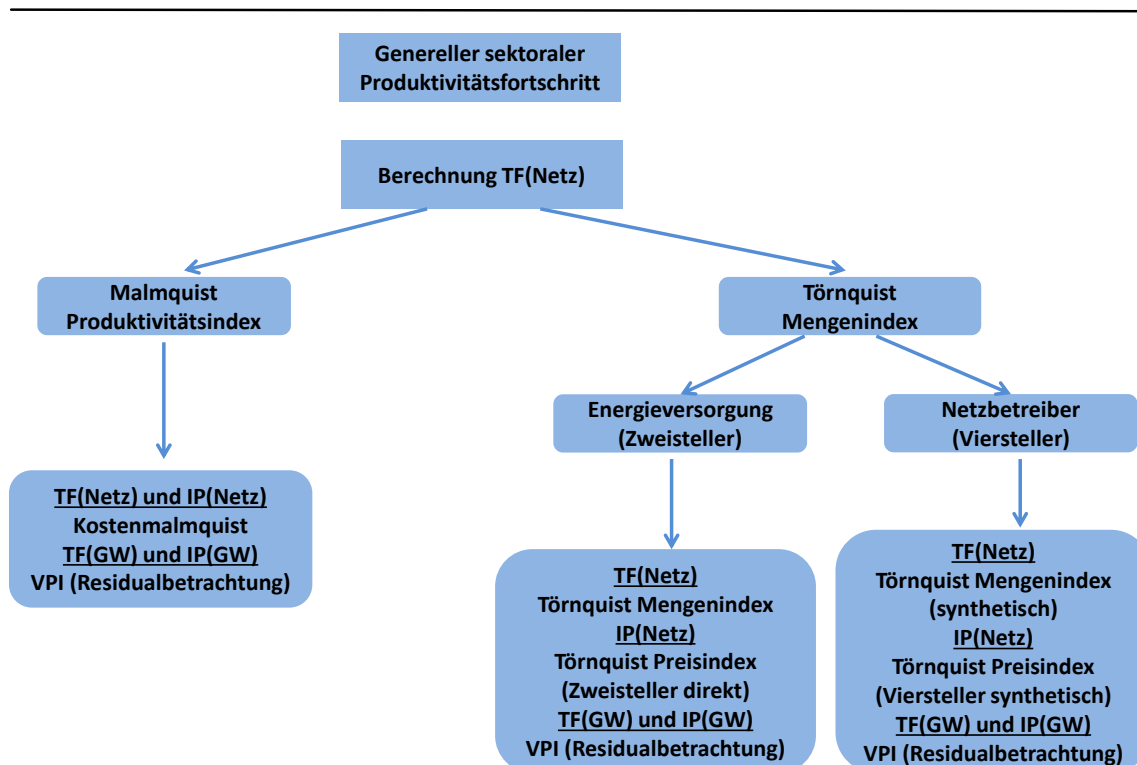
Ein rollierendes Vorgehen rechtfertigt daher grundsätzlich kürzere Stützintervalle. Allerdings erfordert es eine symmetrische Behandlung von positiven wie negativen Abweichungen der Vorgaben von den tatsächlich realisierten technologischen Fortschritten sowie eine gewisse Stabilität des Regulierungsrahmens.

⁶⁴ Inwiefern der Basisjahreffekt bei den Verteilnetzbetreibern durch den dort eingeführten Kapitalkostenabgleich geheilt wird, bleibt abzuwarten.

3.4 Berechnungssystematik und Bewertungskriterien

Auf Basis der bisher eher theoretisch orientierten Ausführungen wird nachfolgend hinsichtlich der Methodik für die Berechnung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors nach § 9 ARegV eine Berechnungssystematik abgeleitet, die in den Folgekapiteln konkretisiert und ihre operationale Umsetzung beschrieben wird. Ferner werden abschließend in diesem Kapitel zentrale Bewertungskriterien eingeführt und diskutiert, die für eine Beurteilung eines konkreten Ansatzes herangezogen werden können.

Abbildung 3-8: Berechnungssystematik



Quelle: Eigene Darstellung

Hinsichtlich der Berechnungssystematik für den generellen X-Faktor ist von entscheidender Bedeutung, auf welche Weise die Produktivitätsänderungen des Netzsektors (TF(Netz)) bestimmt werden (siehe Abbildung 3-8). Erfolgen diese auf Basis des Malmquist Indexes unter Nutzung der Netzbetreiberdaten aus den Effizienzvergleichen sollte der Ansatz eines Kostenmalmquists gewählt werden, der die nominalen Kosten verwendet. Durch den Verzicht auf eine Deflationierung der Kosten sind sektorale Faktorpreisänderungen (IP(Netz)) unmittelbar im Ergebnis inbegriffen, so dass zusätzlich nur noch die gesamtwirtschaftlichen Größen (technischer Fortschritt, TF(GW), und Einstandspreis, IP(GW)) berechnet werden müssen. Da die deutsche Volkswirtschaft als wettbewerblich organisiert klassifiziert werden kann, kann unter Anwendung der Residualbetrachtung zudem unmittelbar auf Daten des VPI zurückgegriffen werden, die re-

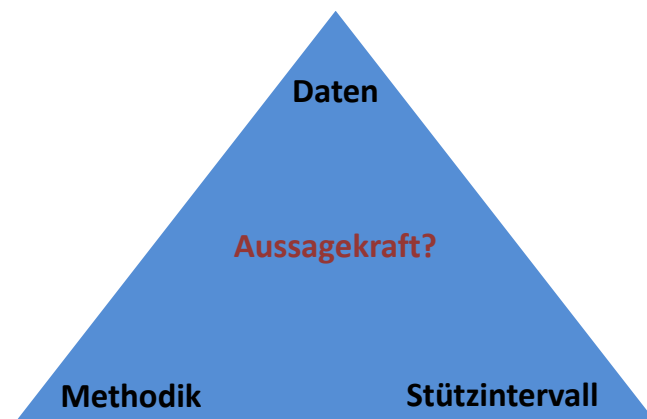
gelmäßig durch das Statistische Bundesamt veröffentlicht werden, so dass gänzlich auf die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Größen verzichtet werden kann, was mögliche Fehlerquellen bei der Ermittlung des generellen X-Faktors reduziert.

Die Nutzung der Residualbetrachtung kann ohne Einschränkungen auch auf Ansätze übertragen werden, die den sektoralen Produktivitätsfortschritt auf Basis des Törnquist Mengenindex ermitteln. Dieser greift im Gegensatz zum Malmquist auf Daten aus der VGR zurück. Auf Basis der Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes verbleibt dabei die Zweistellerebene (Energieversorgung), um sektorale Produktivitätsänderungen direkt aus den VGR Daten zu ermitteln. Als einziger Ansatz ermöglicht er keine Differenzierung nach Strom und Gas. Um Konsistenz zu wahren, sind auch die sektoralen Einstandspreisentwicklungen auf dieser Ebene anzusiedeln. Alternativ gibt es die Möglichkeit, den Netzbereich mittels anderer Wirtschaftszweige synthetisch nachzubilden, was die Bildung eines netzspezifischen Einstandspreisindex erforderlich macht.

Die einzelnen Elemente der beschriebenen Ansätze werden in den Kapiteln 4 bis 6 ausführlich dargestellt, indem neben der konkreten Vorgehensweise auch die verfügbare Datengrundlage erörtert wird.

Bei der Bewertung von unterschiedlichen Ansätzen zu Produktivitätsschätzungen können drei wesentliche Kriterien identifiziert werden (siehe Abbildung 3-9). Es gilt zu beurteilen, inwiefern die verwendete Methodik, die verfügbaren Daten und das gewählte Stützintervall aussagekräftig in Hinblick auf die Fragestellung sind. Im vorliegenden Kontext soll abgeschätzt werden, wie sich der technische Fortschritt und die Einstandspreise der Strom- und Gasnetze in Relation zu ihren gesamtwirtschaftlichen Pendants im Zeitraum 2019 bis 2023 (Strom) bzw. 2018 bis 2022 (Gas) entwickeln werden.

Abbildung 3-9: Bewertungskriterien



Quelle: Eigene Darstellung

Im Folgenden werden die drei Kriterien kurz beschreibend vorgestellt. Die synoptische Gegenüberstellung der in Abbildung 3-8 dargestellten Ansätze auf Grundlage der drei Bewertungskriterien erfolgt erst nach der Konkretisierung der Ansätze in Kapitel 8.

Hinsichtlich der Methodik stellt sich insbesondere die Frage, unter welchen Bedingungen der gewählte Ansatz die Fragestellung korrekt erfasst. Im gegebenen Kontext geht es, wie bereits mehrfach ausgeführt, vor allem um die Bestimmung von durch technologischen Fortschritt bedingte Produktivitätsänderungen bei den Energienetzen, den so genannten sektoralen Frontier Shift. Dabei spielen die den verwendeten Methoden zugrunde liegenden Annahmen eine wichtige Rolle. Methoden, die nur unter sehr restriktiven Annahmen zu korrekten Ergebnissen führen, sind tendenziell solchen Ansätzen unterlegen, die weniger annahmeintensiv sind. Die erforderlichen Annahmen sind ferner gegen die tatsächlichen Gegebenheiten zu spiegeln. Annahmen, die den tatsächlichen Gegebenheiten widersprechen, führen zwangsweise zu einer schlechteren Beurteilung. Desweiteren gilt es zu beleuchten, inwiefern die Ansätze anfällig gegenüber Datenungenauigkeiten (z.B. in Form von Messfehlern) sind und unter welchen Bedingungen sie robuste Ergebnisse liefern können bzw. ob und wie gegebenenfalls möglichen Robustheitsproblemen begegnet werden kann.

Hinsichtlich der Daten sind grundsätzlich die Ansätze zu bevorzugen, deren Datenbasis möglichst nah an den Netzsektoren sind. Dies gilt jedoch nur dann, wenn verlässliche und über die Zeit konsistente Daten vorliegen. Mithin ist neben dem Dateninhalt auch die Datengüte von Bedeutung.

Prognosen stützen sich naturgemäß auf Vergangenheitsbetrachtungen. Mithin ist ebenfalls von Bedeutung, wie aussagekräftig das gewählte bzw. verfügbare Stützintervall in Hinblick auf den Prognosezeitraum ist. Zunächst ist festzuhalten, dass sich alle in den generellen X-Faktor eingehenden Größen auf den gleichen Zeitraum beziehen müssen, da ansonsten makroökonomische Zusammenhänge vernachlässigt werden, was die Gefahr von Fehlspezifikationen beinhaltet. Die Netzsektoren weisen vermutlich Investitionszyklen von ca. 15 bis 20 Jahre auf. Zumindest bei Strom wird zukünftig wieder ein Anstieg der Investitionstätigkeiten erwartet. Allerdings gibt es im vorliegenden Kontext eine Reihe von Gründen, die auch kürzere Zeiträume rechtfertigen. Die Prognosegüte kann tendenziell verbessert werden und somit die Gefahr großer Abweichungen zwischen Vorgabe und tatsächlichem Produktivitätsfortschritt verringert werden, wenn die Rahmenbedingungen, unter denen ein Netzbetreiber im Stützintervall und der Regulierungsperiode agiert, nicht zu verschieden sind. Die Marktliberalisierung seit 1998 ist in diesem Sinne als Bruch für den gesamten Energiesektor aufzufassen. Hinsichtlich der Netzsektoren bildet die Anreizregulierung einen signifikanten Einschnitt, deren Anfänge in 2005/2006 auch mit einer zunehmenden Eigenständigkeit der Netzbetreiber einhergehen. Diese Einschnitte haben Anreizstrukturen deutlich verändert. Wenn die ARegV als rollierendes System verstanden wird, eine symmetrische Behandlung der Ergebnisse (positive wie negative Werte für X_{gen}) und eine gewisse Stabilität des Regulierungsrahmens gewährleistet sind, sind auch deutlich kürzere Stützintervalle problemadäquat.

Abbildung 3-9 veranschaulicht zudem, dass die drei Beurteilungskriterien, Methodik, Daten und Stützintervall, eng miteinander verknüpft sind. Längere Stützintervalle sind z.B. nur dann vorteilhaft im Sinne robusterer Ergebnisse, wenn über den gesamten Zeitraum konsistente Daten mit einer hohen Aussagekraft für die vorliegende Fragestellung vorhanden sind. Eine vorteilhaftere Methodik kann unter Umständen an der Qualität der für diese Methodik verfügbaren Daten scheitern. Solange ein Ansatz die anderen Ansätze aus Abbildung 3-8 nicht deutlich dominiert, bleibt die Einschätzung ein Abwägungsprozess.

4 Berechnung des Malmquist Produktivitätsindex

In diesem Kapitel wird aufbauend auf den Erläuterungen in Kapitel 3.1 die konkrete Vorgehensweise zur Bestimmung der Produktivitätsentwicklung mittels Malmquist Index vorgestellt. Neben den zur Verfügung stehenden Ausgangsdaten wird die präferierte Spezifikation auf Basis eines Kostenmalmquist vorgestellt. Im Fokus stehen hierbei die Verteilnetzbetreiber für den Strom- und Gasbereich; auf die Ermittlung des Frontier Shifts der Übertragungs- und Fernleitungsnetzbetreiber wird dezidiert in Kapitel 0 eingegangen.

4.1 Datengrundlage

Der Malmquist Index basiert auf Unternehmensdaten des zu untersuchenden Sektors. Im konkreten Fall kann auf Daten der Energienetzbetreiber zurückgegriffen werden, die im Rahmen der Effizienzvergleiche gemäß § 12 ARegV durch die BNetzA erhoben, plausibilisiert und geprüft wurden. Die Verwendung von Netzbetreiberdaten bietet den Vorteil, dass die Situation in den Energienetzen abgebildet werden kann. Somit basiert die Schätzung der Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung des Netzsektors auf Netzbetreiberinformationen.

Grundlage der Untersuchung bilden von der Bundesnetzagentur generierten Datensätze, welche die im Rahmen der Effizienzvergleiche der Strom- und Gasnetzsektoren erhobenen Netzbetreiberdaten enthalten. Auf dieser Basis wurden drei Datensätze zur Verfügung gestellt, getrennt nach den Sektoren Strom und Gas für die Verteilnetzbetreiber sowie einen Datensatz für Fernleitungsnetzbetreiber.⁶⁵

Derzeit umfassen die von der Behörde zur Verfügung gestellten Datensätze je zwei Datenpunkte mit Informationen zu den Effizienzvergleichen der ersten beiden Regulierungsperioden. Folglich umfasst die Untersuchungsperiode aktuell für den Strombereich 5 Jahre (mit den Basisjahren 2006 und 2011) und für den Gasbereich 4 Jahre (mit den Basisjahren 2006 und 2010). Es ist ferner angedacht, den Datensatz im Jahr 2017 (bzw. 2018) um die Netzbetreiberinformationen der dritten Regulierungsperiode zu erweitern, so dass sich die Untersuchungsperioden dementsprechend um jeweils 5 Jahre verlängern würden.

Tabelle 4-1 fasst die in den Effizienzvergleichen der vergangenen beiden Regulierungsperioden (RP) zur Anwendung gekommenen Input- und Outputparameter für den Verteilnetzbereich zusammen. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, liegen Gesamtkosten (TOTEX) in standardisierter und nicht standardisierter Form jeweils für beide Zeitpunkte und getrennt für den Strom- bzw. Gasbereich vor. Ferner unterscheiden sich pro Perio-

⁶⁵ Ein separates nationales Benchmarking für die Übertragungsnetzbetreiber findet derzeit aufgrund der geringen Beobachtungsanzahl (vier) nicht statt. Vielmehr werden die ÜNBs auf Basis eines internationalen Benchmarkings evaluiert. Im Rahmen dieses Kapitels liegt der Fokus allein auf den VNBs. Zur Vorgehensweise und Einbeziehung der Fernleitungs- und Übertragungsnetzbetreiber siehe Kapitel 0.

de sowohl für die Verteilnetzbetreiber Strom als auch für die Verteilnetzbetreiber Gas die zum Effizienzvergleich herangezogenen Outputparameter. Um Produktivitätsentwicklungen über die Zeit ermitteln zu können, ist es unerlässlich, eine Vergleichbarkeit zwischen den in die Betrachtung einbezogenen Datenpunkten herzustellen.⁶⁶ Für den dynamischen Effizienzvergleich über zwei Regulierungsperioden bedeutet dies, dass bei der Bestimmung der Effizienz entweder die Variablen der ersten (RP1) oder die Variablen der zweiten Regulierungsperiode (RP2) herangezogen werden können, um eine gemeinsame Vergleichsbasis zu bekommen. Die Datensätze beinhalten somit für RP1 auch Angaben für die Outputparameter von RP2 und vice versa. Dies bedeutet z.B., dass für das Basisjahr 2006 für die Stromnetzbetreiber auch Daten für die Anzahl der Zählpunkte vorliegen.

Mit dem vorliegenden Datensatz zu Inputs und Outputs ist die Berechnung einer Kostenfunktion mittels des Malmquist Indexes im ursprünglichem Sinne nicht möglich, da keine Informationen zu Inputpreisen vorliegen. Vielmehr wird ein TOTEX-Malmquist ermittelt, bei dem die Outputmengen bekannt sind aber keine Inputmengen und Inputpreise. Diese finden vielmehr Berücksichtigung als Produkt in Form der Gesamtkosten.⁶⁷

⁶⁶ Neben der methodischen Notwendigkeit findet dieses Vorgehen auch seine Analogie bei der Ermittlung preisbereinigter Daten in Form von Kettenindices, wie sie vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden.

⁶⁷ Vgl. Polynomics und Jacobs University (2016).

Tabelle 4-1: Parameter im VNB Effizienzvergleich Strom und Gas

Datensatz	Basis-jahr	Inputparameter	Outputparameter
RP1 VNB Strom (2009-2013)	2006	TOTEX und standardisierte TOTEX	Stromkreislänge HS – Kabel Stromkreislänge MS - Kabel Stromkreislänge HS - Freileitungen Stromkreislänge MS - Freileitungen Stromkreislänge NS Anschlusspunkte Zeitgleiche Jahreshöchstlast HS/MS Zeitgleiche Jahreshöchstlast MS/NS Installierte dezentrale Erzeugerleistung Versorgte Fläche NS Umspannstationen
RP2 VNB Strom (2014-2018)	2011	TOTEX und standardisierte TOTEX	Stromkreislänge HS - Kabel Stromkreislänge MS - Kabel Stromkreislänge HS - Freileitungen Stromkreislänge MS - Freileitungen Stromkreislänge NS Anschlusspunkte Zeitgleiche Jahreshöchstlast HS/MS Zeitgleiche Jahreshöchstlast MS/NS Installierte dezentrale Erzeugerleistung Versorgte Fläche NS Anzahl Zählpunkte - Summe
RP1 VNB Gas (2009-2012)	2006	TOTEX und standardisierte TOTEX	Versorgte Fläche Zeitgl. Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen Ausspeisepunkte ND, MD, HD Potenzielle Ausspeisepunkte ND, MD, HD Rohrvolumen incl. HAL Potenzielle zeitgleiche Jahreshöchstlast Leitungslänge < 5bar Leitungslänge > 5bar Bevölkerung 1995 Bevölkerung 2006
RP2 VNB Gas (2013-2017)	2010	TOTEX und standardisierte TOTEX	Versorgte Fläche Zeitgl. Jahreshöchstlast aller Ausspeisungen Ausspeisepunkte ND, MD, HD Potenzielle Ausspeisepunkte ND, MD, HD Rohrvolumen incl. HAL Leitungslänge gesamt Anzahl der Messstellen Vorherrschende Bodenklasse 4,5,6 Anzahl Ausspeisepunkte > 16 bar

4.2 Vorgehen

Basis der weiteren Überlegungen ist die gemeinsame Bestimmung der sektoralen – energienetzspezifischen – Produktivitäts- und Inputpreisentwicklung mittels des Kostenmalmquists. Wie in Abschnitt 3.1.1.2 gezeigt, lässt sich unter Rückgriff auf die übliche Kostengleichung das Ergebnis des Kostenmalmquists (Malmquist Index auf Basis

nominaler Kostendaten) formal zerlegen in den rein technologisch bedingten Frontier Shift und in einen Preiseffekt. Der entsprechend ermittelte Wert berücksichtigt somit bereits die sektorale Inputpreisentwicklung, so dass bei diesem Ansatz die Summe aus dem ermittelten Wert des Kostenmalmquists und der Änderung der Verbraucherpreise dem generellen X-Faktor entspricht.

Untersuchte Stichprobe

Ausgangspunkt der Analyse sind die im vorherigen Unterkapitel beschriebenen Datensätze. Der Datensatz für die Verteilnetzbetreiber Strom umfasst für RP1 197 Netzbetreiber und für RP2 181 Netzbetreiber; die Anzahl der Netzbetreiber, die in beiden Perioden enthalten sind, beträgt 164. Der Datensatz für die Verteilnetzbetreiber Gas beinhaltet für die RP1 192 Netzbetreiber und für die RP2 186 Netzbetreiber; die Anzahl der in beiden Perioden enthaltenen Netzbetreiber beträgt hier 157.

Es stellt sich die Frage, ob die Ermittlung des Frontier Shifts auf Basis aller Netzbetreiber der jeweiligen Periode stattfinden sollte oder ob nur auf diejenigen zurückgegriffen werden sollte, die in beiden Perioden gleichermaßen enthalten sind. Verschiedene Gründe sprechen für die Wahl der zweiten Möglichkeit. Für die Ermittlung der Verschiebung der Effizienzgrenze sind die oben erwähnten Kreuzterme erforderlich.⁶⁸ Die Netzbetreiber des ersten Effizienzvergleichs werden gegen die Effizienzgrenze der zweiten Regulierungsperiode evaluiert und vice versa. Daher gehen nur Unternehmen in die Berechnung des Malmquist Indexes ein, die in beiden Perioden am Effizienzvergleich teilgenommen haben, da nur für diese Unternehmen beide Kreuzterme existieren. Die Wahl der zweiten Möglichkeit ist somit auch konsistent mit der präferierten Ausreißerbereinigung in der Form des Trimmings, bei der die Vereinigungsmenge der in beiden Perioden identifizierten Ausreißer aus dem Sample eliminiert wird.⁶⁹ Ferner wird durch diese Vorgehensweise die Problematik vermieden, dass die Unternehmen gegen unterschiedlich aufgespannte Effizienzgrenzen bei der DEA und bei der SFA evaluiert werden. Die Einbeziehung von Netzbetreibern, die nur in einer Periode am Effizienzvergleich teilgenommen haben, führt bei der SFA zu einem unvollständigen (unbalanced) Panel.⁷⁰ Zur Berechnung des Frontier Shifts werden bei der SFA Netzbetreiber, für die Parameterwerte nicht für alle Perioden existieren, methodenimmanent aus dem Panel datensatz entfernt, so dass man wiederum beim ursprünglichen balanced Panel landet. Es werden mithin diejenigen Netzbetreiber aus der Untersuchung ausgeschlossen, für die es nur in einer Periode Parameterwerte gibt. Dies hat zur Folge, dass diese Unternehmen bei der Aufspannung der Effizienzgrenze nicht berücksichtigt werden, da die Effizienzgrenzen bei der SFA aus dem balanced Panel geschätzt werden. Bei der DEA ließe sich dies methodisch umgehen, indem ein Netzbetreiber, der nur in einer Periode enthalten ist, zwar die jeweilige Effizienzgrenze mit aufspannen könnte (sollte er denn

⁶⁸ Siehe Formel (3-9) in Abschnitt 3.1.1.2.

⁶⁹ Die Identifikation und Bereinigung von Ausreißern wird weiter unten in diesem Abschnitt diskutiert.

⁷⁰ Beim balanced panel liegen für alle Perioden und alle Netzbetreiber Parameterwerte vor, wohingegen beim unbalanced panel für einzelne Netzbetreiber nur für bestimmte Perioden Parameterwerte vorhanden sind.

auf der Effizienzgrenze liegen), jedoch würden für ihn keine individuellen Malmquist Index oder Frontier Shift Werte berechnet werden. Dies führt jedoch dazu, dass den Effizienzgrenzen zur Ermittlung des Frontier Shifts bei der DEA und bei der SFA de facto unterschiedliche Grundgesamtheiten zugrunde liegen. Während z.B. bei der DEA die Effizienzgrenze der VNB Gas in RP1 auf Basis von 192 Netzbetreibern bestimmt werden würde, wären dies bei der SFA nur 157 Unternehmen. Die Ergebnisse wären aufgrund der unterschiedlichen Samplegrößen nur bedingt konsistent. Daher wird vorgeschlagen, den Malmquist Index auf Basis der Unternehmen zu berechnen, die an beiden Effizienzvergleichen teilgenommen haben. Änderungen der Unternehmensgröße (z.B. durch Fusionen oder Aufsplittungen) spielen dabei keine Rolle, da diesem Umstand bereits durch die Annahmen über die Skalenerträge hinreichend Rechnung getragen wird.

Wie in Tabelle 4-1 für die Verteilnetzbetreiber gezeigt, haben sich in der Vergangenheit die Outputparameter von einer auf die nächste Regulierungsperiode gerändert, sodass bei Bestimmung des Frontier Shifts die Wahl zwischen zwei Sets an Outputparametern besteht. Im konkreten Fall könnte die Analyse somit sowohl auf den Parametern der ersten Regulierungsperiode basieren als auch auf Parametern der zweiten Periode. Bei ersterem besteht der Vorteil, dass genau die für die konkrete Regulierungsperiode gültigen Parameter des Effizienzvergleichs die Ergebnisse determinieren und somit Grundlage der Prognose der Produktivitätsentwicklung sind. Für die zweite Variante spricht, dass die Parameterauswahl am aktuellen Rand möglicherweise auf einer verbesserten Informationslage (z.B. neueren Erkenntnissen berücksichtigende Kostentreiberanalysen) beruht und dadurch die neuen Outputparameter die Realität für den Prognosezeitraum der dritten Regulierungsperiode besser abbilden. Um die jeweiligen Vorteile beider Ansätze nutzen zu können, werden beide mit den entsprechenden Outputs gerechnet und das geometrische Mittel gebildet, um einen einheitlichen Wert zu erhalten.⁷¹ Im konkreten Fall entspricht der Frontier Shift (FS) für den Vergleich der ersten und zweiten Regulierungsperiode (RP) somit:

$$(4-1) \quad FS = \sqrt[2]{(FS_{OutputsRP1} * FS_{OutputsRP2})}$$

Im wünschenswerten Fall der Erweiterung der Stichprobe um Daten der dritten Regulierungsperiode, stellt sich die Frage, für welche Perioden der Frontier Shift berechnet werden sollte. Theoretisch möglich wäre zum einen der direkte Vergleich der Perioden 1 und 3 und zum anderen das stufenweise Vorgehen mit einem Vergleich der Perioden 1 und 2 sowie der Perioden 2 und 3. Um hier auf einen einheitlichen Wert zu kommen, müssten die beiden Frontier Shifts gemittelt werden. Letzteres findet eine Analogie im Kettenindex zur Bildung der preisbereinigten Werte aus der Volkswirtschaftlichen Ge-

⁷¹ Dieses Vorgehen entspricht der Berechnungslogik des Malmquist Indexes, bei dem das Verhältnis der jeweiligen Distanzfunktionen sowohl in Relation zur Referenztechnologie aus Periode 1 als auch in Relation zur Referenztechnologie aus Periode 2 ermittelt werden. Der Malmquist Index ist dementsprechend das geometrische Mittel aus beiden (siehe Abschnitt 3.1.1).

samtrechnung.⁷² Die stufenweise Berechnung ist insbesondere aus Gründen einer Stärkung der Datenbasis zu präferieren, da sowohl die Anzahl der in der Analyse berücksichtigten Outputparameter als auch die Anzahl an Beobachtungen möglichst wenig reduziert werden müssen, was einen positiven Einfluss auf die Robustheit der Ergebnisse hat. So steigt zum einen die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer höheren Anzahl an Perioden eine neue Outputvariable des aktuellen Randes nicht mehr für Periode 1 zu ermitteln ist und dieser Parameter bei einem Vergleich der ersten Periode mit der n-ten Periode aus der Analyse entfernt werden müsste.⁷³ Bei einer stufenweisen Ermittlung des Frontier Shifts ist dies weitaus unwahrscheinlicher. Zum zweiten besteht die Gefahr, dass manche Netzbetreiber der ersten Periode wohl noch in Zwischenperioden existieren nicht aber in der finalen Periode. Auch diese müssten bei einem längerfristigen Vergleich über eine Regulierungsperiode hinaus aus dem Datensatz entfernt werden, wohingegen diese bei einer stufenweisen Analyse zumindest teilweise Berücksichtigung finden könnten. Die stufenweise Ermittlung des Frontier Shifts über mehrere Regulierungsperioden hinweg bildet ferner die Dynamik des Sektors im Zeitverlauf besser ab, da sie nicht nur auf zwei einzelnen (weit entfernten) Zeitpunkten aufsetzt, sondern auch Effekte innerhalb dieses Zeitraumes berücksichtigt.

Ausreißeridentifikation und -bereinigung

Es bietet sich an, die Identifikation von Ausreißern bei den Verteilnetzbetreibern analog zur Vorgehensweise beim letzten (statischen) Effizienzvergleich durchzuführen.⁷⁴ Folglich sind für die DEA das Dominanz- und Supereffizienzkriterium heranzuziehen und für die SFA das Cooks Distance Kriterium mit dem Schwellenwert $4/(n-p-1)$ ⁷⁵. Die betreffenden Methoden entsprechen dem Stand der Wissenschaft und sind somit ARegV-konform.

Es ist zu beachten, dass sich die Ausreißeranalyse beim statischen Effizienzvergleich von der Ausreißeranalyse beim dynamischen Effizienzvergleich unterscheidet, auch wenn die gleichen Methoden zur Anwendung kommen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass nunmehr zwei Perioden Eingang in die Analyse finden und somit die Frage zu beantworten ist, für welche der Perioden ein Ausreißer identifiziert worden ist. Ein Netzbetreiber kann beispielsweise in beiden Perioden als Ausreißer klassifiziert werden oder aber nur in einer. Vor diesem Hintergrund lassen sich insbesondere zwei Möglichkeiten zur Bereinigung des Samples um identifizierte Ausreißer unterscheiden.

- Methode 1 Trimming: Bei diesem Ansatz werden als Ausreißer klassifizierte Netzbetreiber gänzlich aus dem Datensatz eliminiert. Es ist dabei unerheblich, für wel-

⁷² Vgl. z.B. IMF (2014).

⁷³ Mit fortschreitender Anzahl an Regulierungsperioden nimmt diese Problematik stetig zu.

⁷⁴ Der zuletzt durchgeführte Effizienzvergleich fand für die Verteilnetzbetreiber Strom statt. Für Details insbesondere auch zur Ausreißeranalyse siehe Swiss Economics und Sumicsid (2014a, 2014b).

⁷⁵ Dieser Schwellenwert wurde sowohl im zweiten Effizienzvergleich VNB-Strom (EVS2) als auch VNB-Gas (EVG2) verwendet. Im ersten Effizienzvergleich VNB-Strom (EVS1) wurde hingegen noch ein Schwellenwert von 1 angenommen. Die Gutachter des EVS2 führen dazu aus, dass der Schwellenwert $4/(n-p-1)$ gegenüber 1 zu bevorzugen ist, da eine von ihnen durchgeführte Wilson Analyse diesen als zuverlässiger identifiziert hat (Swiss Economics und Sumicsid, 2014a, S. 55).

che der beiden Perioden ein Netzbetreiber als Ausreißer identifiziert worden ist. Trimming ist in der wissenschaftlichen Praxis weit verbreitet und sowohl bei der DEA als auch der SFA anwendbar.

- Methode 2 Winsorizing: Gemäß dem Grundprinzip dieses Ansatzes wird einem als Ausreißer identifizierten Netzbetreiber künstlich ein Effizienzwert zugewiesen. Der Ausreißer bleibt somit Teil des Samples und wird aus diesem nicht entfernt, sodass Winsorizing im Vergleich zu Trimming datenerhaltend ist in dem Sinne, dass sich die Anzahl an Beobachtungen weniger stark reduziert.⁷⁶ Im Kontext dieser Untersuchung bieten sich zwei mögliche Ausgestaltungsformen von Winsorizing an.
 - Variante 1 (Winsorizing I): Zunächst werden die „übereffizienten“ Ausreißer mittels Supereffizienzkriterium pro Periode bestimmt. Anschließend wird ihnen jeweils für die betreffende Periode ein Effizienzwert von 100 % zugeordnet, mit dem sie in die Malmquist Berechnungen eingehen. Somit sind sie nicht mehr maßgeblich für die Lage der Effizienzgrenze in der betreffenden Periode. Sie sind jedoch Bestandteil der Frontier.
 - Variante 2 (Winsorizing II): Das Vorgehen ist analog zu Variante 1. Allerdings erfolgt eine Skalierung der Kosten der Ausreißer in diesem Fall gemäß ihres Supereffizienzwertes, d.h. ihre Kosten werden „hochskaliert“ und entsprechen deshalb nicht mehr den Ausgangswerten.

Beide Varianten des Winsorizing ermöglichen es, dass der Malmquist Index auf Basis des Samples inklusive der als Ausreißer identifizierten Netzbetreiber bestimmt werden kann. Dabei ist Winsorizing II der Variante 1 vorzuziehen, da es durch die Skalierung der Kosten eine entsprechende Anpassung auch der Kreuzterme des Malmquist Indexes beinhaltet. Bei Winsorizing I gehen die ursprünglichen Kosten in diese Kreuzterme ein, weshalb es beim Quervergleich zwischen beiden Perioden zu einer systematischen Verzerrung kommt, was bei Winsorizing II umgangen wird. Allerdings findet eine Manipulation der Ausgangsdaten statt. Ferner sind beide Winsorizing-Varianten aufgrund des Rückgriffs auf das Supereffizienzkriterium nur in der DEA implementierbar, während dies in der SFA nicht möglich ist.

Neben der deutlich verbreiteteren Anwendung von Trimming in der wissenschaftlichen Literatur sprechen im Kontext dieses Gutachtens weitere Aspekte für die Vorteilhaftigkeit von dieser Methodik gegenüber Winsorizing, wobei der Fokus hierbei insbesondere auf einem vergleichbaren Vorgehen zum statischen Effizienzvergleich liegt.

1. In den statischen Effizienzvergleichen erfolgt zunächst eine Ausreißeranalyse auf Basis des gesamten Datensatzes. Die identifizierten Ausreißer werden anschließend aus dem Sample entfernt. Ihnen wird außerhalb des eigentlichen Effizienzvergleichs ein Wert von Eins zugewiesen. Anschließend werden die DEA und die

⁷⁶ Vgl. Barnett, und Lewis (1994).

- SFA auf das jeweils verbleibende Sample (ohne Ausreißer) angewendet. Zur Ermittlung der individuellen Effizienzwerte werden mithin alle Ausreißer aus der zu untersuchenden Stichprobe entfernt, was der Anwendung von Trimming entspricht.
2. Zudem erfolgte in den Effizienzvergleichen eine Zuweisung von Minimum-Effizienzwerten nicht methodenimmanent aufgrund statistischer Notwendigkeiten sondern stets ex-post. So wurde den Netzbetreibern in den Effizienzvergleichen mit einem Effizienzwert $< 60\%$ erst im Rahmen der Best-of Abrechnung ein Effizienzwert von 0,6 zugewiesen.
 3. Ein konsistentes Vorgehen bei der SFA und der DEA kann nur durch Trimming erreicht werden, da Winsorizing durch den Rückgriff auf das Supereffizienzkriterium nur in der DEA umgesetzt werden kann.

Spezifikationen der verwendeten Methoden

Zur Ermittlung des Frontier Shifts mittels Malmquist Index ist es vorteilhaft, sich – wenn möglich – beider zur Verfügung stehender Methoden zur Berechnung der Distanzfunktionen, d.h. der DEA und SFA, zu bedienen. Dies entspricht der Vorgehensweise in den bisherigen Effizienzvergleichen und bietet den Vorteil, dass die jeweiligen Schwächen der einen Methode durch die Stärken der anderen größtenteils ausgeglichen werden können. Somit werden die Ergebnisse auf eine breitere Basis gestellt und die Robustheit der Ergebnisse gestärkt.⁷⁷ Hinsichtlich der jeweiligen Berechnungen sind methodenspezifische Annahmen zu treffen.

Bei der DEA gilt dies insbesondere für die Wahl der Skalenerträge. Hierzu bietet sich an, die Skalenerträge analog zu den Effizienzvergleichen der betreffenden Regulierungsperioden zu wählen.⁷⁸ Konkret bedeutet dies, für den Periodenvergleich von der ersten zur zweiten Regulierungsperiode stets nicht-fallende Skalenerträge anzunehmen. Für den Vergleich der Perioden 2 und 3 sind ebenso nicht fallende Skalenerträge anzusetzen, sofern hierfür die Variablen der zweiten Periode herangezogen werden; werden hingegen die Variablen der dritten Periode verwendet, sind konstante Skalenerträge anzunehmen.

Im Gegensatz zur DEA müssen bei der SFA Annahmen hinsichtlich der funktionalen Form zwischen dem Inputparameter Gesamtkosten und den verschiedenen Outputparametern getroffen werden. Die in der akademischen Literatur am weitesten verbreiteten funktionalen Formen stellen diesbezüglich die Cobb-Douglas und die Translog Funktion dar. Die Wahl der konkreten Spezifikation entspricht einem Abwägungsprozess zwischen theoretischen Überlegungen und der konkreten Datenlage. Die Translog Funktion ist die flexiblere der beiden Funktionen, die die realen Zusammenhänge auf-

⁷⁷ Für eine Diskussion von Vor- und Nachteilen beider Methoden siehe Kapitel 3.1.1.1.

⁷⁸ Die entsprechenden Erläuterungen und Ergebnisdokumentationen für die Stromverteilnetzbetreiber sind für die 1. Regulierungsperiode in Sumicsid und EE2 (2008a) und für die 2. Regulierungsperiode in Swiss Economics und Sumicsid (2014a) zu finden; für die Gasverteilnetzbetreiber sind sie für die 1. Regulierungsperiode in Sumicsid und EE2 (2008b) sowie für die 2. Regulierungsperiode in Frontier Economics und Consentec (2013) nachzulesen.

grund von quadratischen Termen und Kreuztermen theoretisch tendenziell besser abbilden kann, da sie grundsätzlich geringere Beschränkungen hinsichtlich des funktionalen Zusammenhangs setzt. Andererseits erhöht sich bei einer Anzahl von 9-11 Outputparametern die Anzahl an in die Regressionen eingehenden Regressoren aufgrund dieser Terme deutlich. Um die theoretische Vorteilhaftigkeit ausspielen zu können, bedarf es jedoch einer vergleichsweise großen Stichprobe. Die gegenständlichen Datensätze stoßen diesbezüglich schnell an ihre Grenzen, was sich daran zeigt, dass es bei Verwendung einer Translog Funktion zu Konvergenzproblemen bei der Schätzung kommt. Ferner lässt die relativ gesehen hohe Anzahl an zu schätzenden Parametern Multikollinearitätsprobleme wahrscheinlicher werden wie auch die Effizienz der Schätzung durch die geringeren Freiheitsgrade tendenziell sinken. Vor diesem Hintergrund ist die Wahl einer an die Cobb-Douglas Kostenfunktion angelehnten Spezifikation zielführender.⁷⁹

Eine loglineare Struktur der gewählten Schätzgleichung erfordert, dass alle Input- und Outputparameter logarithmiert werden müssen. Sofern einzelne Parameterwerte Nullwerte annehmen, ist dies problematisch da der Logarithmus von Null nicht definiert ist. In der Theorie gibt es verschiedene Möglichkeiten hiermit umzugehen.⁸⁰ Eine weit verbreitete und vergleichsweise einfach zu implementierende Option besteht darin, die Nullwerte durch eine hinreichend kleine Zahl⁸¹ zu ersetzen. Daher wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht und eine entsprechende Parametertransformationen durchgeführt.⁸²

Neben der funktionalen Form müssen bei der SFA auch Annahmen bezüglich des stochastischen Fehlerterms und des Ineffizienzterms getroffen werden. Ersterer wird wie in den meisten Regressionsmodellen als normalverteilt angenommen. Bei der Verteilung des Ineffizienzterms gibt es hingegen wie zuvor bereits erwähnt verschiedene mögliche Verteilungen wie die Halbnormalverteilung, die gestutzte Normalverteilung oder die Exponentialverteilung. In der Analyse zeigt sich, dass die Anwendung der Halbnormalverteilung zu bevorzugen ist, da hierbei die geringsten Konvergenzprobleme auftreten.

Die zu schätzende „Kostenfunktion“ hat folgende Gestalt: ⁸³

$$(4-2) \quad \ln(\text{totex}_{i,t}) = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln(\text{output}_{n,i,t}) + \beta_t t + \sum_{n=1}^N \beta_{t,n} t \ln(\text{output}_{n,i,t}) + v_{i,t} + u_{i,t}$$

⁷⁹ Wie zuvor erwähnt, liegen keine Inputpreise vor, sodass keine Kostenfunktion im eigentlichem Sinne berechnet wird.

⁸⁰ Siehe dazu bspw. Gugler et al. (2012).

⁸¹ Hierzu wurde der Wert 1E-10 verwendet.

⁸² Zur Parametertransformation finden jeweils Testrechnungen statt, in denen die hinreichend kleine Zahl, die zum Ersatz der Nullwerte eingesetzt wird, variiert wird, bis die Variationen zu keinen signifikanten Änderungen des durchschnittlichen Frontier Shifts über alle Netzbetreiber mehr führen und stabile Ergebnisse erreicht werden.

⁸³ Die Vorgehensweise ist angelehnt an Coelli et al. (2005).

Die Gesamtkosten (*totex*) eines Netzbetreibers *i* zum Zeitpunkt *t* werden hierbei erklärt durch die *n* verschiedenen Outputvariablen gemäß den Effizienzvergleichen. Daneben wird die Paneldatenstruktur berücksichtigt durch den Zeitdummy *t*, der sowohl einfach als auch durch eine Multiplikation mit den jeweiligen Outputs Eingang in die Schätzgleichung findet.⁸⁴ Die β stellen die zu schätzenden Koeffizienten dar. Der Parameter v erfasst den stochastischen Fehlerterm und u steht für den Ineffizienzterm. Aus den geschätzten Parametern dieser Gleichung lässt sich unmittelbar der Frontier Shift (FS) gemäß folgender Formel ermitteln:

$$(4-3) \quad FS = \exp \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \ln(totex_{i,s})}{\partial s} + \frac{\partial \ln(totex_{i,t})}{\partial t} \right] \right\}$$

Der berechnete Frontier Shift entspricht dem geometrischen Mittel der partiellen Ableitungen nach beiden Perioden. Im Falle der obigen Schätzgleichung entspricht dies der Exponentialfunktion des arithmetischen Mittels der beiden logarithmierten Ableitungen.⁸⁵

Ergebnisaggregation

Wie zuvor bereits an verschiedenen Stellen angemerkt, gilt es unterschiedliche Spezifikationen bei der Bestimmung des Frontier Shifts für die Verteilnetzbetreiber Strom / Gas zu unterscheiden. Konkret sind folgende Spezifikationen zu rechnen:

- **stotex vs. totex:** In Anlehnung an die Vorgehensweise bei den Effizienzvergleichen sind Spezifikationen mit den Gesamtkosten als auch mit den standardisierten Gesamtkosten zu rechnen. Die Verwendung einer standardisierten Kostenbasis erhöht die Vergleichbarkeit zwischen den Netzbetreibern, sodass mögliche Verzerrungen aufgrund unterschiedlicher Altersstrukturen der Netzbetreiberanlagen und der unterschiedlichen Verwendung von Abschreibungs- und Aktivierungspraktiken reduziert werden.⁸⁶
- **DEA vs. SFA:** Ebenfalls analog zu den Effizienzvergleichen sind die beiden Kostenarten jeweils mittels DEA und SFA zu rechnen. Durch die Anwendung dieser unterschiedlichen Methoden können die Stärken beider ideal miteinander verbunden werden. Die Stärken der einen Methode gleichen gewissermaßen die Schwächen der anderen Methode aus.⁸⁷ Aus den ersten beiden Punkten folgen somit die bekannten vier Grundspezifikationen, die auch im Effizienzvergleich verwendet werden, um den Frontier Shift zu ermitteln:
 - FS_DEA_totex
 - FS_DEA_stotex

⁸⁴ Letzteres ermöglicht die Erfassung nicht neutraler Frontier Shift Effekte.

⁸⁵ Der dargestellten Berechnungslogik liegt die implizite Annahme konstanter Skalenerträge zugrunde, sodass die Veränderung der Produktivität dem Frontier Shift entspricht. Theoretisch wäre es auch möglich, variable Skalenerträge durch einen zusätzlichen Term zu berücksichtigen. Dies würde jedoch im gegenständlichen Kontext der Vergleichbarkeit von DEA und SFA Ergebnissen zuwiderlaufen, weshalb diese Vorgehensweise hier nicht weiter verfolgt wird.

⁸⁶ Vgl. ARegV § 14 Absatz 1 Nr. 3.

⁸⁷ Siehe Abschnitt 3.1.1.

- FS_SFA_totex
- FS_SFA_stotex
- **RP1 vs. RP2:** Für alle bisherigen vier Spezifikationen werden Rechnungen jeweils auf Basis der Outputparameter der beiden das Stützintervall aufspannenden Effizienzvergleiche durchgeführt. Gegenwärtig sind dies die Effizienzvergleiche für die erste (RP1) und zweite Regulierungsperiode (RP2).⁸⁸
- **rp1_2 vs. rp2_3:** Unter der Annahme, dass Daten für die dritte Regulierungsperiode zur Verfügung stehen, werden analog zum vorhergehenden Punkt die Spezifikationen jeweils auf Basis der Outputparameter der Effizienzvergleiche für die zweite (RP2) und dritte Regulierungsperiode (RP3) berechnet.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie für den Strom- und Gassektor jeweils ein einheitlicher Wert für den generellen X-Faktor bestimmt werden kann. An dieser Stelle wird zunächst die Vorgehensweise für die Verteilnetze thematisiert.⁸⁹

Die Aggregation der Ergebnisse im Verteilnetzbereich Strom bzw. Gas erfolgt in zwei Schritten. Ein zusätzlicher dritter Schritt wird notwendig werden, wenn die entsprechenden Netzbetreiberdatensätze für die dritte Regulierungsperiode verfügbar sind.

1. **Schritt 1:** Aggregation pro Spezifikation über alle Netzbetreiber
 - a. **Schritt 1a:** Berechnung der insgesamt acht Spezifikationen. Dies sind die vier Grundspezifikationen entsprechend der im Benchmarking verwendeten Ansätze (SFA und DEA jeweils auf Basis der Gesamtkosten und standardisierten Gesamtkosten). Diese werden wiederum jeweils auf Basis der Outputparameter des ersten und zweiten Effizienzvergleichs berechnet.
 - b. **Schritt 1b:** Durchschnittsbildung pro Spezifikation. Innerhalb einer Spezifikation werden durch den Malmquist Index netzbetreiberspezifische Werte für den Frontier Shift ermittelt. Daher wird für jede Spezifikation jeweils das ungewichtete arithmetische Mittel über alle beteiligten Netzbetreiber gebildet.⁹⁰
2. **Schritt 2:** Aggregation über alle Spezifikationen

⁸⁸ Siehe hierzu auch die Ausführungen im Punkt „Untersuchte Stichprobe“.

⁸⁹ Die Diskussion um die Festlegung eines einheitlichen Wertes für die Strom- bzw. Gasnetze unter Einbeziehung der Übertragungs- bzw. Fernleitungsnetze ist Gegenstand von Kapitel 7.1.

⁹⁰ Möglich wäre auch eine gewichtete Durchschnittsbetrachtung bspw. gemäß der Unternehmensgröße. Bei einer hohen Korrelation zwischen der Unternehmensgröße und dem berechneten Frontier Shift, würde dies für eine kostengewichtete Durchschnittsbildung und gegen einen ungewichteten Ansatz sprechen. Um dies zu testen, haben wir die jeweiligen Korrelationskoeffizienten zwischen der Unternehmensgröße gemessen durch die Gesamtkosten bzw. die standardisierten Gesamtkosten und den mit DEA oder SFA berechneten Frontier Shift Werten bestimmt. Es zeigt sich, dass der Korrelationskoeffizient in allen Spezifikationen betragsmäßig stets geringer ist als 0,5. Demzufolge ist von einer hohen Korrelation zwischen Unternehmensgröße und Frontier Shift nicht auszugehen, weshalb die Frage nach einer Kostengewichtung bei der Bestimmung des Frontier Shift nicht weiter verfolgt wird. Ein weiteres Argument ist, dass eine Kostengewichtung der Annahme nicht fallender bzw. konstanter Skalenerträge zuwiderlaufen würde.

- a. **Schritt 2a:** Für jede der vier Grundspezifikationen wird das geometrische Mittel aus den beiden Varianten der zugrunde gelegten Outputparameter gebildet.⁹¹
- b. **Schritt 2b:** Aggregation der vier Grundspezifikationen zu einem einheitlichen Wert. Dies kann prinzipiell mittels einer Best-of Abrechnung, Worst-of Abrechnung oder ungewichteten Durchschnittsbildung geschehen. Bei einer Durchschnittsbetrachtung basiert der finale Wert des Frontier Shifts auf vier verschiedenen Grundspezifikationen und bietet dadurch den Vorteil, dass spezifische Vor- und Nachteile eines Ansatzes ausgeglichen werden können. Bei einem Best-of oder Worst-of Ansatz wäre der finale Wert dagegen das Ergebnis einer einzigen Spezifikation. Dies bedeutet, dass nur eine der vier berechneten Spezifikationen den finalen Wert des Frontier Shifts determinieren würde, was der ursprünglichen Intention der Verwendung verschiedener Methoden zuwiderläuft.⁹² Aus diesem Grund erfolgt die Bestimmung mittels einer ungewichteten (d.h. gleichgewichteten) Durchschnittsbildung über alle vier Ansätze (\emptyset -FS_rp1_2).
3. **Schritt 3:** Stehen die Netzbetreiberdaten für die dritte Regulierungsperiode zur Verfügung, sind die Schritte 1 und 2 jeweils sowohl für den Periodenvergleich RP1 und RP2 (rp1_2) durchzuführen als auch für den Vergleich RP2 und RP3 (rp2_3). Um die beiden Ergebnisse, \emptyset -FS_rp1_2 und \emptyset -FS_rp2_3, zu aggregieren und einen Wert für das gesamte nun aufgespannte Stützintervall zu erhalten, wird das geometrische Mittel aus beiden Ergebnissen gebildet.⁹³

Abbildung 4-1 fasst dies zusammen und illustriert die gesamte Vorgehensweise inklusive der einzelnen Zwischenschritte. Durch dieses Vorgehen wird gewährleistet, dass möglichst alle aus den Effizienzvergleichen bisher zur Verfügung stehenden Informationen sachgerecht in die Berechnungen einfließen.

Die Überführung eines auf Basis des Kostenmalmquists ermittelten Frontier Shifts, z.B. \emptyset -FS_rp1_2 in Schritt 2b, in eine durchschnittliche jährliche Veränderungsrate über das betrachtete Stützintervall T (in Jahren) erfolgt gemäß:

⁹¹ Siehe hierzu auch die Ausführungen im Punkt „Untersuchte Stichprobe“, insbesondere Formel 4-1. Das Vorgehen ist analog zum Malmquist Index, der sich aus dem geometrischen Mittel der Malmquist Indices in Bezug auf die jeweilige Referenztechnologie der beiden beteiligten Perioden ergibt, da es keine eindeutige Vorteilhaftigkeit für eine der beiden Referenztechnologien gibt. Im vorliegenden Fall stellen die verwendeten Outputparameter, auf die sich die Rechnung stützt, gewissermaßen das Analogon zu den Referenztechnologien beim Malmquist Index dar.

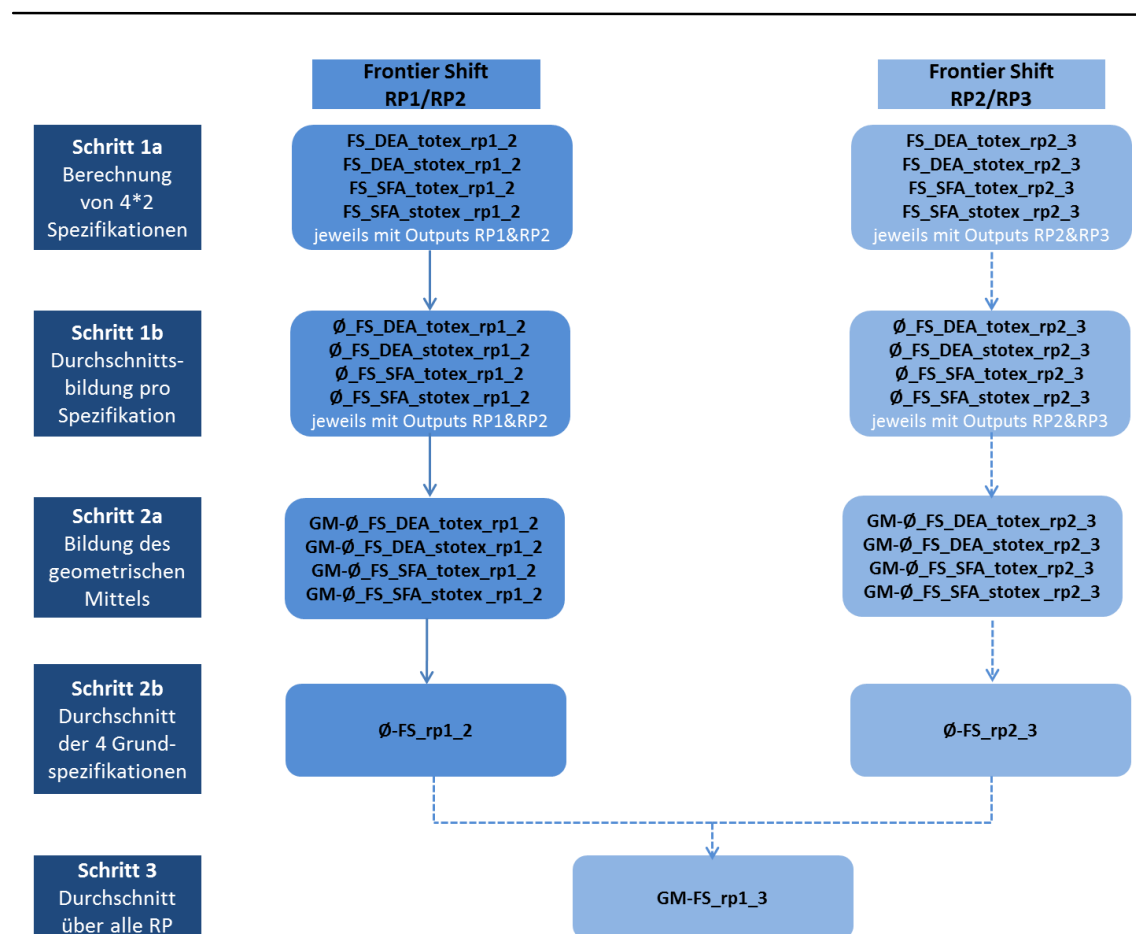
⁹² Der statische Effizienzvergleich zielt auf die Ermittlung individueller Effizienzwerte der Netzbetreiber, so dass in diesem Fall die Wahl des Best-of Ansatzes der Wahrung des Vorsichtsprinzips dient. Im Gegensatz zu den netzbetreiberspezifischen Effizienzwerten beim statischen Effizienzvergleich gibt der Frontier Shift Auskunft über die durchschnittliche Produktivitätsveränderung des Sektors. Mithin ist er als branchenweiter Durchschnitt über alle Netzbetreiber zu bilden. So ist es im Kontext der Bestimmung des Frontier Shifts sinnvoll, dass aufgrund spezifischer Vor- und Nachteile alle Methoden (DEA/SFA und Totex/sTotex) den finalen Wert mit determinieren, um dem Vorsichtsprinzip gerecht zu werden.

⁹³ Da auch beim Törnquist Index das geometrische Mittel zur Verdichtung von Zeitreihen zu einem Wert für den Produktivitätsfaktor angewendet wird, wird an dieser Stelle aus Konsistenzgründen analog vorgegangen. Zum Törnquist Index und der Begründung für die Verwendung des geometrischen Mittels siehe Abschnitt 3.1.2, insbesondere Fußnote 39.

$$(4-4) \quad \Delta TFP_T^{Netz} = \sqrt[T]{\emptyset_{FS_rp1_2}} - 1 \quad [\text{in \% p.a.}]$$

In Schritt 3 ist zu beachten, dass GM-FS_rp1_3 bereits ein geometrisches Mittel ist, so dass nur T/2 anzuwenden ist. Bei Gas ist zudem den unterschiedlichen Längen der beiden beteiligten Regulierungsperioden Rechnung zu tragen.

Abbildung 4-1: Ergebnisaggregation bei der Ermittlung des Frontier Shifts mittels des Malmquist Indexes



5 Produktivitätsdifferenzial nach Törnquist

Nachdem in Abschnitt 3.1.2 die Grundlagen der Berechnungen von Produktivitätsänderungen auf Basis des Törnquist Mengenindex auszuführen wurden, wird im Folgenden dargestellt, wie diese Methodik zur Bestimmung des generellen X-Faktors umgesetzt wird. Abschnitt 0 beschreibt das Vorgehen und die Datengrundlage für Berechnungen für die Gesamtwirtschaft.⁹⁴ Hinsichtlich der sektoralen Produktivitätsänderungen sollte die Datenbasis eine möglichst hohe Aussagekraft hinsichtlich der Entwicklungen bei den Energienetzen haben. Dies wäre bei VGR Daten auf der Vierstellerebene gewährleistet. Die Dreistellerebene würde über die Aggregate Elektrizitäts- (WZ08-35.1) und Gasversorgung (WZ08-35.2) noch eine Differenzierung nach Strom und Gas ermöglichen. Wie in Annex B erläutert wird, sind die auf diesen Gliederungsebenen durch das Statistische Bundesamt veröffentlichten Informationen weder direkt noch indirekt für den gegebenen Kontext verwertbar. Dies ist nur für die zweite Gliederungsebene über das Aggregat Energieversorgung (WZ08-D) der deutschen VGR gegeben, die in Abschnitt 5.2 näher beleuchtet wird. Eine Annäherung an die Vierstellerebene über die Bildung eines synthetischen Indexes unter Verwendung von Daten auf Zweistellerebene wird in Abschnitt 5.3 ausgeführt.

5.1 Gesamtwirtschaft

5.1.1 Vorgehen

Da eine Veränderungsrate für die gesamtwirtschaftliche Produktivität berechnet werden soll, sind für den Output- und Inputindex preisbereinigte (reale) Größen bzw. reine Mengengrößen zu verwenden. Der Outputindex in Formel (3-14) kann, wie in Abschnitt 3.1.2.2 ausgeführt, entweder auf Basis des Produktionswertes oder auf Basis der Bruttowertschöpfung ermittelt werden. Da sich keine klare Vorteilhaftigkeit ableiten lässt, sollten beide Rechnungen durchgeführt werden, um robustere Ergebnisse zu erhalten. Der Outputindex ergibt sich als:

$$(5-1) \quad Q_t^o = \frac{y_t}{y_{t-1}}, \text{ mit}$$

y_t : preisbereinigter Produktionswert (bzw. preisbereinigte Bruttowertschöpfung) zum Zeitpunkt t als Outputindikator.

Wenn der Produktionswert zur Abbildung des Outputs Eingang findet, wird der Inputindex auf Basis der drei Faktoren Arbeit, Kapital und Vorleistungen gemäß folgender Formel berechnet:

⁹⁴ Wie in den Abschnitten 3.2.2 und 3.4 erläutert, kann durch die Residualbetrachtung auf die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Einzelgrößen verzichtet und direkt auf den VPI zurückgegriffen werden. Aus Gründen der Vollständigkeit führen wir nachrichtlich auch die Produktivitätsberechnungen für die Gesamtwirtschaft aus, zumal sie deckungsgleich mit denen für die Zweistellerebene (Energieversorgung) sind.

$$(5-2) \quad Q_t^i = \left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)^{\Omega_{L,t}} \cdot \left(\frac{K}{K_{t-1}}\right)^{\Omega_{K,t}} \cdot \left(\frac{V_t}{V_{t-1}}\right)^{\Omega_{V,t}}, \text{ mit}$$

L_t : Indikator für den Faktor Arbeit zum Zeitpunkt t ,

K_t : Indikator für den Faktor Kapital zum Zeitpunkt t ,

V_t : Indikator für den Faktor Vorleistungen zum Zeitpunkt t ,

L_t : Indikator für den Faktor Arbeit zum Zeitpunkt t und

$\Omega_{L,t}, \Omega_{K,t}, \Omega_{V,t}$: Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Inputfaktoren zum Zeitpunkt t .

Für die Gewichtungsfaktoren wird gemäß Formel (3-17) der einfache Durchschnitt aus den Jahren t und $t-1$ gewählt. Die Verwendung von Zweijahresdurchschnitten ist bei TFP Betrachtungen weit verbreitet und beinhaltet eine leichte Glättung von zeitpunktbezogenen Sondereffekten.⁹⁵ Da es sich bei den Gewichtungsfaktoren um Wertanteile handelt, gehen nominale Größen in die Berechnung ein. Der Gewichtungsfaktor für die Vorleistungen (Vorleistungsquote) ergibt sich als:

$$(5-3) \quad \Omega_{V,t} = \left[\left(\frac{\text{nom.Vorleistungen}_t}{\text{nom.Produktionswert}_t} \right) + \left(\frac{\text{nom.Vorleistungen}_{t-1}}{\text{nom.Produktionswert}_{t-1}} \right) / 2 \right]$$

Die Lohnquote gibt grundsätzlich an, welcher Anteil des Volkseinkommens auf die Entlohnung des Faktors Arbeit entfällt. Bei Produktivitätsberechnungen wird üblicherweise die bereinigte Lohnquote verwendet, die auch die Entlohnung von Selbstständigen beinhaltet (kalkulatorischer Unternehmerlohn).⁹⁶ Unter der Annahme, dass Selbstständige im Durchschnitt gleich viel verdienen wie Arbeitnehmer, ergibt sich der Gewichtungsfaktor für Arbeit als:⁹⁷

$$(5-4) \quad \Omega_{L,t} = \left[\left(\frac{\frac{\text{Arbeitnehmerentgelt}_t}{\text{Arbeitnehmer}_t}}{\frac{\text{nom.Bruttowertschöpfung}_t}{\text{Erwerbstätige}_t}} \right) + \left(\frac{\frac{\text{Arbeitnehmerentgelt}_{t-1}}{\text{Arbeitnehmer}_{t-1}}}{\frac{\text{nom.Bruttowertschöpfung}_{t-1}}{\text{Erwerbstätige}_{t-1}}} \right) / 2 \right] \cdot (1 - \Omega_{V,t}),$$

wobei die bereinigte Lohnquote noch mit $(1 - \Omega_{V,t})$ multipliziert wird.

Da sich die Gewichtungsfaktoren aller drei Faktoren zu Eins summieren, ergibt sich der Gewichtungsfaktor für Kapital residual als:

$$(5-5) \quad \Omega_{K,t} = 1 - (\Omega_{L,t} + \Omega_{V,t}).$$

Wird die Bruttowertschöpfung als Output verwendet, entfällt der Faktor Vorleistungen in Formel (5-2). Zur Ermittlung der Gewichtungsfaktoren wird $\Omega_{V,t} = 0$ gesetzt.⁹⁸

⁹⁵ Aus Testrechnungen geht hervor, dass es nur zu unwesentlichen Abweichungen kommt, wenn die Quoten anstelle auf Basis des Zweijahresdurchschnitts auf Basis des Jahres t berechnet werden. Da die Indizes jedoch selbst Informationen aus t und $t-1$ beinhalten, erscheint der Zweijahresdurchschnitt auch aus Gründen der Konsistenz geeigneter.

⁹⁶ Vgl. z.B. Hauf (1997).

⁹⁷ Vgl. z.B. Wiegmann (2003) und Polynomics (2011).

⁹⁸ Dies ist bei der Verwendung der Inputpreise zu beachten. Wenn die Wachstumsrate für die TFP auf Basis der Bruttowertschöpfung berechnet wird, muss diese Wachstumsrate im Rahmen der Ermittlung des generellen X-Faktors entsprechend mit Inputpreisindefizes verknüpft werden, die keine Vorleistungen enthalten. Siehe auch Kapitel 6.

Durch Einsetzen der Formeln (5-1) und (5-2) in (3-14) können anschließend die jährlichen TFP Indices nach Törnquist berechnet werden. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für die gesamtwirtschaftliche Produktivität über das betrachtete Stützintervall kann anschließend unter Verwendung von Formel (3-18) ermittelt werden.

5.1.2 Datengrundlage

Da Zeiträume vor 1991 aufgrund des durch die Wiedervereinigung bedingten Strukturbruchs auf jeden Fall vermieden werden sollten, kann auf die Online-Datenbank GENESIS des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen werden. GENESIS ist die Hauptdatenbank des Statistischen Bundesamtes. Sie enthält ein breites Themenspektrum fachlich tief gegliederter Ergebnisse der amtlichen Statistik.⁹⁹ Für alle langen Reihen des Statistischen Bundesamtes bietet GENESIS in der Regel Informationen ab 1991 an. Wird den Ausführungen zum Stützintervall in Abschnitt 0 gefolgt, sollten aufgrund der Liberalisierung der Energiemärkte und der Verwendung gleicher Stützintervalle für alle in die Berechnung von X_{gen} eingehenden Größen Zeiträume frühestens ab 1998 in die Betrachtungen einbezogen werden.

Für den Output- und Inputindex sind preisbereinigte (reale) Größen bzw. reine Mengengrößen zu verwenden. Preisbereinigte Daten liegen in Form von Kettenindices in GENESIS vor. Für die Abbildung des Outputs wird entweder der **Produktionswert** oder die **Bruttowertschöpfung** verwendet. Die Indikatoren für die Inputfaktoren sind ebenfalls offensichtlich. Als Index für die Vorleistungen wird die Zeitreihe **Vorleistungen** aus GENESIS herangezogen. Als Indikator für Arbeit dient die Zeitreihe **Arbeitsstunden der Erwerbstätigen**. Der Faktor Kapital wird durch das **Bruttoanlagevermögen** abgebildet. In die Gewichtungsfaktoren gehen überwiegend nominale Größen ein (Angaben zu Wiederbeschaffungspreisen). Während für die Gesamtwirtschaft in der Regel Werte bis 2015 (Stand Ende November 2016) zur Verfügung stehen, ist das Bruttoanlagevermögen der limitierende Faktor für die TFP Berechnungen, für das Werte bis 2014 vorhanden sind, so dass ein (t-2)-Verzug zum aktuellen Rand der Berechnungen entsteht. Dies bedeutet, dass in 2016 durchgeführte Rechnungen maximal ein Stützintervall bis 2014 beinhalten.

Die Angaben zum Bruttoanlagevermögen bestehen zudem aus drei Einzelkategorien: Anlagen (K_1), Ausrüstungen und sonstige Anlagen (K_2) sowie Bauten (K_3). Diese sind zunächst in einem vorbereitenden Schritt zu einem Einzelindex für das Bruttoanlagevermögen (K) zu verdichten: Die drei Einzelkategorien liegen als reale und nominale Größen vor. Die Verdichtung erfolgt daher mittels einer auf Basis der Wertanteile gewichteten Summation der preisbereinigten Einzelindices:¹⁰⁰

$$(5-6) \quad K_t = \sum_{i=1}^3 \alpha_{i,t} \cdot K_{i,t}, \text{ mit}$$

⁹⁹ Der Tabellenabruf ist kostenfrei. Für weitere Informationen siehe www.destatis.de.

¹⁰⁰ Die Verwendung einer an den Törnquist Index angelehnten Verdichtung würde eine Substituierbarkeit der Einzelkategorien unterstellen und zu einer Vermischung der Mittelwertbildungen für die Wertanteile in den Gewichtungsfaktoren zwischen Verdichtung und übergeordnetem Inputindex führen, was an dieser Stelle nicht sachgerecht ist.

$$\alpha_{i,t} = \frac{K_{i,t}^{nom}}{\sum_{i=1}^3 K_{i,t}^{nom}}: \quad \text{Wertanteil der Einzelkategorie i zum Zeitpunkt t,}$$

$K_{i,t}$: preisbereinigter Wert der Einzelkategorie i zum Zeitpunkt t,

$K_{i,t}^{nom}$: Wert zu Wiederbeschaffungspreisen der Einzelkategorie am i zum Zeitpunkt t.

Die für die TFP Rechnungen auf Ebene der Gesamtwirtschaft verwendeten Zeitreihen sind zusammenfassend in Tabelle 6-1 aufgelistet. GENESIS stellt die einzelnen Sachverhalte in nummerierten Tabellen zur Verfügung (Quelle GENESIS). Ein Sachverhalt (z.B. Produktionswert) wird in GENESIS sowohl für die Gesamtwirtschaft (Kategorie „alle Wirtschaftsbereiche“, Kennung WZ08-A-02) als auch für 90 Wirtschaftsbereiche der zweiten Gliederungsebene (Zweistellerebene) bereitgestellt. Für die Gesamtwirtschaft wird daher innerhalb der entsprechenden Tabellen auf die Zeitreihen mit der Kennung WZ08-A-02 zurückgegriffen.

Tabelle 5-1: Zeitreihen zur Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen TFP Entwicklung

Zeitreihe	Grundlage für	Quelle GENESIS (Tabelle Nr.)
Produktionswert (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für Output	81000-0101
Bruttowertschöpfung (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für Output	81000-0103
Vorleistungen (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für den Faktor Vorleistungen	81000-0102
Arbeitsstunden der Erwerbstätigen	Indikator für den Faktor Arbeit	81000-0114
Anlagen (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für den Faktor Kapital (Bruttoanlagevermögen)	81000-0116
Ausrüstungen und sonstige Anlagen (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für den Faktor Kapital (Bruttoanlagevermögen)	81000-0116
Bauten (preisbereinigt, Kettenindex 2010=100)	Indikator für den Faktor Kapital (Bruttoanlagevermögen)	81000-0116
Vorleistungen (Wiederbeschaffungspreise, Mrd. EUR)	Vorleistungsquote	81000-0102
Produktionswert (in jeweiligen Preisen, Mrd. EUR)	Vorleistungsquote	81000-0101
Arbeitnehmerentgelte (Mrd. EUR)	Lohnquote	81000-0110
Arbeitnehmer (1000)	Lohnquote	81000-0113
Erwerbstätige (1000)	Lohnquote	81000-0112
Bruttowertschöpfung (in jeweiligen Preisen, Mrd. EUR)	Lohnquote	81000-0103
Anlagen (Wiederbeschaffungspreise, Mrd. EUR)	Gewichtung Bruttoanlagevermögen	81000-0116
Ausrüstungen und sonstige Anlagen (Wiederbeschaffungspreise, Mrd. EUR)	Gewichtung Bruttoanlagevermögen	81000-0116
Bauten (Wiederbeschaffungspreise, Mrd. EUR)	Gewichtung Bruttoanlagevermögen	81000-0116

5.2 Energieversorgung (Zweistellerebene)

Die Berechnungen der sektoralen Veränderungsraten für den technischen Fortschritt auf Basis des Törnquist Mengenindex für die Zweistellerebene greifen auf Informationen des Statistischen Bundesamtes für den Abschnitt Energieversorgung (WZ08-D) zurück. Dabei handelt es sich um die zweite Ebene der Gliederungssystematik der deutschen VGR. Da sich die Zeitreihen für die Gesamtwirtschaft aus den entsprechenden Größen der zweiten Gliederungsebene ableiten lassen, kann direkt an die Ausführungen zur Gesamtwirtschaft im vorhergehenden Abschnitt angeknüpft werden.

5.2.1 Vorgehen

Die Berechnungen erfolgen analog zur Gesamtwirtschaft. Es wird daher auf die Ausführungen in Abschnitt 5.1.1 verwiesen.

5.2.2 Datengrundlage

Auch hinsichtlich der Datengrundlage wird auf die gleichen Quellen wie bei der Gesamtwirtschaft zurückgegriffen (siehe insbesondere Tabelle 6-1). Innerhalb der Tabellen von GENESIS wird auf Zeitreihen mit der Kennung WZ08-D zurückgegriffen, die die entsprechenden Daten für die Energieversorgung beinhalten. Hinsichtlich der zeitlichen Verfügbarkeit der Daten ist anzumerken, dass in Relation zur Gesamtwirtschaft sektorale Daten auf Zweistellerebene häufig etwas zeitversetzt veröffentlicht werden. So standen sektorale Informationen aus der Vermögensrechnung zum Bruttoanlagevermögen für 2014 erst Ende August dieses Jahres zur Verfügung, während sie für die Gesamtwirtschaft bereits deutlich früher veröffentlicht wurden.

Grundsätzlich bietet die Berechnung der sektoralen TFP-Entwicklung auf Basis der Energieversorgung den Vorteil, lange Stützintervalle abdecken zu können. Durch den Rückgriff auf Daten des Statistischen Bundesamtes wird zudem eine über das Stützintervall größtenteils konsistente Datenbasis gewährleistet. Darüber hinaus sind die Aggregate auf Zweistellerebene nach der Gesamtwirtschaft naturgemäß aufgrund ihrer Größe geringeren Schwankungen unterworfen als z.B. die nachgeordneten Wirtschaftszweige. Sie sind daher auch weniger anfällig gegenüber Änderungen in der Erhebungssystematik. All diese Punkte tragen zu einer gewissen Robustheit der Ergebnisse bei. Allerdings ist die Aussagekraft in Hinblick auf die gegenständliche Fragestellung, die Ermittlung des technologischen Fortschritts von Netzbetreibern, nur bedingt gegeben, da die Zeitreihen die gesamte Wertschöpfungskette des Elektrizitäts- und Gassektors sowie die Wärme- und Kälteversorgung umfassen, während die Gasfernleitungsnetze gar nicht erfasst sind. Auf Zweistellerebene sind sie Bestandteil des Aggregats WZ08-H (Verkehr und Lagerei). Somit kann auch nicht nach Strom und Gas differenziert werden. Eine weitere Ungenauigkeit ist dem Umstand geschuldet, dass Unternehmen in der VGR nach ihrer Haupttätigkeit den Wirtschaftszweigen zugeordnet wer-

den. Dies bedeutet, dass ein Netzbetreiber, der einem Unternehmen angehört, das größtenteils nicht im Energiebereich tätig ist, einem anderen Wirtschaftszeug zugeordnet ist. Auf der anderen Seite werden Nebentätigkeiten eines Energieunternehmens, die unter Umständen nicht energiebezogen sind, unter das Aggregat Energieversorgung subsumiert.

5.3 Netzbetreiber (Vierstellerebene)

In Ermangelung spezifischer Daten zur Berechnung der Totalen Faktorproduktivität auf Netzbetreiberebene wird ein synthetischer Index gebildet, der die Berechnung der TFP ebenso erlaubt. Dabei wird der Netzbetrieb jeweils für Strom und Gas aus den Daten anderer Wirtschaftszweige, die auf Zweistellerebene vorhanden sind, modelliert.

Zunächst sei vorangestellt, dass sich bei der Bildung eines synthetischen Index gewisse Freiheitsgrade ergeben. Dies folgt insbesondere aus der Wahl der Wirtschaftszweige und der Zuweisung der Wirtschaftszweige zu verschiedenen Kostenkategorien (Arbeit, Kapital etc.) und deren Gewichtung. Ein synthetischer Index kann daher das Fehlen der Daten auf Vierstellerebene nur insofern heilen, als dass er im Auge eines objektiven Betrachters mit größtmöglicher Sachgerechtigkeit gebildet wird und somit allgemein transparent und nachvollziehbar ist.

5.3.1 Beschreibung synthetischer Index

Das Verfahren zur Bildung eines synthetischen Index ist mehrstufig. Zunächst werden Wirtschaftszweige identifiziert, die vergleichbare Tätigkeiten mit denen eines Strom- bzw. Gasnetzbetreibers aufweisen. Die Auswahl basiert darauf, dass die aufgeführten Aktivitäten direkt in den Wirtschaftszweigen beinhaltet sind oder Ähnlichkeit zu den jeweiligen Aktivitäten und Kostenkategorien aufweisen, so dass eine ähnliche Entwicklung der Kosten und der Produktivitätsfortschritte wie bei Energienetzbetreibern gegeben ist.¹⁰¹

Im zweiten Schritt werden den Wirtschaftsbereichen die Anteile verschiedener Kostenkategorien (Materialkosten, Personalkosten, Kapitalkosten etc. zugeordnet). Dies erfolgt anhand der Anteile dieser Kostenkategorien im Ausgangsniveau der ersten und zweiten Regulierungsperiode jeweils für Strom und Gas. Tabelle 5-2 zeigt die Vorgehensweise anhand eines fiktiven Beispiels.

¹⁰¹ Vgl. Stronzik u. Bender (2014).

Tabelle 5-2: Fiktives Beispiel zur Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index

Anteil der Kostenkategorien lt. Ausgangsniveau	20%	30%	50%	
Wirtschaftsbereich	Personalkosten	Kapitalkosten	Materialkosten	Gesamtanteil am Index
A	20%	30%	50%	43,47%
B		30%	50%	34,78%
C	20%			8,70%
D		30%		13,05%
				100,00%

Die Zuordnung erfolgt auf Basis der objektiven Vergleichbarkeit der Tätigkeiten. Nach der Bildung der Anteile ist es möglich, die Input- und Outputgrößen der einzelnen Wirtschaftszweige mit diesen Anteilen zu gewichten und jeweils einen Input- und einen Outputindex zu bilden.

Für den Inputindex kann jeweils ein Arbeits- Kapital- und Vorleistungsindex gebildet werden. Aus diesen Indizes wird durch entsprechende Gewichtung (Lohnquote, Kapitalquote und Vorleistungsquote) der Inputindex des Bruttoproduktionswertes berechnet (analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 5.1.1). Für die Berechnung des Inputindex der Bruttowertschöpfung bleiben die Vorleistungen entsprechend unberücksichtigt. Als Outputindex kann jeweils der Bruttoproduktionswert bzw. die Bruttowertschöpfung berechnet werden.

Die Input- und Outputgrößen der gewählten Wirtschaftsbereiche entsprechen dabei den für die Gesamt- bzw. Energiewirtschaft verwendeten Zeitreihen (vgl. Abschnitt 5.1.2, insbesondere Tabelle 5-1). Die finale Berechnung der totalen Faktorproduktivität erfolgt durch den Quotienten des Output- und Inputindex.

5.3.2 Datengrundlage: Kostenkategorien und Vorschläge für Wirtschaftszweige

Wie im letzten Abschnitt beschrieben, erfolgt die Berechnung der Anteile, mit dem die einzelnen Wirtschaftsbereiche in den Index eingehen, durch die Zuordnung von Wirtschaftszweigen zu einzelnen Kostenkategorien eines Netzbetreibers. Die konkreten Kostenkategorien sind:

- Materialkosten
- Personalkosten
- Zinsen und ähnliche Aufwendungen
- Sonstige betriebliche Aufwendungen

- Abschreibungen
- Kalk. Eigenkapitalzinsen
- Kalk. Gewerbesteuer

Im Folgenden werden die Wirtschaftszweige für den Strom- und Gasbereich aufgeführt, die Eingang in den synthetischen Index finden. Die Auswahl des jeweiligen Wirtschaftszweiges wird jeweils argumentativ begründet. Die Auswahl der Wirtschaftszweige erfolgt auf Zweistellerebene, da nur auf dieser Ebene Daten für die Input- und Outputgrößen bisher veröffentlicht wurden

Wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, ist auch die Energieversorgung als eigenständiges Aggregat auf Zweistellerebene vorhanden. Sie wird zur Bildung eines synthetischen Index allerdings nicht verwendet, da unter diesem Aggregat Netzaktivitäten subsumiert sind und sich somit die Problematik einer doppelten Berücksichtigung ergäbe. Hier lehnt sich das Vorgehen an jenes Stronzik und Bender (2014) an. Dort wurde ein synthetischer Index für den Eisenbahninfrastruktursektor gebildet. Der Unterschied besteht hier allerdings in der Tatsache, dass ein eigenständiges Aggregat „Eisenbahnverkehr“ auf Zweistellerebene nicht existiert und somit eine Einbeziehung von vorneherein nicht in Frage kam.

Bei der Auswahl der Wirtschaftszweige wird auf die Haupttätigkeiten eines Netzbetreibers fokussiert. So sind z.B. Finanzaktivitäten keine Hauptaktivität eines Netzbetreibers. Diese sind Bestandteil der verwendeten Aggregate und werden somit auch abgedeckt. Die folgenden Wirtschaftsbereiche finden Eingang in den synthetischen Index.

5.3.2.1 Strom

Der erste Wirtschaftszweig (WZ), der zur Bildung des synthetischen Index für einen Stromnetzbetreiber herangezogen wird ist **„Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ08-25)“**. Dieser WZ ist wie folgt definiert: „Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Metallerzeugnissen (wie Bauelemente, Behälter und Konstruktionen), die in der Regel statisch und unbeweglich sind. Demgegenüber umfassen die Abteilungen 26-30 Kombinationen bzw. Montagen solcher Metallerzeugnisse (mitunter mit anderen Materialien) zu komplexeren Einheiten, die bewegliche Teile umfassen, sofern es sich nicht um rein elektrische, elektronische oder optische handelt.“¹⁰² Der WZ umfasst auch den Stahl- und Leichtmetallbau sowie die Herstellung von Metallkonstruktionen, also auch die Herstellung von Strommasten. Da der Netzbetreiber diese Erzeugnisse verbaut, jedoch nicht selbst herstellt, hat dieser WZ eher Vorleistungscharakter bzw. geht in die Kapitalkosten ein.

Der WZ **„Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (WZ08-27)“** umfasst „die Herstellung von Produkten, die Elektrizität erzeugen, verteilen und verwenden. Diese Abtei-

¹⁰² Statistisches Bundesamt (2008).

lung umfasst ferner die Herstellung elektrischer Beleuchtungs- und Signalgeräte sowie elektrischer Haushaltsgeräte.“¹⁰³ Diese Kategorie umfasst komplexere Systeme, die im Stromnetz verwendet werden. Die Tätigkeiten sind mit denen bei der Errichtung des Stromnetzes vergleichbar, das selbst eine komplexere elektrische Einheit darstellt. Auch hier gilt allerdings, dass der Netzbetreiber diese Erzeugnisse verbaut, jedoch nicht selbst herstellt. Dennoch geht der WZ in alle Kostenkategorien ein.

Die „**Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (WZ08-33)**“ beinhaltet „die Instandsetzung von hergestellten Waren zur Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit dieser Maschinen, Ausrüstungsgegenständen und anderen Erzeugnissen. Die Erbringung von allgemeinen oder regelmäßigen Wartungsarbeiten an derartigen Erzeugnissen, durch die eine optimale Funktion gewährleistet und Betriebsstörungen und unnötige Reparaturen vermieden werden sollen, fallen ebenfalls darunter. Diese Abteilung umfasst nur spezialisierte Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten. Ein beträchtlicher Teil dieser Arbeiten wird durch die Hersteller der Maschinen, Ausrüstungen und sonstigen Waren durchgeführt, die häufig dem Hersteller der Waren zuordnet.“¹⁰⁴ Die Wartung- und Instandhaltung bildet einen wesentlichen Teil der Aktivitäten eines Netzbetreibers. Dieser WZ geht daher in alle Kostenkategorien ein.

Der WZ „**Lagerei, sonstige Dienstleistungen für den Verkehr (WZ08-52)**“ umfasst „die Lagerei sowie die Erbringung von anderen Dienstleistungen für den Verkehr, wie den Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen (z. B. Flughäfen, Häfen, Tunnel, Brücken usw.), die Verkehrsvermittlung und den Frachtumschlag.“¹⁰⁵ Der WZ deckt die Lagerverwaltung und den Infrastrukturbetrieb eines NB ab. Er geht daher in die Kategorien Material-, Personal- und sonstige betriebliche Kosten ein.

Das WZ „**Telekommunikation (WZ08-61)**“ schließt „die Erbringung von Telekommunikationsdienstleistungen, d. h. die Übertragung von Sprache, Daten, Text, Ton und Bild“ ein. „Die Übertragungseinrichtungen können auf einer einzigen oder auf mehreren Technologien beruhen. Den in dieser Abteilung aufgeführten Tätigkeiten ist gemeinsam, dass zwar Inhalte übertragen, aber keine Inhalte hergestellt werden.“¹⁰⁶ Telekommunikation ist eine Aktivität, die durch alle Netzbetreiber in zunehmendem Maße durchgeführt wird. Sie geht daher in alle Kostenkategorien ein.

Der WZ „**Grundstücks- und Wohnungswesen (WZ08-L)**“ „umfasst den Kauf und Verkauf von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen, die Vermietung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen, die Erbringung sonstiger Dienstleistungen im Zusammenhang mit Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen, z. B. Schätzung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen oder die Tätigkeit als Treuhänder von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen. Die unter diesen Abschnitt fallenden Tätigkeiten können eigene oder gemietete Objekte betreffen und gegen Entgelt oder auf

¹⁰³ Ebenda.

¹⁰⁴ Ebenda.

¹⁰⁵ Ebenda.

¹⁰⁶ Ebenda.

Vertragsbasis ausgeübt werden. Dieser Abschnitt umfasst auch die Errichtung von Bauwerken, wenn der Errichter Eigentümer der Gebäude bleibt und sie vermietet. Zielt die Errichtung der Bauwerke auf einen späteren Verkauf oder die Nutzung von Anlagen zu Produktionszwecken ab, sind die Einheiten nicht hier einzuordnen, sondern in der Klasse 41.10 bzw. nach ihren operativen Tätigkeiten, z. B. Herstellung von Waren.“¹⁰⁷

Dieser WZ erfasst somit das Management der Liegenschaften eines Netzbetreibers. Er geht in die Kategorien Kapital und sonstige betriebliche Kosten ein.

Im WZ „**Baugewerbe (WZ08-F)**“ sind folgende Tätigkeiten enthalten: „Allgemeine und spezialisierte Hoch- und Tiefbautätigkeiten:

- Neubau, Instandsetzung, An- und Umbau, Errichtung von vorgefertigten Gebäuden und Bauwerken
- Bauliche Anlagen wie Autobahnen, Straßen, Brücken, Tunnel, Bahnverkehrsstrecken, Rollbahnen, Häfen und andere Wasserbauten, Bewässerungsanlagen, Kanalisationen, Industrieanlagen, Rohrleitungen und elektrische Kabelnetze
- *Bau von Leitungen zur Verteilung von elektrischem Strom* und von Fernmeldeleitungen sowie den Bau der damit untrennbar verbundenen Gebäude und Bauwerke“¹⁰⁸

In diesem WZ sind netzbetreiberspezifische Tätigkeiten enthalten, die der Errichtung und Instandsetzung von Infrastruktur dienen. Er geht daher in die Kategorien Personal und Kapital ein.

Schließlich enthält der WZ „**Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (WZ08-M)**“ „u.a. Rechtsberatung, Buchführung, Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben, Architektur- und Ingenieurbüros“. ¹⁰⁹ Er enthält somit sowohl netzbetreiberspezifische Tätigkeiten als auch F&E und findet daher Eingang in die Personal- und sonstigen betrieblichen Kosten. Tabelle 5-3 stellt die ausgewählten Wirtschaftszweige sowie deren Zuordnung zusammenfassend dar.

¹⁰⁷ Ebenda.

¹⁰⁸ Ebenda.

¹⁰⁹ Ebenda.

Tabelle 5-3: Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index für Stromnetzbetreiber

		1.1 Materialkosten	1.2 Personalkosten	1.3 Zinsen und ähnliche Aufwendungen	1.5 sonstige betriebliche Kosten	2 Abschreibungen	3 Kalk. Eigenkapitalzinsen	4 Kalk. Gewerbesteuer
	Anteil an den Gesamtkosten	x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%
WZ08-25	Herstellung von Metallerzeugnissen							
WZ08-27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen							
WZ08-33	Reparatur u. Installation von Masch. u. Ausrüstungen							
WZ08-52	Lagerei u. Erbringung von sonst. Dienstleistungen							
WZ08-61	Telekommunikation							
WZ08-L	Grundstücks- und Wohnungswesen							
WZ08-F	Baugewerbe							
WZ08-M	Freiberufliche, wiss. und techn. Dienstleistungen							

5.3.2.2 Gas

Für die Bildung eines synthetischen Index für einen Gasnetzbetreiber wird analog zum Strombereich vorgegangen.

Im Unterschied zum Stromsektor entfällt hierbei der Wirtschaftszweig „Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ08-25)“. Dafür wird der WZ **„Metallerzeugung und –bearbeitung (WZ08-24)“** aufgenommen. Er beinhaltet „die Tätigkeiten des Schmelzens und Legierens von Eisenmetallen und NE-Metallen aus Erz, Roheisen oder Schrott mit elektrometallurgischen und anderen metallurgischen Verfahren. Diese Abteilung umfasst ferner die Herstellung von Metalllegierungen und Superlegierungen durch Zugabe anderer chemischer Elemente zu reinen Metallen. Die nach dem Schmelzen und Legieren in der Regel in Blockform zur Verfügung stehenden Erzeugnisse werden durch Walz-, Zieh- und Extrusionsverfahren zu Platten, Blech, Bandstahl, Stabstahl, Stangen, Draht, Rohren oder Hohlprofilen bzw. in geschmolzener Form zu Gusserzeugnissen und anderen Grundmetallerzeugnissen verarbeitet.“¹¹⁰ Dies umfasst die Herstellung die Herstellung von Stahl- und Gusseisenrohren und entsprechenden Rohrarmaturen. Diese Elemente werden durch den Netzbetreiber verbaut. Sie gehen daher in die Material- und Kapitalkosten ein.

¹¹⁰ Ebenda.

Bestandteil der Berechnung ist auch der WZ „**Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (WZ08-22)**“. „Diese Abteilung umfasst die Herstellung von Erzeugnissen aus Gummi und Kunststoffen. Diese Abteilung wird durch die eingesetzten Rohstoffe charakterisiert. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Herstellung aller aus diesen Rohstoffen gefertigten Waren hier zugeordnet ist.“¹¹¹ Allerdings enthält der WZ u.a. die Herstellung von Kunststoffrohren. Diese Bestandteile werden durch den Netzbetreiber verbaut. Sie gehen daher in die Material- und Kapitalkosten ein.

Aufgenommen wird ebenfalls der WZ „**Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen (WZ08-49)**“. Er beinhaltet „die Beförderung von Personen und Gütern auf Straßen und Schienen sowie von Gütern in Rohrfernleitungen.“¹¹² Dies schließt auch den „Transport von Gasen, Flüssigkeiten, Schlämmen und anderen Gütern in Rohrfernleitungen“¹¹³ sowie den „Betrieb von Pumpstationen für Rohrfernleitungen“¹¹⁴ ein. Dieser WZ geht in alle Kostenkategorien ein.

Ansonsten gehen alle WZe, die auch für den Strombereich herangezogen wurden, in gleicher Weise in den Gassektor ein. Tabelle 5-4 stellt dies noch einmal übersichtsartig dar.

Tabelle 5-4: Vorgehensweise zur Bildung eines synthetischen Index für Gasnetzbetreiber

		1.1 Materialkosten	1.2 Personalkosten	1.3 Zinsen und ähnliche Aufwendungen	1.5 sonstige betriebliche Kosten	2 Abschreibungen	3 Kalk. Eigenkapitalzinsen	4 Kalk. Gewerbesteuer
	Anteil an den Gesamtkosten	x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%
WZ08-22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren							
WZ08-24	Metallerzeugung und –bearbeitung							
WZ08-33	Reparatur u. Installation von Masch. u. Ausrüstungen							
WZ08-49	Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen							
WZ08-52	Lagerei u. Erbringung von sonst. Dienstleistungen							
WZ08-61	Telekommunikation							
WZ08-L	Grundstücks- und Wohnungswesen							
WZ08-F	Baugewerbe							
WZ08-M	Freiberufliche, wiss. und techn. Dienstleistungen							

¹¹¹ Ebenda.

¹¹² Ebenda.

¹¹³ Ebenda.

¹¹⁴ Ebenda.

6 Einstandspreisdifferenzial

In diesem Abschnitt erfolgt eine detaillierte Erläuterung, wie das Einstandspreisdifferenzial gebildet wird und welche konkreten Überlegungen dazu angestellt wurden.

6.1 Gesamtwirtschaft

6.1.1 Vorgehen (Residualbetrachtung)

Unterstellt man in allen Wirtschaftsbereichen funktionierenden Wettbewerb, so setzt sich die Veränderung der gesamtwirtschaftliche Preisentwicklung (VPI) aus der Veränderung der Inputpreise und der Veränderung der Totalen Faktorproduktivität zusammen (vgl. Abschnitt 3.2.1):

$$(6-1) \quad \Delta P_{Input,t}^{GW} = \Delta P_{Output,t}^{GW} + \Delta TFP_t^{GW} = \Delta VPI_t + \Delta TFP_t^{GW}$$

Nach Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Totalen Faktorproduktivität (vgl. Abschnitt 0) ist es somit möglich, die Veränderung der Inputpreise als Residualgröße zu bestimmen. Dies hat den Vorteil, dass die Berechnung zum einen konsistent zur Bestimmung der TFP bleibt und zum andern mit dem VPI ein anerkannter Index der allgemeinen Preisentwicklung in die Formel eingeht.

6.1.2 Datengrundlage: Vorschläge für Zeitreihen

Die Berechnung erfolgt auf Basis der in Abschnitt 0 berechneten Werte für die Totale Faktorproduktivität und des Verbraucherpreisindex (VPI). Für den VPI werden die Werte des Statistischen Bundesamtes herangezogen, hier im Speziellen die Werte der „GENESIS-Tabelle 61111-0001: Verbraucherpreisindex (inkl. Veränderungsraten)“. Die Tabelle beinhaltet Werte für die Jahre 1991 bis 2015 (Stand 27.10.2016), so dass Veränderungsraten für die Jahre 1992 bis 2015 berechnet werden können. Analog zur TFP nach Törnquist können jährliche Wachstumsraten unter Verwendung des Logarithmus berechnet werden:¹¹⁵:

$$(6-2) \quad \Delta VPI_t = \ln(VPI_t) - \ln(VPI_{t-1}).$$

Von Interesse im Rahmen der Bestimmung des generellen X-Faktors ist jedoch nur die durchschnittliche jährliche Änderungsrate, die analog zum Vorgehen bei der TFP auf Basis des geometrischen Mittels über das betrachtete Stützintervall T (in Jahren) ermittelt wird:

$$(6-3) \quad \Delta VPI_T = \left(\prod_{t=1}^T \frac{VPI_t}{VPI_{t-1}} \right)^{1/T} - 1 \quad [\text{in \% p.a.}].$$

¹¹⁵ Dies weicht vom Vorgehen des Statistischen Bundesamtes ab, das Veränderungsraten in diskreter Form ausweist.

6.2 Energieversorgung (Zweistellerebene)

Die Berechnung des Inputpreises auf Zweistellerebene bildet die Ergänzung zur TFP-Berechnung auf Zweistellerebene (Wirtschaftszweig D: „Energieversorgung“). Eine Anwendung der Residualbetrachtung wie im Fall der Gesamtwirtschaft erscheint an dieser Stelle nicht sachgerecht, zumal die Analysen für den monopolistischen Netzbereich angestellt werden. Das bedeutet, dass Gleichung (6-1) eben keine hinreichende Gültigkeit besitzt, da ein Monopolist einen gewissen Spielraum besitzt, Vorteile durch eine Steigerung der TFP bzw. einer günstigen Inputpreisentwicklung, nicht vollständig in den Outputpreis zu übertragen. Grundsätzlich werden die Inputpreise der Faktoren Kapital und Arbeit zur Berechnung der Inputpreise auf Basis der Bruttowertschöpfung und zusätzlich die Inputpreise der Vorleistungen für die Berechnung auf Basis des Produktionswertes benötigt.

Die Inputpreisberechnung erfolgt für die Faktoren Kapital und Vorleistungen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und einem Arbeitskostenindex für den Faktor Arbeit.

6.2.1 Vorgehen

Für die Faktoren Kapital und Vorleistungen existieren sowohl nominale als auch preisbereinigte Zeitreihen der VGR. Der Faktor Kapital wird durch das Bruttoanlagevermögen abgebildet. „Das Anlagevermögen wird aus den Investitionen der Vergangenheit und den geschätzten durchschnittlichen Nutzungsdauern der verschiedenen Anlagegütergruppen ermittelt. Als Indikator für die Entwicklung des Kapitalstocks dient der Kettenindex für das *preisbereinigte* Bruttoanlagevermögen.“¹¹⁶

Neben diesem Index existieren in der VGR *nominale* Jahreswerte für das Bruttoanlagevermögen und die Vorleistungen. Der Index des Bruttoanlagevermögens liegt nicht als Gesamtindex vor und wird aus den drei Größen „Anlagen“, „Ausrüstungen“ und „Sonstige Anlagen und Bauten“ gebildet. Dazu werden für den nominalen Index die Wiederbeschaffungswerte der genannten Größen summiert und in einen Index überführt.

Zur Bildung des preisbereinigten Kapitalindex werden die Indexwerte der einzelnen Jahre mit den Anteilen der Größen „Anlagen“, „Ausrüstungen“ und „Sonstige Anlagen und Bauten“ an der nominalen Gesamtsumme multipliziert und anschließend summiert.

Die Preisentwicklung der Faktoren Kapital und Vorleistungen kann somit durch den Vergleich der nominalen und preisbereinigten Reihen ermittelt werden. Der Quotient aus der nominalen und der preisbereinigten Indexreihe ergibt somit eine Indexreihe für den jeweiligen Inputpreis (Kapital oder Vorleistungen). Für den Faktor Arbeit wird ein Arbeitskostenindex für die Energieversorgung gewählt, der die Arbeitskosten je geleis-

¹¹⁶ R  th, Braakmann et al. (2016).

teter Stunde widerspiegelt. Durch die Normierung auf eine Stunde ergeben sich keine Schwierigkeiten hinsichtlich der Berücksichtigung von Voll- oder Teilzeitbeschäftigten, was der Fall wäre, wenn etwa auf die Anzahl der Beschäftigten abgestellt würde.

Die Indexreihen können sodann mittels Törnquistberechnung (vgl. Formel (3-19) für jedes Jahr zu einem Inputpreisindex zusammengefügt werden. Hierbei wird analog zur Berechnung der TFP auf Zweistellerebene vorgegangen, d.h. es werden die Zweijahresgewichte der bereinigten Lohnquote, der Kapitalquote und der Vorleistungsquote herangezogen.¹¹⁷

Aus den Veränderungsraten der so gebildeten Inputpreisindizes wird für den Betrachtungszeitraum schließlich das geometrische Mittel gebildet, welches die durchschnittlichen Veränderung des Inputpreises in diesem Zeitraum anzeigt.

6.2.2 Datengrundlage: Verwendete Zeitreihen

Für die Berechnung der Inputpreisveränderung der Energiewirtschaft werden die folgenden Zeitreihen des Statistischen Bundesamtes genutzt (vgl. Tabelle 6-1).

Tabelle 6-1: Zeitreihen zur Bestimmung der Inputpreisentwicklung auf Zweistellerebene

Zeitreihe	Grundlage für	Bemerkung
Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde (2012=100) BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Inputpreis Arbeit	
Bruttoanlagevermögen, preisbereinigt, Kettenindex (2010=100), Tabelle 81000-0116 (WZ08-D)	Inputpreis Kapital	Grundlage für Berechnung des Deflators Kapital
Bruttoanlagevermögen, Wiederbeschaffungspreise (Mrd. EUR), Tabelle 81000-0116 (WZ08-D)	Inputpreis Kapital	Grundlage für Berechnung des Deflators Kapital
Vorleistungen preisbereinigt, Kettenindex (2010=100), Tabelle 81000-0102 (WZ08-D)	Inputpreis Material	Grundlage für Berechnung des Deflators Material
Vorleistungen in jeweiligen Preisen (Mrd. EUR), Tabelle 81000-0102 (WZ08-D)	Inputpreis Material	Grundlage für Berechnung des Deflators Material

Die Daten sind für den Zeitraum 1991 bis 2015 verfügbar.

6.3 Netzbetreiber (Vierstellerebene)

Da auf Ebene der Energienetze keine veröffentlichten Statistiken bezüglich der Einstandspreisentwicklung existieren (vgl. Annex B), wird zu diesem Zweck ein synthetischer Einstandspreis gebildet.

¹¹⁷ Zur Berechnung des X-gen auf Basis der BWS werden nur die Indexreihen bzw. Quoten der Inputfaktoren Arbeit und Kapital herangezogen, während für den Produktionswert zusätzlich der Vorleistungsindex und die Vorleistungsquote berücksichtigt werden.

6.3.1 Vorgehen

Der synthetische Estandspreisindex wird jeweils für Strom- und Gasnetze gebildet. Grundlage hierfür ist das jeweilige Ausgangsniveau der Basisjahre 2011 und 2006 (Strom) und 2010 und 2006 (Gas). Die Vorgehensweise gewährleistet somit eine sehr realitätsnahe Abbildung der Situation der Netzbetreiber im Hinblick auf die von ihnen zu tragenden Kosten im Zeitablauf (Estandspreisentwicklung)

Für die einzelnen Kostenpositionen wird für die Erhebungsjahre zunächst ihr jeweiliger Anteil an den Gesamtkosten berechnet, soweit es sich nicht um dauerhaft nicht beeinflussbare Kosten handelt. Dabei erfolgt die Berechnung der Anteile auf Grundlage der Kostensummen aller Netzbetreiber, also ÜNBs und VNBs im Strombereich und FLNBs und VNBs im Gasbereich. Tabelle 6-2 verdeutlicht dies anhand eines fiktiven Beispiels.

Tabelle 6-2: Bildung des Wägungsschemas nach Kostenanteilen (schematisch)

	VNBs	ÜNBs	Summe	Wägung
Materialkosten	80	70	150	0,7246
Personalkosten	10	12	22	0,1063
Kapitalkosten	20	15	35	0,1691
Gesamtkosten	110	97	207	1,0000

Der Anteil der Materialkosten für das Wägungsschema errechnet sich beispielsweise wie folgt: $(80+70)/(110+97) = \mathbf{0,7246}$. Die Anteile der verschiedenen Kostengrößen addieren sich zu 1.

Die endgültige Wägung erfolgt angelehnt an den Törnquist-Preis-Index. In seiner Reinform kann dieser nach folgender Formel berechnet werden (vgl. Abschnitt 3.2.1):

$$(6-4) \quad T = \frac{P_t}{P_{t-1}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}} \right)^{\frac{1}{2} \left[\frac{p_{i,t-1}q_{i,t-1}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t-1}q_{i,t-1})} + \frac{p_{i,t}q_{i,t}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,t}q_{i,t})} \right]}$$

Es werden also Preis- (p) und Mengendaten (q) (als Produkt entsprechend den Kosten) für n verschiedene Güter (i) in zwei Perioden herangezogen. Die Gewichtung erfolgt anhand des arithmetischen Mittels der Anteile der Güter in den beiden Perioden (Formel im Exponent). Die Verwendung des Törnquistindex ist also konsistent mit der Verfahrensweise bei der Berechnung der Totalen Faktorproduktivität.

Im Falle der Netzbetreiber liegen die Kostendaten aus zwei Basisjahren vor, mit denen sich die jeweiligen Kostenanteile berechnen lassen. Die Kosten können dabei als Produkt aus dem jeweiligen Inputpreis und der jeweiligen Menge angesehen werden. Somit

sind alle Daten zur Berechnung des Exponenten der Törnquist-Formel grundsätzlich verfügbar.

Im Unterschied zur „reinen“ Törnquist-Formel entsprechen die Kostenanteile bei der Berechnung der Inputpreise nur in den Basisjahren den jeweiligen Preisen dieses Jahres. Weiterhin wird das näher an der Gegenwart liegende Kostengerüst stärker gewichtet, um die verbesserte Informationslage am aktuellen Rand und somit im Endeffekt Autoregression abzubilden. Bei zwei Betrachtungszeitpunkten erhält das aktuelle Kostengerüst die doppelte Gewichtung.¹¹⁸ Die Formel ändert sich (z.B. im Strombereich) also wie folgt:

$$(6-5) \quad T = \frac{P_t}{P_{t-1}} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}} \right)^{\frac{1}{3} \left[\frac{p_{i,2006} q_{i,2006}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,2006} q_{i,2006})} \right] + \frac{2}{3} \left[\frac{p_{i,2011} q_{i,2011}}{\sum_{i=1}^n (p_{i,2011} q_{i,2011})} \right]}$$

Nach der Errechnung der Gewichte werden für die einzelnen Kostenpositionen Indexreihen zu den jeweiligen Inputpreisen identifiziert (vgl. Abschnitt 6.3.2). Diese geben die Preisentwicklungen der einzelnen Kosten der Netzbetreiber wieder. Die Indexwerte der einzelnen Jahre werden in den Term $\left(\frac{p_{i,t}}{p_{i,t-1}} \right)$ in der Formel (6-5) eingesetzt und mit den errechneten Gewichten (Anteile der Kostenkategorien an den Gesamtkosten) potenziert. Zur Berechnung des Törnquistindex wird sodann das Produkt über alle so errechneten Einzelindexreihen sämtlicher Kostenpositionen gebildet.

Über dieses Produkt wird für den betrachteten Zeitraum das geometrische Mittel angewendet, um die durchschnittliche Preisveränderung der Inputpreise eines Netzbetreibers zu errechnen.

6.3.2 Vorschläge für Zeitreihen

Wie oben dargelegt, wurden für die einzelnen Kostenpositionen entsprechende Indizes identifiziert. Diese werden im Folgenden aufgeführt und erläutert. Alle Zeitreihen sind, falls nicht anders vermerkt, den Statistiken des Statistischen Bundesamts entnommen.

6.3.2.1 Strom

Zunächst wird auf die verwendeten Indexreihen für die Berechnung des generellen X-Faktors auf Basis der Bruttowertschöpfung eingegangen. Dies bedeutet, dass nur die Inputfaktoren Arbeit und Kapital berücksichtigt werden.

Für den **Inputfaktor Arbeit** wird der „Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde (2012=100) BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)“ verwendet. Wie ersichtlich ist bildet dieser Index die Entwicklung der Arbeitskosten für das Aggregat „Energiever-

¹¹⁸ Bei drei Basisjahren würde die Gewichtung entsprechend mit 1/6, 2/6, 3/6 erfolgen.

sorgung“ (WZ08-D) ab. Es wird also unterstellt, dass die sich die Entwicklung der Arbeitskosten eines Stromnetzbetreibers analog zur gesamten Branche verhält. Diese Annahme ist dadurch gerechtfertigt, dass der Tarifvertrag Versorgungsbetriebe (TV-V) die (Strom- und Gas-) Netzbetreiber mit einschließt.¹¹⁹

„Der Index der Arbeitskosten insgesamt gibt die vierteljährliche Entwicklung der Arbeitskosten je geleistete Arbeitsstunde wieder. Zu den Arbeitskosten zählen neben den Bruttoverdiensten auch die Sozialbeiträge der Arbeitgeber sowie Steuern und Zuschüsse, sofern sie im Zusammenhang mit der Beschäftigung von Arbeitnehmern entstehen“.¹²⁰

Die beeinflussbaren Kostenanteile „Löhne und Gehälter“, „Abgabe für Altersversorgung“ und „Soziale Abgaben und sonstige Aufwendungen“ werden somit bestmöglich abgebildet. Die Ausweisung der Daten durch das Statistische Bundesamt erfolgt auf Quartalsbasis. Zur Gewinnung von Jahreswerten wurden die Indexwerte innerhalb eines Jahres mit dem geometrischen Mittel gemittelt. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich auf die Jahre 1996 bis zum 2. Quartal 2016.

Für den **Inputfaktor Kapital** sind 3 wesentliche Kostenblöcke relevant: Fremdkapital, Eigenkapital und Abschreibungen.

Kosten für **Fremdkapital** sind solche Kosten, die einem Netzbetreiber durch die Fremdfinanzierung eines bestimmten Kapitalbedarfs entstehen. In den Kostenerhebungsbögen ist die Position als Kostenposition „Zinsen und ähnliche Aufwendungen“ deklariert. Gemäß §5 (2) StromNEV sind Fremdkapitalzinsen in ihrer tatsächlichen Höhe einzustellen, höchstens jedoch in der Höhe kapitalmarktüblicher Zinsen für vergleichbare Kreditaufnahmen. Da eine unternehmensindividuelle Kalkulation der Fremdkapitalzinssätze aufgrund der verfügbaren Daten nicht möglich ist, wird ein allgemeiner Kapitalmarktzinssatz herangezogen. Die dafür verwendeten Zeitreihen entsprechen den in §7(7) StromNEV aufgeführten Umlaufrenditen:

- Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten – Anleihen der öffentlichen Hand (BBK01. WU0004),
- Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten – Anleihen von Unternehmen (Nicht-MFIs) (BBK01. WU0022) und
- Umlaufrendite inländischer Inhaberschuldverschreibungen – Hypothekendarlehen (BBK01. WU0018).

Somit sind Zinskosten gegenüber Kreditinstituten und Unternehmen abgebildet. Die Zeitreihen liegen jeweils auf Monatsbasis vor. Für jede Zeitreihe wird daher zunächst durch Anwendung des arithmetischen Mittels über zwölf Monate ein Jahreswert gebildet. Für jedes Jahr werden die drei so ermittelten Jahreswerte arithmetisch gemittelt, so

¹¹⁹ VKA (2014).

¹²⁰ Statistisches Bundesamt (2012).

dass für jedes Jahr ein Wert (Zinssatz) resultiert. Aus diesen Zinssätzen wird ein Kettenindex gebildet, so dass die Veränderung über die einzelnen Jahre kalkuliert werden kann. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich auf die Jahre 1956 bis 2016 (Juli).

Ebenso wie für Fremdkapital entstehen den Unternehmen (kalkulatorische) Kosten für **Eigenkapital**. Diese ergeben sich durch die Bindung von Kapital im Unternehmen, das am Markt mindestens zum risikolosen Zinssatz hätte angelegt werden können (siehe Diskussion zum Fremdkapital).

Nach § 7 (4) StromNEV darf der auf das betriebsnotwendige Eigenkapital, das auf Neuanlagen entfällt, anzuwendende Eigenkapitalzinssatz den auf die letzten zehn abgeschlossenen Kalenderjahre bezogenen Durchschnitt der von der Deutschen Bundesbank veröffentlichten Umlaufrenditen festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten zuzüglich eines angemessenen Zuschlags zur Abdeckung netzbetriebsspezifischer unternehmerischer Wagnisse nach Absatz 5 nicht überschreiten.

Der Zinssatz setzt sich also aus einem Basiszinssatz und einem Wagniszuschlag zusammen. Letzterer ist laut § 7 (5) StromNEV insbesondere unter Berücksichtigung folgender Umstände zu ermitteln:

- Verhältnisse auf den nationalen und internationalen Kapitalmärkten und die Bewertung von Betreibern von Elektrizitätsversorgungsnetzen auf diesen Märkten;
- durchschnittliche Verzinsung des Eigenkapitals von Betreibern von Elektrizitätsversorgungsnetzen auf ausländischen Märkten;
- beobachtete und quantifizierbare unternehmerische Wagnisse.

In einem Gutachten für die BNetzA¹²¹ wird der Wagniszuschlag als Produkt der Marktrisiko­prämie und des Risikofaktors Beta berechnet. Letzterer wird allerdings nicht jährlich berechnet, so dass auch eine jährliche Veränderung nicht berechnet werden kann. In der Regulierungspraxis wurde von der ersten zur zweiten Regulierungsperiode der Risikozuschlag konstant gehalten. Aus diesen Gründen wird auf den reinen Basiszins abgestellt, der die Veränderungsraten hinreichend und solide abbildet. Dieser entspricht der von der Deutschen Bundesbank veröffentlichten Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere.¹²²

Daraus resultiert, dass zum Zwecke der Berechnung des Inputpreisdifferenzials die Veränderung der Eigenkapitalkosten zwei Größen unterliegt. Für den Anteil der eigenkapitalfinanzierten Anlagen bis 40% ist die Veränderung des Basiszinssatzes anzusetzen. Der darüber hinausgehende Anteil unterliegt der Veränderungsrate des Fremdkapitalzinses (s.o.).

¹²¹ Frontier Economics (2016).

¹²² Deutsche Bundesbank (2016).

Die dritte Größe hinsichtlich der Kapitalkosten sind die **Abschreibungen**. Diese werden in den Kostenerhebungsbögen unterschieden in „Abschreibungen Immaterielles Anlagevermögen“, „Abschreibungen auf Finanzanlagen und auf Wertpapiere des Umlaufvermögens“ und „Kalkulatorische Abschreibungen Sachanlagevermögen“. Die beiden erstgenannten Abschreibungsposten werden mit den Anschaffungs- oder Herstellungskosten angesetzt und planmäßig abgeschrieben. Dasselbe gilt für „Kalkulatorische Abschreibungen „Altanlagen“ zu Anschaffungs- und Herstellungskosten x FK-Quote“ und „Kalkulatorische Abschreibungen „Neuanlagen“ zu Anschaffungs- und Herstellungskosten“, die beide zur dritten Kategorie zählen. Sie werden planmäßig über die Nutzungszeit abgeschrieben, so dass die Veränderungsrate in der Kostenentwicklung gleich Null ist. Bei der Berechnung des Inputpreisindex gehen diese Positionen daher nur als Anteile in die Gesamtkosten ein, die aber keiner Veränderung im Zeitablauf unterliegen.

Hinter der Position „Kalkulatorische Abschreibungen „Altanlagen“ zu Anschaffungs- und Herstellungskosten x FK-Quote“ verbergen sich fremdfinanzierte Altanlagen (vgl. §6 (2) StromNEV). Für „Kalkulatorische Abschreibungen „Neuanlagen“ zu Anschaffungs- und Herstellungskosten“ gilt: Die kalkulatorischen Abschreibungen der Neuanlagen sind ausgehend von den jeweiligen historischen Anschaffungs- und Herstellungskosten nach der linearen Abschreibungsmethode zu ermitteln. (§ 6 (4) StromNEV).

Für die Ermittlung der kalkulatorischen Abschreibungen des eigenfinanzierten Anteils der Altanlagen ist dagegen die Summe aller anlagenspezifisch und *ausgehend von dem jeweiligen Tagesneuwert* [...] ermittelten Abschreibungsbeträge aller Altanlagen zu bilden und anschließend mit der Eigenkapitalquote zu multiplizieren (vgl. § 6 (2) StromNEV). Für dieses Anlagevermögen ändert sich also jährlich die Bemessungsgrundlage, so dass eine jährliche Veränderung dieser Abschreibungen als Teil der Kapitalkosten stattfindet. Dieser Veränderung wird Rechnung getragen, indem die Preisindizes zur Ermittlung der Tagesneuwerte nach § 6a StromNEV angesetzt werden. Dadurch ist es möglich für verschiedene Anlagegruppen (Kabel, Freileitungen, Stationen, Grundstücksanlagen und Gebäude und Übrige Anlagengruppen) Preisveränderungen zu berechnen. Diese werden gemäß ihrem Anteil an der Kostenposition „Kalkulatorische Abschreibungen „Altanlagen“ zu Tagesneuwerten x EK-Quote“ gewichtet und zu einer Gesamtposition aggregiert. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich dabei auf die Jahre 1959 bis 2015.

Im Folgenden werden nun die Zeitreihen aufgeführt, die zusätzlich für die Berechnung des X-Gen mittels des **Produktionswertes** herangezogen werden. Dies sind die in den Kostenbögen als „Materialkosten“ und „Sonstige betriebliche Aufwendungen“ deklarierten Kosten. Sie können im Sinne der VGR als Vorleistungen angesehen werden. Dabei wird nur auf die beeinflussbaren Kosten abgestellt, da nur diese in der Regulierungsformel Bezug zum generellen X-Faktor besitzen.

Aus dem Bereich der Materialkosten sind „Aufwendungen für die Beschaffung von Verlustenergie“ volatile Kostenanteile gemäß § 11 (5) ARegV. Dies können beeinflussbare

oder vorübergehend nicht beeinflussbare Kostenanteile sein. Sie gehen daher in das Wägungsschema ein, allerdings mit einer Veränderungsrate von Null.

Für die Kostenposition „Betriebsverbrauch“ wird der „Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte, Elektrischer Strom an Weiterverteiler (GP09-351111000)“ herangezogen. Hierbei handelt es sich um den Preis ab Kraftwerk. Der Betriebsverbrauch ist der „Betrag, den der Netzbetreiber zur eigenbetrieblichen Nutzung verwendet.“¹²³ Der BDEW schlägt als allgemeine Definition für den Betriebsverbrauch folgende Formulierung vor: „Betriebsverbrauch Strom ist der Verbrauch von Elektrizität in betriebseigenen Einrichtungen wie Verwaltungsgebäuden, Werkstätten, Schalt- und Umspannungsanlagen für Beleuchtungs- und Heizungsanlagen, elektrische Antriebe und Kühlaggregate. Der Eigenverbrauch der Kraftwerke zählt nicht zum Betriebsverbrauch.“¹²⁴

Es wird davon ausgegangen, dass die Netzbetreiber den Strom aus den Kraftwerken verbundener Unternehmen erhält oder OTC bezieht. Insofern bildet der Index den Eigenverbrauch in geeigneter Weise ab. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich dabei auf die Jahre 2000 bis 2015.

Für die Kostenposition „Aufwendungen für Differenz-Bilanzkreise bzw. Aufwendungen für den Ausgleich von Abweichungen bei Standardlastprofilen“ wird keine Veränderung angenommen, da diese dem Handel zugerechnet werden und somit keine Netzkosten darstellen. Sie werden allerdings in der Kostenwägung als Anteil berücksichtigt. Auch die Kostenposition „Sonstiges“ der Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe geht nur als Kostenposition ohne Veränderung über die Zeit in den Inputpreisindex ein.

Die Position „Aufwendungen für überlassene Netzinfrastruktur“ geht ebenfalls ohne Veränderung über die Zeit als Kostenposition in den Inputpreisindex ein. In dieser Position befinden sich die Pacht aufwendungen für betriebsnotwendige Anlagegüter. Nach §5 (4) StromNEV können „Kosten oder Kostenbestandteile, die auf Grund einer Überlassung betriebsnotwendiger Anlagegüter anfallen, [...] nur in der Höhe als Kosten anerkannt werden, wie sie anfielen, wenn der Betreiber Eigentümer der Anlagen wäre. Der Betreiber des Elektrizitätsversorgungsnetzes hat die erforderlichen Nachweise zu führen.“ Für die Kalkulation ist daher die Kapitalstruktur des Verpächters entscheidend. Die Kostenposition „Aufwendungen für überlassene Netzinfrastruktur“ (Pachtaufwendungen) wurde vollständig auf alle Kostenpositionen der Pächter aufgeteilt.

Hinter der Position „Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Betriebsführung“ können sowohl Material- als auch Personalkosten vermutet werden. Dasselbe gilt für die Position „Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Wartungs- und Instandhaltungsleistungen“. Ökonometrische Analysen der Daten des Ausgangsniveaus haben ergeben, dass beide Positionen in ganz überwiegender Weise durch Arbeitsaufwand bestimmt werden. Daher werden verschiedene Arbeitskostenindizes herangezogen.

¹²³ BNetzA (2012).

¹²⁴ BDEW (2016).

Für die Position „Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Betriebsführung“ ist dies der „Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde für freiberufliche, wissenschaftliche u. technische Dienstleistungen (WZ08-M)“. Dieser enthält u.a. die Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben. Für „Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Wartungs- und Instandhaltungsleistungen“ wird der „Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde für die Energieversorgung (WZ08-D)“ verwendet (vgl. Inputfaktor Arbeit.) Dies wird damit begründet, dass diese Arbeiten oftmals von Konzernschwestern der Netzbetreiber durchgeführt werden. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich für beide Indizes auf die Jahre 1996 bis zum 2. Quartal 2016.

Die Kostenposition „Sonstiges“ der Aufwendungen für bezogene Leistungen geht nur als Kostenposition ohne Veränderung über die Zeit in den Inputpreisindex ein, da sie alle Kosten ausweist, die nicht klar einer der definierten Positionen zugeordnet werden kann. Eine eigene Indexreihe ist daher nicht zu identifizieren.

Der zweite große Block der Vorleistungen fällt unter die Position „Sonstige betriebliche Aufwendungen“. Hier wird für die Kostenposition „Mieten, sonstige Pachtzinsen, sonstige Leasingraten, Gebühren und Beiträge“ der Teilindex aus dem Verbraucherpreisindex „CC041: Wohnungsmiete, einschl. Mietwert von Eigentümerwohnungen.“ gewählt. Naheliegender wäre ein Index der den gewerblichen Charakter eines Netzbetreibers besser abbildet. Hier böte sich zum Beispiel der „Mietindex für Büroimmobilien“ vom Verband deutscher Pfandbriefbanken an. Dieser Index wird allerdings erst ab dem Jahr 2003 veröffentlicht, so dass auf den genannten Teilindex des VPI zurückgegriffen wird. Dieser enthält Daten für den Zeitraum 1995 bis 2015.

Auch bei der Kostenposition „Versicherungen“ wird auf Teilindizes des VPI abgestellt, da hier kein entsprechender Index für Unternehmensversicherungen vorliegt. Auch eine Anfrage beim Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GdV) bezüglich verfügbarer Indexreihen für Strom- und Gasnetzbetreiber oder allgemeiner Preisentwicklungen von Versicherungsprämien für Unternehmen verlief negativ. Der gewählte Index setzt sich aus vier Teilindizes des VPI zusammen:

- CC1252000100: Beitrag zur Hausrat- oder Gebäudeversicherung
- CC1254000100: Beitrag zur Kraftfahrzeugversicherung
- CC1255000100: Beitrag zur privaten Haftpflichtversicherung
- CC1255000200: Beitrag zur Rechtsschutzversicherung

Aus diesen Indexreihen wird ein Gesamtindex für den Bereich „Versicherungen“ gebildet. Die Gewichtung der einzelnen Indizes erfolgt dabei nach ihren Anteilen im VPI-Wägungsschema (2010).¹²⁵ Dafür stehen Daten der Jahre 1995 bis 2015 zur Verfügung.

¹²⁵ Statistisches Bundesamt (2013a).

Für die Position „Bürobedarf, Drucksachen und Zeitschriften“ wird der Index „Großhandel mit Karton, Papier, Pappe, Schreibwaren, Bürobedarf, Büchern, Zeitschriften und Zeitungen (WZ08-46494)“ verwendet. Für diesen Index liegen Werte der Jahre 1996 bis 2015 vor.

Für die Kostenposition „Postkosten, Frachtkosten und ähnliche Kosten“ wird der Index „CC0810: Post- und Kurierdienstleistungen“ als Teilindex des VPI angesetzt. Für diesen Bereich existiert zwar ein Erzeugerpreisindex („DL-POST-01: Brief-, Paket- und Expressdienste“), allerdings beginnend mit dem Jahr 2006 und endend mit dem Jahr 2012. Der Index CC0810 ist hingegen für die Jahre 1991 bis 2015 verfügbar. Die Preisentwicklung im vergleichbaren Zeitraum (2007-2012) ist für beide Indizes nahe Null.

Für die Kostenposition „Rechts- und Beratungskosten“ ist ebenfalls ein Erzeugerpreisindex für unternehmensnahe Dienstleistungen verfügbar („Rechts- u. Steuerberatung, Wirtschaftsprüfung usw.“ für WZ08-69-0). Dies beinhaltet allerdings nur die Jahre 2006 bis 2015. Aus diesem Grund wird auf den Teilindex des VPI „CC1270070100: Rechtsanwaltsgebühr oder Notargebühr“ zurückgegriffen, der für die Jahre 1991 bis 2015 verfügbar ist.

Die Kosten für „Sponsoring, Werbung, Spenden“ werden durch den Erzeugerpreisindex für unternehmensnahe Dienstleistungen „WZ08-731: Werbung“ abgebildet. Dieser enthält Daten für die Jahre 2006 bis 2015. In Ermangelung eines entsprechenden Index innerhalb des VPI wird dieser Index für die vorhergehenden Jahre extrapoliert.

Der Posten „Reisekosten und Auslösungen“ wird mit dem Teilindex „Verkehr“ (CC07) des VPI hinterlegt. Auch hier fehlt ein Index für unternehmensnahe Dienstleistungen in diesem Bereich. Der verwendete Teilindex enthält die Preisentwicklungen für den Kauf von Fahrzeugen, Waren und Dienstleistungen für Fahrzeuge und Verkehrsdienstleistungen (Schiene, Straße etc.) und bildet damit in geeigneter Weise auch die Entwicklung für Unternehmen ab. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich auf die Jahre 1991 bis 2015.

Für die Abbildung des Postens „Bewirtung und Geschenke“ wird der Teilindex des VPI „CC111: Verpflegungsdienstleistungen“ gewählt, der die Indexreihen „Restaurants, Cafes, Straßenverkauf u. Ä.“ sowie „Kantinen und Mensen“ enthält. Dieser Index beinhaltet Daten von 1991 bis 2015.

Für die Kostenposition „Wartung und Instandsetzung“ wird durch den „Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)“ angesetzt (siehe Inputfaktor Arbeit). Es wird also davon ausgegangen, dass diese Tätigkeiten durch überwiegend unternehmenseigene bzw. Beschäftigte bei Schwesterunternehmen durchgeführt werden.

Der Posten „Einzelwertberichtigungen und Abschreibungen auf Forderungen“ geht in das Wägungsschema ein, wird aber in der mit einer Preisveränderungsrate von Null

hinterlegt, da hierzu eine einheitliche Veränderung nicht ermittelt werden kann. Dasselbe gilt für die Kostenposition „Sonstiges“ unter dem Posten „Sonstige betriebliche Aufwendungen“.

Schließlich wird für den Posten „**Kalkulatorische Gewerbesteuer**“ der bundesweite „Durchschnittshebesatz der Gewerbesteuer“ herangezogen. Die Steuermesszahl, die, neben dem Gewerbesteuerhebesatz, die Höhe der Gewerbesteuer bestimmt, liegt seit 2008 konstant bei 3,5 %. Sie wird daher nicht berücksichtigt.

In Tabelle 6-3 findet sich eine Übersichtstabelle, die die Kostenpositionen und verwendeten Indizes übersichtsartig zusammenfasst.

Tabelle 6-3: Indexreihen zur Bildung eines synthetischen Inputpreisindex für Stromnetzbetreiber

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
Personalkosten	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Arbeit
Zinsen und ähnliche Aufwendungen	<p>Zeitreihen nach §7 (7) NEV: Basis sind Zeitreihen der Bundesbank: Umlaufrenditen festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten (mind. seit 1968)</p> <ul style="list-style-type: none"> Anleihen der öffentl. Hand (BBK01. WU0004) Hypothekendarlehen (BBK01. WU0018) Unternehmensanleihen (BBK01. WU0022) <p>Monatswerte aggregiert zu Jahreswerten, jährliche Mittelung der Zinssätze der drei Wertpapiere als Preis für Fremdkapital, kein rollierender Index</p>	Kapital
Kalk. Eigenkapitalzinsen	<p>EK I: Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere: Kapitalmarktstatistik, Statistisches Beiheft 2 zum Monatsbericht, S. 36, Tabelle 7b), Spalte 1 („insgesamt“)</p> <p>EK II: Zeitreihen nach §7 (7) NEV: Basis sind Zeitreihen der Bundesbank: Umlaufrenditen festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten (mind. seit 1968)</p> <ul style="list-style-type: none"> Anleihen der öffentl. Hand (BBK01. WU0004) Hypothekendarlehen (BBK01. WU0018) Unternehmensanleihen (BBK01. WU0022) <p>Monatswerte aggregiert zu Jahreswerten, jährliche Mittelung der Zinssätze der drei Wertpapiere als Preis für Fremdkapital, kein rollierender Index</p>	Kapital
Kalkulatorische Abschreibungen "Altanlagen" zu Tagesneuwerten x EK-Quote	Preisindizes zur Ermittlung der Tagesneuwerte nach § 6a StromNEV	Kapital
Betriebsverbrauch	Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte,	Vorleistungen

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
	Elektrischer Strom an Weiterverteiler (GP09-351111000)	
Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Betriebsführung	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde WZ08-M Freiberufliche, wiss. u. techn. Dienstleistungen	Vorleistungen
Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Wartungs- und Instandhaltungsleistungen	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Vorleistungen
Mieten, sonstige Pachtzinsen, sonstige Leasingraten, Gebühren und Beiträge	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC041: Wohnungsmiete, einschl. Mietwert v. Eigentümerwhg.	Vorleistungen
Versicherungen	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), Mischindex aus: CC1252000100: Beitrag zur Hausrat- oder Gebäudeversicherung CC1254000100: Beitrag zur Kraftfahrzeugversicherung CC1255000100: Beitrag zur privaten Haftpflichtversicherung CC1255000200: Beitrag zur Rechtsschutzversicherung Gewichtung nach Wägungsschema 2010 VPI	Vorleistungen
Bürobedarf, Drucksachen und Zeitschriften	Index der Großhandelsverkaufspreise (inkl. Veränderungsrate): Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008: 3- bis 5-Steller) WZ08-46494 Großh.m. Papier, Pappe, Schreib-, Bürobedarf usw	Vorleistungen
Postkosten, Frachtkosten und ähnliche Kosten	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), CC0810: Post- und Kurierdienstleistungen	Vorleistungen
Rechts- und Beratungskosten	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), CC1270070100: Rechtsanwaltsgebühr oder Notargebühr	Vorleistungen
Sponsoring, Werbung, Spenden	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: WZ08-731: Werbung	Vorleistungen
Reisekosten und Auslösen	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC096: Pauschalreisen	Vorleistungen
Bewirtung und Geschenke	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC111: Verpflegungsdienstleistungen	Vorleistungen
Wartung und Instandsetzung	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Vorleistungen

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
Kalk. Gewerbesteuer	Durchschnittshebesätze der Realsteuern: Deutschland, Jahre, Durchschnittshebesätze Gewerbesteuer	

6.3.2.2 Gas

Die Bildung eines synthetischen Inputpreisindex erfolgt analog zum Strombereich. Im Folgenden werden nur die Kostenpositionen diskutiert, die sich vom Strombereich unterscheiden. Eine Gesamtübersicht aller verwendeter Indexreihen für den Gasbereich findet sich am Ende dieses Abschnitts.

Im Bereich der **Kapitalkosten** ergibt sich eine Änderung lediglich bei den Abschreibungen von eigenfinanzierten Altanlagen zu Tagesneuwerten. Für die Ermittlung der kalkulatorischen Abschreibungen des eigenfinanzierten Anteils der Altanlagen ist die Summe aller anlagenspezifisch und *ausgehend von dem jeweiligen Tagesneuwert* [...] ermittelten Abschreibungsbeträge aller Altanlagen zu bilden und anschließend mit der Eigenkapitalquote zu multiplizieren (vgl. § 6 (2) GasNEV). Für dieses Anlagevermögen ändert sich also jährlich die Bemessungsgrundlage, so dass eine jährliche Veränderung dieser Abschreibungen als Teil der Kapitalkosten stattfindet. Dieser Veränderung wird Rechnung getragen, indem die Preisindizes zur Ermittlung der Tagesneuwerte nach § 6a GasNEV angesetzt werden. Dadurch ist es möglich für verschiedene Anlagegruppen (Rohrleitungen, Betriebsgebäude, Ortskanäle) Preisveränderungen zu berechnen. Diese werden gemäß ihrem Anteil an der Kostenposition „Kalkulatorische Abschreibungen „Altanlagen“ zu Tagesneuwerten x EK-Quote“ gewichtet und zu einer Gesamtposition aggregiert. Der Zeitraum verfügbarer Daten erstreckt sich dabei auf die Jahre 1949 bis 2015.

Im Folgenden werden nun die Zeitreihen aufgeführt, die zusätzlich für die Berechnung des X-Gen mittels des **Produktionswertes** herangezogen werden. Dies sind die in den Kostenbögen als „Materialkosten“ und „Sonstige betriebliche Aufwendungen“ deklarierten Kosten. Sie können im Sinne der VGR als Vorleistungen angesehen werden. Dabei wird nur auf die beeinflussbaren Kosten abgestellt, da nur diese in der Regulierungsformel Bezug zum generellen X-Faktor besitzen.

Im Bereich der Materialkosten finden die Kostenpositionen „Treibenergie“ und „Verlustenergie“ als volatile Kostenanteile nach § 11 (5) ARegV Eingang in das Wägungsschema. Dies können beeinflussbare oder vorübergehend nicht beeinflussbare Kostenanteile sein, daher wird eine Veränderungsrate von Null angesetzt.

Für die Kostenpositionen „Aufwendungen für die Beschaffung von Eigenverbrauch“ und „Aufwendungen für die Beschaffung von Entspannungsenergie“ wird der Erzeugerpreisindex „GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer“ angesetzt. Dieser Index erscheint geeignet, da er den Preis wiedergibt, der durch die Erdgasförderer bzw.

Importeure erhoben wird. Die Zwischenstufe der Wiederverkäufer (und deren Aufschlag) entfällt somit. Der Index ist für die Jahre 2000 bis 2015 verfügbar.

Die Position „Sonstiges“ unter „Aufwendungen für Roh- Hilfs- und Betriebsstoffe“ wird gemäß ihren jeweiligen Anteilen als Mischindex aus den Kostenpositionen

- Aufwendungen für die Beschaffung von Verlustenergie,
- Aufwendungen für die Beschaffung von Treibenergie,
- Aufwendungen für die Beschaffung von Eigenverbrauch und
- Aufwendungen für die Beschaffung von Entspannungsenergie

gebildet.

Die Positionen „Aufwendungen für die Beschaffung von Ausgleichsenergie für Basisbilanzausgleich“ und „Aufwendungen für Differenzmengen“ werden durch den Erzeugerpreisindex „GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer“ abgebildet.

Die Kostenposition „Sonstiges“ unter der Kategorie „Aufwendungen für bezogene Leistungen“ wird ein Mischindex gemäß der jeweiligen Anteile aus folgenden Positionen bzw. deren Indexreihen gebildet:

- Aufwendungen für überlassene Netzinfrastruktur
- Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Betriebsführung
- Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Wartungs- und Instandhaltungsleistungen
- Aufwendungen für die Beschaffung von Ausgleichsenergie für Basisbilanzausgleich
- Aufwendungen für Differenzmengen

Im Bereich der „Sonstigen betrieblichen Kosten“ werden die Kostenpositionen

- Erstellung/Bereitstellung eines Informationssystems über die Kapazitätsauslastung (§ 10 GasNZV a.F.),
- Vorgabe zur Reduzierung der Marktgebiete gemäß § 21 Abs. 1 GasNZV,
- Einrichtung und den Betrieb einer Handelsplattform § 12 GasNZV (§ 14 Abs. 1 GasNZV a.F.),
- Durchführung der Versteigerung nach § 10 Abs. 6 GasNZV a.F.,
- aufgrund von Marktgebietskooperationen

durch den „Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen“ abgebildet. Dieser besteht aus den folgenden Tätigkeiten:

- Branchenspezifische Geschäftsanwendungen, Geschäftsanwendungen zur Prozessunterstützung
- Software zum Netzwerk-, System-, Speicher- und Sicherheitsmanagement
- Software-Tools, Werkzeuganwendungen und sonstige Software
- Hardware- und Infrastrukturprojekte
- Softwareprojekte, auch Applikations- und Webseitenentwicklung
- Übergreifende Projekte, Systemintegration
- IT-Beratung
- Installations-, Support-, und Wartungsleistungen bei Anwendungen von Geschäftskunden Hotlines, User Help Desks
- Schulungen und Training
- Outsourcing von Bürokommunikation
- Outsourcing von Netzwerken
- Outsourcing von Applikationen, SaaS
- Outsourcing von Rechenzentren, Serververmietung¹²⁶

Der Index enthält Daten für die Jahre 2006 bis 2015. Fehlende Daten vor 2006 werden entsprechend extrapoliert.

Die „sonstigen betrieblichen Kosten“ aus

- vertraglichen Vereinbarungen mit Dritten gem. § 9 Abs. 3 Nr. 1 GasNZV (§ 6 Abs. 3 S. 2 Nr. 1 GasNZV a.F.)
- davon auf eine wirksame Verfahrensregulierung gemäß § 11 Abs. 2 S. 3 ARegV entfallende Kosten

sind volatile Kostenanteile nach § 11 (5) ARegV und finden Eingang in das Wägungsschema. Dies können beeinflussbare oder vorübergehend nicht beeinflussbare Kostenanteile sein, daher wird eine Veränderungsrate von Null angesetzt.

Die Position „sonstige Flexibilitätsdienstleistungen“ steht nicht vollständig im Handlungsspielraum des Netzbetreibers und wird daher mit einer Veränderungsrate von Null angesetzt, geht aber ins Wägungsschema ein.

In Tabelle 6-4 findet sich eine Übersichtstabelle, die die Kostenpositionen und verwendeten Indizes übersichtsartig zusammenfasst.

¹²⁶ Statistisches Bundesamt (2013b).

Tabelle 6-4: Indexreihen zur Bildung eines synthetischen Inputpreisindex für Gasnetzbetreiber

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
Personalkosten	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Arbeit
Zinsen und ähnliche Aufwendungen	<p>Zeitreihen nach §7 (7) NEV: Basis sind Zeitreihen der Bundesbank: Umlaufrenditen festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten (mind. seit 1968)</p> <ul style="list-style-type: none"> Anleihen der öffentl. Hand (BBK01. WU0004) Hypothekenpfandbriefe (BBK01. WU0018) Unternehmensanleihen (BBK01. WU0022) <p>Monatswerte aggregiert zu Jahreswerten, jährliche Mittelung der Zinssätze der drei Wertpapiere als Preis für Fremdkapital, kein rollierender Index</p>	Kapital
Kalk. Eigenkapitalzinsen	<p>EK I: Umlaufrendite festverzinslicher Wertpapiere: Kapitalmarktstatistik, Statistisches Beiheft 2 zum Monatsbericht, S. 36, Tabelle 7b), Spalte 1 („insgesamt“)</p> <p>EK II: Zeitreihen nach §7 (7) NEV: Basis sind Zeitreihen der Bundesbank: Umlaufrenditen festverzinslicher Wertpapiere inländischer Emittenten (mind. seit 1968)</p> <ul style="list-style-type: none"> Anleihen der öffentl. Hand (BBK01. WU0004) Hypothekenpfandbriefe (BBK01. WU0018) Unternehmensanleihen (BBK01. WU0022) <p>Monatswerte aggregiert zu Jahreswerten, jährliche Mittelung der Zinssätze der drei Wertpapiere als Preis für Fremdkapital, kein rollierender Index</p>	Kapital
Kalkulatorische Abschreibungen "Altanlagen" zu Tagesneuwerten x EK-Quote	Preisindizes zur Ermittlung der Tagesneuwerte nach § 6a GasNEV	Kapital
Aufwendungen für die Beschaffung von Eigenverbrauch	Erzeugerpreisindizes gewerblicher Produkte: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (GP2009 2-/3-/4-/5-/6-/9-Steller/Sonderpositionen) GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer	Vorleistungen
Aufwendungen für die Beschaffung von Entspannungsenergie	Erzeugerpreisindizes gewerblicher Produkte: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (GP2009 2-/3-/4-/5-/6-/9-Steller/Sonderpositionen) GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer	Vorleistungen
Sonstiges	Mischindex aus angesetzten Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen	Vorleistungen
Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Betriebsführung	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde WZ08-M Freiberufliche, wiss. u. techn. Dienstleistungen	Vorleistungen

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
Aufwendungen für durch Dritte erbrachte Wartungs- und Instandhaltungsleistungen	Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde BV4.1 kalender- und saisonbereinigt (WZ08-D)	Vorleistungen
Aufwendungen für die Beschaffung von Ausgleichsenergie für den Basisbilanzausgleich	Erzeugerpreisindizes gewerblicher Produkte: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (GP2009 2-/3-/4-/5-/6-/9-Steller/Sonderpositionen) GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer	Vorleistungen
Aufwendungen für Differenzmengen	Erzeugerpreisindizes gewerblicher Produkte: Deutschland, Jahre, Güterverzeichnis (GP2009 2-/3-/4-/5-/6-/9-Steller/Sonderpositionen) GP09-352227100: Erdgas bei Abgabe an Wiederverkäufer	Vorleistungen
Sonstiges	Mischindex aus angesetzten Aufwendungen für bezogene Leistungen	Vorleistungen
Erstellung/Bereitstellung eines Informationssystems über die Kapazitätsauslastung (§ 10 GasNZV a.F.)	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen	Vorleistungen
Vorgabe zur Reduzierung der Marktgebiete gemäß § 21 Abs. 1 GasNZV	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen	Vorleistungen
Einrichtung und den Betrieb einer Handelsplattform § 12 GasNZV (§ 14 Abs. 1 GasNZV a.F.)	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen	Vorleistungen
Durchführung der Versteigerung nach § 10 Abs. 6 GasNZV a.F.	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen	Vorleistungen
Marktgebietskooperationen	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: DL-IT-01: IT-Dienstleistungen	Vorleistungen
Mieten, sonstige Pachtzinsen, sonstige Leasingraten, Gebühren und Beiträge	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC041: Wohnungsmiete, einschl. Mietwert v. Eigentümerwhg.	Vorleistungen
Versicherungen	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), Mischindex aus: CC1252000100: Beitrag zur Hausrat- oder Gebäudeversicherung CC1254000100: Beitrag zur Kraftfahrzeugversicherung CC1255000100: Beitrag zur privaten Haftpflichtversicherung CC1255000200: Beitrag zur Rechtsschutzversicherung Gewichtung nach Wägungsschema 2010 VPI	Vorleistungen
Bürobedarf, Drucksachen und Zeitschriften	Index der Großhandelsverkaufspreise (inkl. Veränderungsdaten): Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008: 3- bis 5-Steller) WZ08-46494 Großh.m. Papier, Pappe, Schreib-, Bürobedarf usw	Vorleistungen

Kostenposition	Zeitreihe	Inputfaktor
Postkosten, Frachtkosten und ähnliche Kosten	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), CC0810: Post- und Kurierdienstleistungen	Vorleistungen
Rechts- und Beratungskosten	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Jahre, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums, (COICOP 2-/3-/4-/10-Steller/Sonderpositionen), CC1270070100: Rechtsanwaltsgebühr oder Notargebühr	Vorleistungen
Sponsoring, Werbung, Spenden	Erzeugerpreisindizes für unternehmensnahe Dienstleistungen: WZ08-731: Werbung	Vorleistungen
Reisekosten und Auslösungen	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC096: Pauschalreisen	Vorleistungen
Bewirtung und Geschenke	Verbraucherpreisindex: Deutschland, Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualkonsums (COICOP 2-4-Steller Hierarchie), CC111: Verpflegungsdienstleistungen	Vorleistungen
Sonstiges	Mischindex aus angesetzten Aufwendungen für sonstige betriebliche Kosten	Vorleistungen
Kalk. Gewerbesteuer	Durchschnittshebesätze der Realsteuern: Deutschland, Jahre, Durchschnittshebesätze Gewerbesteuer	

7 Einbeziehung der Transportebene

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie bei Strom die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) und bei Gas die Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) in die Analysen eingehen. Während beim Malmquist Index in Kapitel 4 der Fokus auf den Verteilnetzbetreibern liegt, wird in Abschnitt 7.1 diskutiert, wie ÜNB und FNB in diese Überlegungen integriert werden können. Im Gegensatz zum Malmquist Index sind die ÜNB und FNB in den Ausführungen zum Törnquist Mengenindex in Kapitel 5 und zum Einstandspreisdifferenzial in Kapitel 6 bereits implizit enthalten, was in den Abschnitten 7.2 und 7.3 noch einmal explizit und zusammenfassend erläutert wird.

7.1 Malmquist

Sowohl bei den ÜNB als auch bei den FNB haben bereits Effizienzvergleiche zur Ermittlung der individuellen Effizienzvorgaben im Rahmen der ARegV stattgefunden. Während dies bei den ÜNB aufgrund der geringen Anzahl von vier deutschen Unternehmen im internationalen Kontext mit anderen europäischen Übertragungsnetzbetreibern erfolgte, wurden die FNB nationalen Vergleichen unterzogen. Da pro Sektor Strom bzw. Gas gemäß § 9 ARegV nur ein gemeinsamer Wert für den generellen X-Faktor ermittelt wird, stellt sich zunächst die Frage, wie die Informationen und Ergebnisse aus diesen Effizienzvergleichen in das in Kapitel 4 vorgestellte Vorgehen beim Malmquist Index, das nur auf Basis der VNB Effizienzvergleiche erfolgte, eingebunden werden können. Eine direkte Einbeziehung in die Datengrundlage in Tabelle 4-1 ist aufgrund der Datengrundlage nicht möglich. So liegen z.B. nicht zu allen im Rahmen der VNB Effizienzvergleiche verwendeten Outputparameter Daten in entsprechender Form für die Transportnetzbetreiber vor. Ferner wurden in eigenen Analysen andere Kostentreiber identifiziert.¹²⁷ Daher sind ÜNB und FNB zunächst separat zu betrachten.

Nachfolgend wird zunächst beleuchtet, ob und wie bisherige Effizienzvergleiche bei ÜNB und FNB nutzbar gemacht werden können. Anschließend wird die Aggregation mit den Ergebnissen am Ende von Kapitel 4 vorgestellt.¹²⁸

7.1.1 Strom: Übertragungsnetzbetreiber

Ziel eines Effizienzvergleichs auf Basis der in Kapitel 4 verwendeten Effizienzmessungsmethoden für die Verteilnetzbetreiber ist es, die betrachteten Unternehmen miteinander zu vergleichen in dem Sinne, dass ihnen auf Basis unternehmensspezifischer Charakteristika individuelle Effizienzwerte zugewiesen werden. Um robuste und aussa-

¹²⁷ Jedem Effizienzvergleich gehen eigene Kostentreiberanalysen voraus, aus denen die Outputparameter abgeleitet werden. Daher sei an dieser Stelle beispielhaft auf die Unterschiede zwischen Tabelle 7-1 und Tabelle 4-1.

¹²⁸ Es handelt sich nicht um eine kritische Würdigung der durchgeführten Effizienzvergleich an sich, da dies nicht Gegenstand dieses Gutachtens ist.

gekräftigte Ergebnisse generieren zu können, ist ein gewisser Stichprobenumfang unabdinglich, da ansonsten keine ausreichende Differenzierung zwischen den betreffenden Unternehmen möglich ist. Ein eigenständiger Effizienzvergleich auf Basis der vier ÜNB ist daher nicht zielführend.¹²⁹

Um den Stichprobenumfang im Übertragungsnetzbereich zu vergrößern, sieht § 22 ARegV vor, Netzbetreiber in anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union (internationaler Effizienzvergleich) einzubeziehen. Im Rahmen eines „International Benchmarking“ auf europäischer Ebene hat auch eine indikative Malmquist Berechnung stattgefunden, die die vier deutschen Netzbetreiber beinhaltet.¹³⁰ Die Studie basiert auf einer Gesamtstichprobe von 21 europäischen ÜNB. Die Untersuchungsperiode erstreckt sich über die Jahre 2007 bis 2011. Die Berechnung der dynamischen Effizienz erfolgt abweichend zu den im deutschen VNB-Kontext verwendeten Methoden mittels Malmquist Index auf Basis einer DEA Schätzung mit weight restrictions und nicht fallenden Skalenerträgen. Als Input dienen die Gesamtkosten¹³¹ auf Basis von standardisierten operativen (OPEX) und Kapitalkosten (CAPEX). Als Outputparameter werden die gewichteten physischen Netzanlagen, die Dichte des besiedelten Gebietes und der Anteil der Abspannmasten herangezogen. Gegen die Einbeziehung der Frontier Shift Ergebnisse der deutschen ÜNB für die gegenständliche Fragestellung sprechen dabei sowohl methodisch abweichende wie auch datenspezifische Gründe.

Es kann derzeit zudem nicht sichergestellt werden, dass für die ÜNB weiterhin ein internationaler Effizienzvergleich nach § 22 ARegV zur Anwendung kommt und nicht stattdessen auf eine Referenznetzanalyse umgestellt wird. Infolgedessen kann auch der Einbezug der ÜNB zukünftig nicht gewährleistet werden. Bei Anwendung einer Kostenmalmquistschätzung sollte der generelle X-Faktor für den Strombereich daher allein auf den Ergebnissen der Verteilnetzbetreiber beruhen.

7.1.2 Gas: Fernleitungsnetzbetreiber

Datengrundlage

Bisher haben drei Effizienzvergleiche im Bereich der FNB stattgefunden. Vor der ersten Regulierungsperiode gab es noch die Unterscheidung in regionale (9 rFNB) und überregionale Fernleitungsnetzbetreiber (10 üFNB), für die separate Benchmarkings durchgeführt wurden. Am Effizienzvergleich vor Beginn der zweiten Regulierungsperiode haben alle 10 ehemaligen üFNB und drei ehemalige rFNB teilgenommen (EWE¹³², bayernets und terranets bw). Aufgrund der Dominanz der ehemaligen üFNB und der Tatsache, dass nur drei der ursprünglich neun ehemaligen rFNB am zweiten Effizienz-

¹²⁹ Für eine ausführlichere Beschreibung dieser Problematik siehe z.B. Gugler, Klien und Schmitt (2012).

¹³⁰ Siehe Frontier Economics, Sumicsid und Consentec (2013).

¹³¹ Die Gesamtkosten konnten auf Antrag um (länder-) spezifische ÜNB Faktoren angepasst werden, sofern diese exogen, signifikant und dauerhaft sind (sog. Call Z Process) (vgl. ebenda).

¹³² Bei der EWE handelt es sich nur um eines der beiden Netzgebiete aus dem ersten Effizienzvergleich.

vergleich teilgenommen haben, ist es gerechtfertigt, die Spezifikation (d.h. verwendeten Outputparameter) des Effizienzvergleichs der rFNB zu vernachlässigen.

Derzeit umfasst der von der Behörde zur Verfügung gestellte Datensatz 13 FNB und zwei Datenpunkte mit Informationen zu den Effizienzvergleichen der ersten beiden Regulierungsperioden. Folglich umfasst die Untersuchungsperiode aktuell 3 Jahre (mit den Basisjahren 2007 und 2010). Für RP1 ist das Basisjahr der drei rFNB 2006. Es ist ferner angedacht, den Datensatz im Jahr 2017 um die Netzbetreiberinformationen der dritten Regulierungsperiode zu erweitern, so dass sich die Untersuchungsperiode dementsprechend um 5 Jahre verlängern würde. Die FNB Effizienzvergleiche eignen sich daher grundsätzlich zur Einbeziehung in Berechnungen zur sektoralen Produktivität mittels des Malmquist Indexes.

Tabelle 7-1 fasst die in den Effizienzvergleichen der vergangenen beiden Regulierungsperioden (RP) zur Anwendung gekommenen Input- und Outputparameter der Fernleitungsnetzbetreiber zusammen. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, liegen Gesamtkosten (TOTEX) in standardisierter und nicht standardisierter Form jeweils für beide Zeitpunkte vor. Die Kostenangaben für die drei rFNB für RP1 sollten aufgrund des unterschiedlichen Basisjahres um ein Jahr inflationiert werden. Aus Gründen der Konsistenz sollte der sektorale Inputpreisindex verwendet werden.¹³³ Die für die Fernleitungsnetzbetreiber zum Effizienzvergleich herangezogenen Outputparameter unterscheiden sich zwischen erstem und zweitem Effizienzvergleich. Um eine Vergleichsbasis für Produktivitätsentwicklungen über die Zeit zu erhalten, beinhalten die Datensätze entsprechend der Erläuterungen zu den VNB für RP1 auch Angaben für die Outputparameter von RP2 und vice versa. Dies bedeutet z.B., dass für das Basisjahr 2007 für die FNB auch Daten über das Rohrleitungsvolumen vorliegen. Für die drei ehemaligen rFNB liegen ebenfalls alle entsprechenden Informationen für die betrachteten Outputparameter vor.

Tabelle 7-1: Parameter im FNB Effizienzvergleich

Datensatz	Basisjahr	Inputparameter	Outputparameter
RP1 FNB Gas (2009-2012)	2007 (2006)	TOTEX und standardisierte TOTEX	versorgte Fläche in km ² Transportmoment in km x m ³ /h Anschlusspunkte gesamt
RP2 FNB Gas (2013-2017)	2010	TOTEX und standardisierte TOTEX	korrigierte Ein-/Auspeisepunkte Rohrleitungsvolumen in m ³ Polygonfläche in km ²

Vorgehen

Für das grundsätzliche Vorgehen gibt es keine ersichtlichen Gründe, von dem in Abschnitt 4.2 ausführlich beschriebenen Verfahren abzuweichen. Im Gegensatz zu den

¹³³ Es bietet sich ein Rückgriff auf den unter Abschnitt 6.3.2.2 beschriebenen Index für Gas an.

VNB ist der Datensatz mit 13 Unternehmen jedoch deutlich kleiner, was die Anwendung der SFA ausschließt. Auch die statischen Effizienzvergleiche für FNB basieren aus diesem Grund allein auf der DEA. Daher reduziert sich in Schritt 1a aus Abbildung 4-1 die Anzahl zu berechnender Spezifikationen auf insgesamt vier (anstatt 8). Dies sind die zwei Grundspezifikationen entsprechend der im Benchmarking verwendeten Ansätze (DEA auf Basis der Gesamtkosten und standardisierten Gesamtkosten), die wiederum jeweils auf Basis der Outputparameter des ersten und zweiten Effizienzvergleichs berechnet werden.

Aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungen kann es bei den FNB möglicherweise ratsam sein, bei der Ausreißerbereinigung von der Trimming-Methode abzuweichen. Bei der gegebenen Samplegröße kann es relativ schnell dazu kommen, dass eine Ausreißerbereinigung mittels Trimming zu unplausiblen Ergebnissen führt.¹³⁴ In diesem Fall bietet sich der Rückgriff auf die beobachtungserhaltende Winsorizing-Methode an. Sofern die Winsorizing Methodik Anwendung findet, ist Winsorizing II gegenüber Winsorizing I zu bevorzugen.

Dieses Vorgehen ermöglicht es grundsätzlich, auch für die FNB einen Frontier Shift zu berechnen.

7.1.3 Ergebnisaggregation

Da pro Sektor Strom bzw. Gas gemäß § 9 ARegV nur ein gemeinsamer Wert für den generellen X-Faktor ermittelt wird, stellt sich insbesondere im Gasbereich die Frage, wie mit den beiden ermittelten Einzelergebnissen (VNB und FNB) umzugehen ist.¹³⁵ Eine ungewichtete Durchschnittsbildung der beiden Einzelergebnisse erscheint an dieser Stelle nicht adäquat, da die berechneten Frontier Shifts auf unterschiedlichen Datengrundlagen mit einer unterschiedlichen Anzahl an Beobachtungen beruhen. Aus diesem Grund bietet es sich an, die beiden Frontier Shifts gemäß der jeweiligen Anzahl ihrer Beobachtungen zu gewichten. Dadurch würde jede reale Kosten-Outputrelation der Netzbetreiber dasselbe Gewicht erhalten unabhängig davon, ob es sich um einen Verteilnetzbetreiber im Gassektor oder einen Fernleitungsnetzbetreiber handelt. Damit bleibt auch die Konsistenz mit der Durchschnittsbildung innerhalb einer Spezifikation gewahrt, bei der ebenfalls jeder Netzbetreiber mit dem gleichen Gewicht eingeht.¹³⁶ Dieses Vorgehen erfährt eine weitere Rechtfertigung, da aufgrund der Beobachtungszahl tendenziell von einer höheren Qualität der Ergebnisse der VNB auszugehen ist. Die Anzahl der zu vergleichenden FNB erscheint für Produktivitätsberechnungen auf Basis des Malmquist Indexes vergleichsweise gering.

¹³⁴ Dies war bei Testrechnungen auf Basis der bisherigen Datengrundlage nicht der Fall. Allerdings kann es zukünftig nicht ausgeschlossen werden, so dass Winsorizing II als second best Lösung dienen kann. Die andere Lösung wäre analog der ÜNB eine Nichtberücksichtigung, was eher third best wäre.

¹³⁵ Die nachfolgenden Ausführungen gelten analog für die Stromnetze, sollten sich die Einschätzungen bzw. Möglichkeiten zur Einbeziehung der ÜNB zukünftig ändern.

¹³⁶ Siehe Schritt 1b aus Abbildung 4-1 und die dortigen Begründungen, insbesondere Fußnote 90.

7.2 Törnquist

7.2.1 Zweistellerebene

Auf Zweistellerebene sind die Fernleitungsnetzbetreiber in der VGR im WZ D „Energieversorgung“ nicht enthalten und somit nicht Teil der Berechnungen.

7.2.2 Vierstellerebene

Die Berechnung des synthetischen Index ist darauf ausgelegt alle Aktivitäten von VNBs als auch von ÜNBs und FLNBs über die Einbeziehung entsprechender Indexreihen abzubilden.

7.3 Einstandspreis

7.3.1 Zweistellerebene

Auf Zweistellerebene sind die Fernleitungsnetzbetreiber in der VGR im WZ D „Energieversorgung“ nicht enthalten und somit nicht Teil der Berechnungen.

7.3.2 Vierstellerebene

Auf Vierstellerebene gehen die ÜNB bzw. FLNB gemäß ihrer Kostenanteile in das Wägungsschema bei der Bildung eines synthetischen Inputpreisindex in die Berechnungen ein (vgl. Abschnitt 6.3.1). Eine alternative Vorgehensweisen wäre eine Gewichtung nach Anzahl der Netzbetreiber. Die würde im fiktiven Beispiel aus 6.3.1 zu folgendem Ergebnis führen (vgl. Tabelle 7-2).

Tabelle 7-2: Bildung des Wägungsschemas nach Anzahl der Netzbetreiber (schematisch)

	VNBs	ÜNBs	Summe	Wägung
Materialkosten	80	70	150	0,7272
Personalkosten	10	12	22	0,0914
Kalkulatorische Kosten	20	15	35	0,1814
Gesamtkosten	110	97	207	1,0000

Dabei wurde Folgendes angenommen:

Anzahl ÜNB: 4

Anzahl VNB: 260

Anteil ÜNB = $4/264 = 0,0152$

Anteil VNB = $260/264 = 0,9848$

Der Anteil der Materialkosten ergäbe sich beispielsweise somit als:

$$(80/110) * 0,9848 + (150/207) * 0,0152 = \mathbf{0,7272}$$

Im Ergebnis würde die Anzahl der Netzbetreiber das Ergebnis beeinflussen. Im konkreten Fall ergäbe sich eine Verzerrung in Richtung der Kostenstruktur der VNB.

Würde man als weitere Alternative die ÜNB und VNB als eigenständige Klassen gewichten ergäbe sich im gewählten Beispiel Folgendes:

Tabelle 7-3: Bildung des Wägungsschemas nach Netzbetreiberklassen (schematisch)

	VNBs	ÜNBs	Summe	Wägung
Materialkosten	80	70	120	0,7245
Personalkosten	10	12	110	0,1073
Kalkulatorische Kosten	20	15	40	0,1682
Gesamtkosten	110	97	207	1,0000

Der Anteil der Materialkosten ergäbe sich beispielsweise somit als:

$$(80/110+70/97)/2 = 0,7245$$

Daraus ergibt sich eine Abweichung von der Kostenstruktur der jeweiligen Netzbetreiberklassen. Anteile an den aggregierten Gesamtkosten werden bedeutungslos.

Aufgrund der Nachteile der beschriebenen alternativen Ansätze wurde ein Gewichtung über die Kosten gewählt.

8 Synopse

Im Rahmen der Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors nach § 9 ARegV für die dritte Regulierungsperiode ist eine Prognose vorzunehmen, wie sich die Produktivität und die Estandspreise der Strom- und Gasnetze in Relation zu ihren gesamtwirtschaftlichen Pendants im Zeitraum 2019 bis 2023 (Strom) bzw. 2018 bis 2022 (Gas) entwickeln werden. Wie in Kapitel 2 erläutert, geht es in Bezug auf die Produktivität im Rahmen der ARegV allein um durch technologischen Fortschritt bedingte Produktivitätsänderungen (Verschiebung der Effizienzgrenze bzw. Frontier Shift). Eine zentrale Frage bei der Ermittlung des generellen X-Faktors ist, mittels welcher Methodik der technische Fortschritt bei den Energienetzen bestimmt werden soll. Das erforderliche Vorgehen für die anderen Größen des generellen X-Faktors lässt sich unmittelbar daraus ableiten (siehe Abbildung 3-8 in Abschnitt 3.4). Daher erfolgt abschließend in diesem Kapitel auf Basis der bisherigen Ausführungen eine synoptische Gegenüberstellung der beiden wesentlichen Berechnungsmöglichkeiten für den sektoralen Produktivitätsfortschritt: Malmquist Produktivitätsindex (nachfolgend verkürzend Malmquist) und Törnquist Mengenindex (nachfolgend verkürzend Törnquist).

Anknüpfend an Abschnitt 3.4 sind für die Auswahl spezifischer Ansätze drei wesentliche Bewertungskriterien zu beachten. Es gilt zu beurteilen, inwiefern die verwendete Methodik, die verfügbaren Daten und das gewählte Stützintervall aussagekräftig in Hinblick auf die Fragestellung sind. Eine zusammenfassende Übersicht der folgenden Erläuterungen ist in Tabelle 8-1 enthalten.

Methodik

Der Malmquist basiert auf netzbetreiberspezifischen Daten. Zentrales Wesensmerkmal ist, dass unternehmensindividuelle Aufholeffekte durch Annäherung an die Effizienzgrenze (Catch-up) und die eigentliche Verschiebung der Effizienzgrenze (Frontier Shift) getrennt ausgewiesen werden (vgl. Abschnitt 3.1.1). Mithin kann der Ansatz grob als mikrofundierte „Frontier Methode“ klassifiziert werden. Demgegenüber ermittelt der Törnquist die Änderung der Gesamtproduktivität (totale Faktorproduktivität) des betrachteten Sektors und differenziert nicht nach unterschiedlichen Ursachen von Produktivitätsänderungen (allokative, technische und Skaleneffizienz sowie technologischer Fortschritt) (vgl. Abschnitt 3.1.2). Aufgrund der Verwendung von Daten aus der VGR kann er schlagwortartig als makrofundierte „Durchschnittsbetrachtung“ eingestuft werden.

Der Törnquist bildet den technischen Fortschritt unter den Annahmen des vollkommenen Wettbewerbs korrekt ab, da in diesem Fall allokative, technische und Skaleneffizienz gegeben sind. Strom- und Gasnetze stellen als natürliche Monopole allerdings zunächst einen nicht wettbewerbsorientierten Bereich dar. Deshalb zielt die Anreizregulierung auf die Simulierung von Wettbewerb ab. Die Annahmen des vollkommenen Wettbewerbs wären für Strom- und Gasnetze nur dann unkritisch, wenn sich unternehmens-

individuelle Ineffizienzen im Durchschnitt nicht signifikant über die Zeit verändern würden (vgl. Abschnitt 2.3).

Im Gegensatz dazu schätzt der Malmquist den Frontier Shift direkt aus einem Unternehmenssample. Daher sind in diesem Kontext keine grundsätzlichen, sondern Annahmen hinsichtlich der Schätzmethoden erforderlich. So sind bei der DEA, die diesbezüglich die geringsten Restriktionen auferlegt, Annahmen über die Skalenerträge zu treffen. Um Konsistenz mit den statischen Effizienzvergleichen zu wahren, sollten nicht-fallende Skalenerträge (NDRS) für die erste und zweite Regulierungsperiode und konstante Skalenerträge (CRS) für die dritte Regulierungsperiode unterstellt werden. Bei der SFA sind entsprechende Verteilungsannahmen für die stochastischen Terme und die funktionale Form der Schätzgleichung zu treffen (vgl. Abschnitte 3.1.1.1 und 4.2).

Als Frontier Methode weist der Malmquist eine gewisse Anfälligkeit gegenüber Datenunsicherheiten auf, wobei die SFA durch die explizite Berücksichtigung von Stochastik weniger anfällig als die DEA ist. Auch die Verwendung von Ausreißeranalysen wirkt einer möglichen Anfälligkeit entgegen. Darüber hinaus kontrolliert das in Kapitel 4 entwickelte Vorgehen teilweise für Veränderungen in den Datendefinitionen, da der Index angelehnt an den Kettenindex bei der VGR jeweils auf Basis der Outputparameter der beiden eingehenden Effizienzvergleiche ermittelt wird. Eine vierte Maßnahme zur Erhöhung der Robustheit stellt die Durchschnittsbildung über verschiedene Ansätze dar (vgl. insbesondere Abbildung 4-1). Nicht adressiert werden kann hingegen die Möglichkeit, dass eigentlich effiziente Unternehmen nicht in der Stichprobe enthalten sind (Selektionseffekt), was zu verzerrten Schätzergebnissen für den Frontier Shift führen kann. Leichte Verzerrungen (im Sinne unkorrekter Schätzergebnisse für den Frontier Shift) sind auch durch Auf- oder Abbau allokativer Ineffizienz möglich, wenn keine wettbewerblichen Faktormärkte vorliegen. Sind diese Märkte hingegen wettbewerblich organisiert, kommt es zu keinen Verzerrungen, da die entsprechenden Effekte dann vollständig Bestandteil des Catch-up sind.

Veränderungen bei der allokativen Effizienz führen beim Törnquist hingegen immer zu Verzerrungen, bei dem es zusätzlich noch zu Verzerrungen kommt, wenn sich die technische oder Skaleneffizienz über die Zeit verändern. Bei Aufholeffekten (Annäherung an die Effizienzgrenze) wird der Frontier Shift tendenziell überschätzt, bei zunehmenden Ineffizienzen hingegen tendenziell unterschätzt. Ansonsten ist der Törnquist durch den Rückgriff auf Aggregate der VGR robust in Hinblick auf Datenunsicherheiten. Allerdings können die verwendeten Zeitreihen Brüche aufweisen (z.B. durch Änderungen in der Erhebungssystematik). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Brüche steigt mit der Länge der verwendeten Zeitreihen an.

Im Vergleich zum Malmquist ist der Törnquist einfach umsetzbar und leicht nachvollziehbar. Die Besonderheit beim Malmquist liegt in der Möglichkeit, den Index auf Basis nominaler Kosten zu berechnen (Kostenmalmquist). Wie in Abschnitt 3.1.1.2 gezeigt, sind durch den Verzicht auf eine Deflationierung der Kosten sektorale Faktorpreisände-

rungen unmittelbar im Ergebnis des Kostenmalmquist inbegriffen, so dass auf deren separate Ermittlung verzichtet werden kann (vgl. insbesondere Formeln (3-12) und (3-13)), was mögliche Fehlerquellen in diesem Bereich vermeidet. Daher sollte bei Anwendung des Malmquist ein Kostenmalmquist verwendet werden. Das in Abschnitt 4.2 entwickelte Vorgehen erlaubt zudem, möglichst viele aus den Effizienzvergleichen zur Verfügung stehenden Informationen in die Berechnungen des Frontier Shifts einfließen zu lassen und durch Rückgriff auf die in den Effizienzvergleichen angewendeten Verfahren (inkl. verwendete Outputparameter und Ausreißerbereinigung) eine gewisse Konsistenz mit diesen herzustellen.

Daten

Datengrundlage für den Malmquist sind die Erhebungen im Rahmen der Effizienzvergleiche. Die netzbetreiberspezifischen Datensätze beinhalten die geprüften Kosten (standardisiert und nicht-standardisiert) und die entsprechenden Angaben zu den in die jeweiligen Benchmarkings eingehenden Outputparameter.¹³⁷ Während sich die Fernleitungsnetzbetreiber im Gas grundsätzlich einbeziehen lassen, ist dies für die Übertragungsnetzbetreiber im Strom derzeit nicht sichergestellt (vgl. Abschnitt 7.1).

Bezüglich des Törnquist ermöglichen die Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes derzeit konsistente Datensätze für alle erforderlichen Parameter des Indexes auf der zweiten Gliederungsebene (siehe Annex B).¹³⁸ Als direkter Proxy für den Netzbereich muss daher auf das Aggregat Energieversorgung (WZ08-D) zurückgegriffen werden. Dieses Aggregat beinhaltet die gesamte Wertschöpfungskette der Energieversorgung, so dass Effekte im Netzbereich durch Entwicklungen in den anderen Wertschöpfungsstufen teilweise überlagert sind. Eine Differenzierung nach Strom und Gas ist nicht möglich. Ferner sind die FNB nicht in diesem Aggregat enthalten (siehe Abschnitt 5.2). Eine Alternative ist die Erstellung eines synthetischen Indexes, der unter Verwendung netzbetreiberspezifischer Kostenstrukturdaten den Netzbereich mittels anderer Wirtschaftszweige der Zweistellerebene nachbildet. Dies ermöglicht die Trennung nach Strom und Gas. Allerdings bestehen in diesem Kontext gewisse Freiheitsgrade bei der Bildung des Indexes (vgl. Abschnitt 5.3). Grundsätzlich sollten Berechnungen im Rahmen des Törnquist Indexes sowohl auf Basis des Produktionswertes als auch auf Basis der Bruttowertschöpfung erfolgen. Beide makroökonomischen Größen haben gewisse Vor- und Nachteile, ohne eine eindeutige Vorteilhaftigkeit identifizieren zu können (vgl. Abschnitt 3.1.2.2). Durch die Verwendung beider Größen kann die Robustheit der Ergebnisse tendenziell verbessert werden.

¹³⁷ Für eine detaillierte Beschreibung der Datensätze siehe Abschnitt 4.1 für die VNB und Abschnitt 7.1.2 für die FNB.

¹³⁸ Hinsichtlich der Möglichkeit der Bereitstellung nicht veröffentlichter Zeitreihen auf tieferen Gliederungsebenen der VGR läuft derzeit noch eine Datenanfrage der BNetzA beim Statistischen Bundesamt.

Tabelle 8-1: Synoptische Gegenüberstellung von Malmquist Produktivitätsindex und Törnquist Mengenindex

Ansatz	Malmquist Produktivitätsindex	Törnquist Mengenindex
Bewertungskriterien		
Methodik		
Grobklassifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • „Frontier Methode“ • Separierbarkeit von Frontier Shift (technischer Fortschritt) und Catch-up (Aufholeffekte) • Mikroansatz 	<ul style="list-style-type: none"> • „Durchschnittsbetrachtung“ • Jegliche Produktivitätsänderung wird als Frontier Shift ausgewiesen • Makroansatz
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Eher weniger annahmenintensiv <ul style="list-style-type: none"> – DEA: Skalenerträge (NDRS/CRS) – SFA: Cobb Douglas Funktion, Verteilungsannahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Restriktive Annahmen <ul style="list-style-type: none"> – Abbildung des technischen Fortschritts nur bei Vorliegen von technischer, allokativer und Skaleneffizienz – Wettbewerbsanalogie der ARegV • Translog Produktionsfunktion
Robustheit	<ul style="list-style-type: none"> • Als Frontier Methode gewisse Anfälligkeit bzgl. Datenunsicherheiten (z.B. Messfehler, Selektionseffekte, Änderung in den Datendefinitionen), aber <ul style="list-style-type: none"> – SFA berücksichtigt explizit Datenunsicherheiten – Ausreißerbereinigung – Rechnungen auf Basis der Datendefinitionen der jeweils beteiligten Perioden – Durchschnittsbildung über verschiedene Ansätze • leichte Verzerrungen bei Änderungen der allokativen Effizienz möglich, aber <ul style="list-style-type: none"> – Faktormärkte grundsätzlich wettbewerblich organisiert (allokative Ineffizienz eher Bestandteil des Catch-up) 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Verwendung von Aggregaten aus der VGR robust gegenüber Datenunsicherheiten • Eventuelle Brüche in den Zeitreihen (z.B. durch Änderungen in der Erhebungssystematik) • Verzerrungen bei Änderungen der allokativen, technischen oder Skaleneffizienz
Besonderheit	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenmalmquist (Verwendung nominaler Kosten) <ul style="list-style-type: none"> – Keine separate Berechnung der sektoralen Inputpreisänderungen erforderlich (Reduktion möglicher Fehlerquellen) • Umfassende Nutzung der Informationen aus den Effizienzvergleichen 	<ul style="list-style-type: none"> • Methode ist vergleichsweise einfach und leicht nachvollziehbar
Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Datengrundlage: Erhebungen im Rahmen der Effizienzvergleiche • Verwendung von Netzbetreiberdaten <ul style="list-style-type: none"> – geprüfte Kosten (standardisiert und nicht standardisiert) – Outputparameter • Einbeziehung der FNB möglich • Einbeziehung der ÜNB derzeit nicht sichergestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • Datengrundlage: Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes • Berechnungen auf Basis der makroökonomischen Größen Produktionswert und Bruttowertschöpfung • Zweisteller: Energieversorgung (WZ08-D) <ul style="list-style-type: none"> – Gesamte Wertschöpfungskette der Energieversorgung – Keine Differenzierung nach Strom und Gas möglich – FNB sind nicht enthalten • Viersteller: synthetischer Index unter Verwendung netzbetreiberspezifischer Kostenstrukturdaten <ul style="list-style-type: none"> – Freiheitsgrade bei der Ausgestaltung
Stützintervall	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Datenpunkte: 2006 – 2010/2011¹⁾ • 3 Datenpunkte: 2006 – 2015/2016²⁾ • Hohe Deckungsgleichheit mit den Anreizstrukturen für Netzbetreiber im Prognosezeitraum • Rollierende Systematik innerhalb der ARegV möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • 1998 – 2014³⁾ • Liberalisierung der Energiemärkte als Einschnitt in die strukturellen Gegebenheiten des Sektors • Glättung längerer Investitionszyklen bei den Energienetzen aufgrund langlebiger Anlagengüter

Anmerkungen: ¹⁾ auf Basis der beiden bereits durchgeführten Effizienzvergleiche für die erste und zweite Regulierungsperiode;

²⁾ bei Einbeziehung der Effizienzvergleiche für die dritte Regulierungsperiode;

³⁾ 2014 als derzeit verfügbarer Endzeitpunkt.

Stützintervall

Die Liberalisierung der Energiemärkte stellt einen signifikanten Einschnitt in die strukturellen Gegebenheiten des Sektors und das Handeln der Energieunternehmen dar. Unter Monopolbedingungen bestehen tendenziell andere Anreize für technologische Produktivitätssteigerungen als in einem liberalisierten Marktumfeld.

In Deutschland kann 1998 mit der Novellierung des EnWG als Beginn der Marktliberalisierung angesehen werden. Zeiträume, die vor dieser Zeit liegen, sollten somit nicht in die Untersuchungen einbezogen werden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit deckt dieser Zeitraum zudem näherungsweise einen vollen Investitionszyklus bei den Energienetzen ab (vgl. Abschnitt 3.3). Der Startzeitpunkt ist beim Törnquist unkritisch, da nur bedingt auf netzbetreiberspezifische Informationen rekuriert wird. Hinsichtlich des Endes des Stützintervalls sollten die aktuell verfügbaren Informationen einfließen (derzeit 2014), was bei VGR Daten mit einem Zeitverzug von ca. 2 Jahren verbunden ist. So wird voraussichtlich im August 2017 ein vollständiger Datensatz für 2015 vorliegen, auf den die Törnquist Berechnungen aufsetzen können.

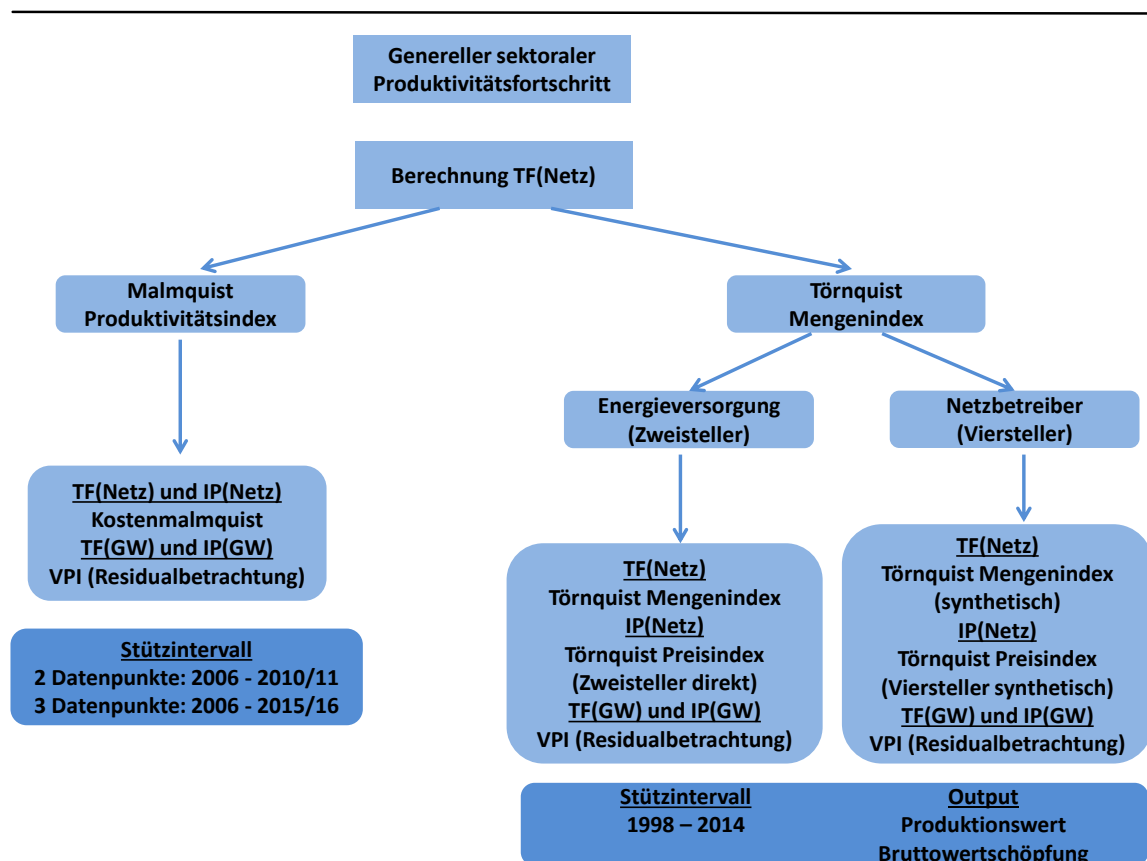
Demgegenüber ist beim Malmquist das Stützintervall durch die verfügbaren Daten aus den Effizienzvergleichen determiniert. Das durch die beiden bisher vorliegenden Effizienzvergleiche (2 Datenpunkte) abgedeckte Stützintervall umfasst bei Gas 4 Jahre (mit den Basisjahren 2006 und 2010) und bei Strom 5 Jahre (mit den Basisjahren 2006 und 2011). Da die Kostendaten aus der Gewinn- und Verlustrechnung Stromgrößen über das Jahr 2006 darstellen und hinsichtlich der Bilanzwerte eine Mittelwertbildung zum Vorjahr stattgefunden hat, liegt der Startpunkt des Stützintervalls in 2006. Gleiches gilt für den Endzeitpunkt 2010 bzw. 2011. Das Stützintervall mit vier (Gas) bzw. fünf Jahren (Strom) ist somit in Relation zu den Investitionszyklen verhältnismäßig kurz. Allerdings weist dieser Zeitraum eine hohe Deckungsgleichheit mit den Anreizstrukturen für Netzbetreiber im Prognosezeitraum auf. Bei Einbeziehung der Informationen aus dem anstehenden dritten Effizienzvergleich (3 Datenpunkte) wird das Stützintervall jeweils um fünf Jahre ausgedehnt (mit den zusätzlichen Basisjahren 2015 bei Gas und 2016 bei Strom). Der Kostenmalmquist bietet zudem inhärent die Möglichkeit, eine rollierende Systematik zur Bestimmung des generellen X-Faktors zu implementieren, so dass die Vorgaben für die anstehende Regulierungsperiode immer auf Basis der vorhergehenden Periode(n) ermittelt werden, was tendenziell kürzere Stützintervalle rechtfertigt (siehe insbesondere Abbildung 3-7).

Resultierende Berechnungssystematik für den generellen X-Faktor

Wie bereits erwähnt, leiten sich die Notwendigkeiten für die Berechnung der weiteren in den generellen X-Faktor einfließenden Größen unmittelbar aus der Wahl der Methodik für die Ermittlung des sektoralen technischen Fortschritts (TF(Netz)) ab. Die resultierende Berechnungssystematik ist in Abbildung 8-1 dargestellt, die eine leicht ergänzte Version von Abbildung 3-8 ist.

Wird der netzwirtschaftliche technische Fortschritt mittels Kostenmalmquist (Malmquist auf Basis nominaler Kosten) unter Nutzung der Netzbetreiberdaten aus den Effizienzvergleichen ermittelt, sind sektorale Faktorpreisänderungen ($IP(\text{Netz})$) unmittelbar im Ergebnis inbegriffen, so dass zusätzlich nur noch die gesamtwirtschaftlichen Größen (technischer Fortschritt, $TF(\text{GW})$, und Einstandspreis, $IP(\text{GW})$) berechnet werden müssen. Da die deutsche Volkswirtschaft als wettbewerblich organisiert klassifiziert werden kann, kann unter Anwendung der Residualbetrachtung zudem unmittelbar auf Daten des VPI zurückgegriffen werden, die regelmäßig durch das Statistische Bundesamt veröffentlicht werden, so dass gänzlich auf die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Größen verzichtet werden kann, was mögliche Fehlerquellen bei der Ermittlung des generellen X-Faktors reduziert (vgl. Abschnitte 3.2.2 und 6.1). Das Stützintervall resultiert aus den verfügbaren Effizienzvergleichen (2006 bis 2010/11 bei 2 Datenpunkten und 2006 bis 2015/16 bei 3 Datenpunkten).

Abbildung 8-1: Berechnungssystematik (Synopsis)



Quelle: WIK

Die Nutzung der Residualbetrachtung kann ohne Einschränkungen auch auf Ansätze übertragen werden, die den sektoralen Produktivitätsfortschritt auf Basis des Törnquist Mengenindex ermitteln. Wird die Zweistellerebene (Energieversorgung) verwendet,

sind auch die sektoralen Einstandspreisentwicklungen auf dieser Ebene anzusiedeln (siehe Abschnitt 6.2). Die Anwendung des synthetischen Indexes (Viersteller) erfordert die Nutzung eines synthetischen, netzspezifischen Einstandspreisindex, der nach Strom und Gas differenziert werden kann (siehe Abschnitt 6.3). Wird die Produktivität auf Basis der Bruttowertschöpfung berechnet, müssen auch bei den Einstandspreisen die Vorleistungspreise unberücksichtigt bleiben, während diese beim Produktionswert miteinzubeziehen sind.

Annex A: Indexzahlen

In diesem Annex werden die wesentlichen vier Indexzahlen diskutiert, Laspeyres, Paasche, Fisher und Törnquist, die im Rahmen volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen für Produktivitätsermittlungen und Preisentwicklungen eine Rolle spielen und sich grundsätzlich zur Bildung von Preis- oder Mengenindizes eignen. Wenn mehrere Inputs bzw. Outputs zur Berechnung der totalen Faktorproduktivität oder mehrere Preise zur Ermittlung einer generellen Preisentwicklung verdichtet werden sollen, so sind diese Größen jeweils in einer Kennzahl (Index) zusammenzufassen. Ein Index aggregiert mithin verschiedene Einzelinformationen bezüglich Preisen und Mengen.

Ausgangspunkt sei die Wertgröße $v_{m,t}$ eines Produktes m zum Zeitpunkt t , die sich aus dem Produktpreis $a_{m,t}$ und der Produktmenge $y_{m,t}$ zusammensetzt. Während die Aggregation der Wertgrößen unterschiedlicher M Produkte zu einem bestimmten Zeitpunkt t unkritisch ist ($V_t = \sum_{m=1}^M v_{m,t} = \sum_{m=1}^M a_{m,t} \cdot y_{m,t}$), ist es wenig sinnvoll nur die Preise oder nur die Mengen über die M Produkte zu aggregieren. Wertänderungen über die Zeit setzen sich zudem immer aus einem Preis- (Veränderung der Preise über die Zeit) und einem Mengeneffekt (zeitliche Veränderung der Mengen) zusammen. Um den Preiseffekt (z.B. im Rahmen des Inputpreisindex) isolieren zu können, müssen daher die Mengen einer Periode (Basisperiode) konstant gehalten werden. Soll dagegen der Mengeneffekt (z.B. im Rahmen der TFP) separiert werden, müssen die Preise einer Basisperiode unverändert bleiben.¹³⁹

Die anfangs genannten Indices unterscheiden sich nun in der Wahl der Basisperiode. Dies sei im Folgenden exemplarisch für auf den Output bezogene Mengenindizes Q veranschaulicht, die eine Aussage über die Veränderung der Produktmengen über die Zeit ermöglichen.¹⁴⁰ Beim Laspeyres (Mengen-)Index Q^L werden die Preise einer in der Vergangenheit liegenden Periode $t-1$ konstant gehalten:

$$(0-1) \quad Q_t^L = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t-1} \cdot y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t-1} \cdot y_{m,t-1}} = \frac{\sum_{m=1}^M \left(\frac{y_{m,t}}{y_{m,t-1}} \right) \cdot a_{m,t-1} \cdot y_{m,t-1}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t-1} \cdot y_{m,t-1}} = \sum_{m=1}^M \left(\frac{y_{m,t}}{y_{m,t-1}} \right) \cdot \omega_{m,t-1}$$

mit

$$\omega_{m,t-1} = \frac{a_{m,t-1} \cdot y_{m,t-1}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t-1} \cdot y_{m,t-1}}.$$

Die Erweiterung des Zählers mit den Mengen aus $t-1$ resultiert in einer Gewichtung ($\omega_{m,t-1}$) der Mengenrelationen mit dem Wertanteil des Produktes m an den Gesamtausgaben über alle M Produkte in der Basisperiode. Der Koeffizient $\omega_{m,t-1}$ reflektiert somit die relative Wichtigkeit der verschiedenen M Outputs.

¹³⁹ Der Preisindex wird auch als Price Index Number (PIN) und der Mengenindex als Quantity Index Number (QIN) bezeichnet. Siehe z.B. Coelli et al. (1998: 72ff.).

¹⁴⁰ Die Formeln für auf den Input bezogene Mengenindizes und Preisindizes ergeben sich analog.

Demgegenüber bleibt beim Paasche Index Q^P der Preis der Betrachtungsperiode t unverändert:

$$(0-2) \quad Q_t^P = \frac{\sum_{m=1}^M a_{m,t} \cdot y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} \cdot y_{m,t-1}} = 1 / \sum_{m=1}^M (y_{m,t-1} / y_{m,t}) \cdot \omega_{m,t}$$

mit

$$\omega_{m,t} = \frac{a_{m,t} \cdot y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} \cdot y_{m,t}}.$$

Bei Paasche wird der Preis $a_{m,t}$ der Betrachtungsperiode als Gewicht zur Indexbildung herangezogen. Der Index gibt an, wie sich die Ausgaben Summe für den Warenkorb der Betrachtungsperiode relativ zur Ausgaben Summe für den Warenkorb der Basisperiode bei einer Bewertung zu Preisen der Betrachtungsperiode verändert hat. Paasche ist somit das mit den Wertanteilen der Betrachtungsperiode ($\omega_{m,t}$) gewichtete harmonische Mittel der Mengenrelationen.

Laspeyres und Paasche stellen sozusagen die beiden Extrempunkte hinsichtlich der der Gestaltung dar. Während Laspeyres durch die Orientierung an Vergangenheitswerten die tatsächliche Entwicklung tendenziell unterschätzt, wird diese durch Paasche eher überschätzt. Um diesem Problem zu begegnen, hat Fisher einen Index (Q^F) definiert, der beide Indices zusammenführt, indem das geometrische Mittel aus dem Laspeyres Index und dem Paasche Index gebildet wird:

$$(0-3) \quad Q_t^F = \sqrt{Q_t^L * Q_t^P}.$$

Die Verwendung des geometrischen Mittels wird Substitutionseffekten besser gerecht, während die fixen Gewichte bei Paasche und Laspeyres dies nicht erlauben. Bei Preisänderungen verändern sich jedoch in aller Regel auch die relativen Nachfragemengen aufgrund von Substitutionseffekten. Relativ teure Güter werden zum Teil durch relativ billigere ersetzt. Die konstanten Gewichte bei Paasche und Laspeyres vernachlässigen diesen Umstand.

Eine Weiterentwicklung von Fisher stellt der Törnquist Index (Q^T) dar, bei dem der gewichtete geometrische Durchschnitt der Mengenrelationen verwendet wird, wobei die Gewichte ψ einfache Durchschnitte der Wertanteile ω in den jeweiligen Perioden sind:

$$(0-4) \quad Q_t^T = \prod_{m=1}^M \left[\frac{y_{m,t}}{y_{m,t-1}} \right]^\psi, \text{ mit } \psi = \frac{\omega_{m,t} + \omega_{m,t-1}}{2} \text{ und } \omega_{m,t} = \frac{a_{m,t} \cdot y_{m,t}}{\sum_{m=1}^M a_{m,t} \cdot y_{m,t}}.$$

Die Indexzahlen stellen Durchschnittsbetrachtungen an. Im Kontext von Produktivitätsanalysen auf Basis von Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ist daher nachteilig, dass nicht nach den einzelnen Ursachen von Produktivitätsänderungen differenziert werden kann (technische Effizienz, allokativen Effizienz, Skaleneffizienz und technischer Fortschritt), da nur der technische Fortschritt in Form des Frontier Shifts für die Bestimmung des generellen X-Faktors herangezogen werden sollte. Diese Methode stellt somit nur eine Annäherung an den tatsächlichen Frontier Shift dar. Durch den

Rückgriff auf Preisinformationen bilden die Indexzahlen nur unter bestimmten restriktiven Bedingungen den tatsächlichen Frontier Shift ab. Die Indices nach Paasche und Laspeyres, die implizit eine lineare Produktionsfunktion unterstellen, bilden die obere (Paasche) bzw. untere (Laspeyres) Schranke. Fisher und Törnquist bilden den die tatsächlichen Gegebenheiten unter bestimmten Bedingungen exakt ab. Während dies für Fisher unter der Annahme quadratischer Produktionsfunktionen gilt, gibt Törnquist den tatsächlichen Frontier Shift bei translog-Funktionen adäquat wieder. Diese Eigenschaft wird als Exaktheit und Superlativität des Indexes unter den entsprechenden Annahmen bezeichnet.¹⁴¹ Diese theoretische Fundierung von Fisher bzw. Törnquist gilt jedoch nur bei allokativer und technischer Effizienz. Ferner sind für die exakte Übereinstimmung der Werte konstante Skalenerträge in beiden Perioden erforderlich, die Eingang in den Index finden. Da translog flexibler als quadratische Funktionen sind und somit eine größere Bandbreite möglicher Produktionstechnologien umfassen, weist Törnquist einen Vorteil gegenüber Fisher auf. Zusätzlich erfüllt Törnquist die Eigenschaft der Transitivität, d.h. für drei beliebige Perioden s , t und r ergibt der direkte Vergleich zwischen s und r den gleichen Index wie der indirekte Vergleich über die Periode t , was insbesondere bei Verwendung von Kettenindices von Bedeutung ist. Demgegenüber weist Fisher die Eigenschaft der Dualität auf. Dies bedeutet, dass eine Deflationierung einer Wertgröße V_t mittels eines Preisindex nach Fisher (P_t^F) auch wieder einen Fisher Mengenindex (Q_t^F) ergibt. Wird hingegen ein Laspeyres Preisindex verwendet, resultiert ein Mengenindex nach Paasche und vice versa. Der Törnquist weist diese Eigenschaft nicht auf. Es findet nur eine Näherung statt.¹⁴²

Aufgrund der Durchschnittsbetrachtung führen Indexzahlen vor allem dann zu aussagekräftigen Ergebnissen, wenn sich die allokativen, technischen und Skaleneffizienz über die Zeit nicht signifikant geändert haben. Bei einer deutlichen Steigerung dieser Effizienzen überschätzen Indexzahlen tendenziell den technologischen Fortschritt, während bei fallenden Effizienzwerten eine Unterschätzung erfolgt.

¹⁴¹ Vgl. Coelli et al. (1998: 122ff).

¹⁴² Für eine vertiefte Diskussion der Vor- und Nachteile der einzelnen Indices siehe z.B. Coelli et al. (1998) und Hense und Stronzik (2005).

Annex B: Nicht verfolgte Ansätze

In diesem Annex werden ausgewählte Ansätze kurz aufgelistet, die im Rahmen des Prozesses diskutiert wurden und nach näherer Betrachtung aufgrund ihrer Nichteignung wieder verworfen und daher nicht weiter verfolgt wurden. Neben einer kurzen Beschreibung der Grundzüge dieser Ansätze werden die wesentlichen Gründe für die Nichteignung erörtert.

In diesem Gutachten wurde sowohl auf Drei- als auch auf Vierstellerebene keine direkten Berechnungen der Totalen Faktorproduktivität und der Inputpreise auf Grundlage des Törnquistindex angestellt. Direkt meint hier die Berechnung unter Verwendung geeigneter Daten aus den Datenquellen des Statistischen Bundesamtes.

Während auf Dreistellerebene (also auf der Ebene Strom- bzw. Gasversorgung) keine Berechnungen stattfanden, wurden auf Vierstellerebene jeweils synthetische Indizes generiert, um den Mangel an derzeit veröffentlichten Daten zu umgehen. Im Folgenden wird nun aufgezeigt, warum eine direkte Berechnung der TFP sowie der Inputpreise aus den Daten des Statistischen Bundesamtes auf Drei- und Vierstellerebene nicht möglich ist.¹⁴³

TFP

Dreistellerebene

Für die Elektrizitäts- und Gasversorgung liegen hier keine ausreichenden veröffentlichten Datensätze vom Statistischen Bundesamt vor. Insbesondere Produktionswert und Bruttowertschöpfung als Outputgrößen sind lediglich als nominale Werte verfügbar. Diese sind für die Berechnung der TFP nicht geeignet, da Veränderungen dann nicht nur der eigentlichen Wertschöpfung sondern auch Preisänderungen zugerechnet werden können.

Vor diesem Hintergrund können verschiedene Ansätze gewählt werden, um die nominalen Werte zu deflationieren und somit zu den gewünschten preisbereinigten Werten für die Bruttowertschöpfung und den Produktionswert zu gelangen. Im Folgenden werden diese Ansätze diskutiert und es wird erklärt, warum keiner der Ansätze zu einem gangbaren Ergebnis führt.

1. Verwendung eines geeigneten Erzeugerpreisindex

Die Erzeugerpreisindizes sind grundsätzlich gut geeignet für die Deflationierung der Produktionswerte für die inländische Verwendung in den Volkswirtschaftlichen Gesamt-

¹⁴³ Auch andere Datenbanken bieten in diesem Zusammenhang keine Abhilfe. So weist z.B. die ebenfalls häufig verwendete Datenbank EUKLEMS das Aggregat „Electricity, Gas and Water Supply“ aus, das neben der Energieversorgung auch noch die Wasserversorgung enthält. Dies ist nicht verwunderlich, da die relevanten Datenbanken auf den Veröffentlichungen der statistischen Ämter der jeweiligen Länder aufsetzen und somit ähnlich Abgrenzungen treffen.

rechnungen.¹⁴⁴ Sie zeigen die Preisentwicklung der inländischen Produktion für die inländische Verwendung einschließlich Gütersteuern, ohne Gütersubventionen und ohne Mehrwertsteuer. Soweit geeignete Erzeugerpreisindizes vorliegen, sind sie erste Wahl bei der Deflationierung von Produktionswerten in den VGR und werden immer den Verbraucherpreisindizes vorgezogen. Die Verbraucherpreisindizes für Strom und Gas spielen in den VGR nur bei der Deflationierung der Konsumausgaben privater Haushalte eine Rolle.

Da die Produktionswerte in den VGR ohne Gütersteuern und einschließlich Gütersubventionen abgegrenzt sind, müssen die Erzeugerpreisindizes ggf. angepasst werden. Zur Deflationierung der Produktionswerte für die inländische Verwendung der Gütergruppe 35.1 (Elektrischer Strom u. DL d. Elektrizitätsversorgung) müsste ein um die Energiesteuer bereinigter Erzeugerpreisindex verwendet werden. Bei Gütergruppe 35.2 (Gasversorgung) ist der Erzeugerpreisindex als Deflator für den Produktionswert in den VGR *nicht geeignet*, weil der Erzeugerpreisindex auch die Preisentwicklung des Erdgases selbst mit einschließt, dagegen der Produktionswert in den VGR das Erdgas selbst nicht enthält.

Die Bruttowertschöpfung kann nicht direkt deflationiert werden, da Preise für die Bruttowertschöpfung nicht beobachtet werden können. In den VGR werden zunächst die Produktionswerte und die Vorleistungen in Vorjahrespreisen bewertet. Die BWS in Vorjahrespreisen ergibt sich als Differenz zwischen Produktionswerten in Vorjahrespreisen und Vorleistungen in Vorjahrespreisen. Für Jahresangaben lässt sich der Deflator für die BWS anschließend theoretisch aus der BWS in jeweiligen Preisen und der BWS in Vorjahrespreisen berechnen. Das bedeutet, dass zur Deflationierung der BWS nicht nur die Produktionswerte sondern auch die Vorleistungen deflationiert werden müssen. Da keine Preisindizes für Vorleistungen vorliegen, ist es wichtig, die Vorleistungen möglichst detailliert nach Gütergruppen zu gliedern. In den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen untergliedern sich die Vorleistungen zusätzlich noch nach importierten Vorleistungen und Vorleistungen aus inländischer Produktion. Soweit Erzeugerpreisindizes für Waren aus der Preisstatistik vorliegen sind diese erste Wahl zur Deflationierung dieser Vorleistungen aus inländischer Produktion.

Da allerdings die zur Deflationierung von Vorleistungen verwendeten Preisindizes nicht verfügbar sind, ist eine Deflationierung der Bruttowertschöpfung auch auf Dreistellerebene nicht möglich.

2. Verwendung des Deflators der Energieversorgung

Da eine Anwendung der Erzeugerpreisindizes nicht möglich ist, könnte der (bekannte) Deflator der Energieversorgung (Zweistellerebene) herangezogen werden, um die Bruttowertschöpfung und den Produktionswert auf Dreistellerebene zu deflationieren. Hieraus ergeben sich allerdings gewisse Probleme:

¹⁴⁴ Die nächsten beiden Abschnitte geben die wesentlichen Erkenntnisse der Diskussion mit dem Statistischen Bundesamt zu diesem Thema wider.

Eine direkte Anwendung des Zweistellerdeflators auf Dreistellerdaten (BWS und PW) erscheint nicht zielführend, da zu viele Tätigkeiten des jeweils anderen Bereiches (Strom bzw. Gas) beinhaltet sind. Zusätzlich enthält der WZ Energieversorgung (35) auch den WZ 35.3 „Wärme- und Kälteversorgung“. Auch dieser müsste aus dem WZ 35 „herausgerechnet“ werden, um den korrekten Deflator zu bestimmen.

Bei der Erhebung der Daten werden die Betriebe allerdings nach ihrer Haupttätigkeit zugeordnet. Grundsätzlich gibt es Haupt-, Neben- und Hilfstätigkeiten. Wenn eine Tätigkeit z.B. zu 51% in der Stromerzeugung liegt und 49% bei Fernwärme, so wird das Unternehmen in 35.1 geführt. Umgekehrt kann in 3WZ 5.3 Strom enthalten sein. Ein Herausrechnen müsste daher auf Unternehmensebene erfolgen und ist somit nicht praktikabel.

Eine Anwendung des Deflators der „Energieversorgung“ ist aus diesem Grunde nicht möglich.

Vierstellerebene

Dieselben Probleme wie auf Dreistellerebene ergeben sich auch auf Vierstellerebene. Hier ist die Datenlage allerdings noch unzureichender, so dass die oben diskutierten Ansätze für die Dreistellerben hier ebenfalls ausfallen. Für die Elektrizitäts- und Gasnetze liegen hier derzeit keine veröffentlichten Datensätze vom Statistischen Bundesamt vor. Insbesondere Produktionswert und Bruttowertschöpfung als Outputgrößen, sowie Daten zu Arbeitsaufwand, Kapital oder Vorleistungen als Inputfaktoren sind auf dieser Ebene nicht verfügbar. Diese sind für die Berechnung unverzichtbar.

Verwendung alternativer Outputgrößen

Alternativ zur Produktionswert und Bruttowertschöpfung lassen sich auch Mengen als Output der Sektoren bzw. der Netzebenen interpretieren. Dies könnte beispielsweise die zeitgleiche Jahreshöchstlast auf Netzbetreiberebene sein. Grundsätzlich könnten Daten aus dem Effizienzvergleich der Netzbetreiber verschiedene Outputgrößen liefern. Allerdings liegen diese Daten nicht jährlich sondern nur für die Fotojahre vor, so dass eine Entwicklung über die Zeit nicht beobachtbar ist. Diese Alternative scheidet somit ebenfalls aus.

Inputpreis

Sowohl auf Dreisteller- als auch auf Vierstellerebene liegen keine Inputpreisindizes vor. Die Erzeugerpreisindizes stellen vielmehr die Outputpreise der einzelnen Wirtschaftszweige dar. Für den Wirtschaftszweig Energieversorgung sind dabei folgende Indizes verfügbar (vgl. Tabelle 0-1).

Tabelle 0-1: Erzeugerpreisindizes im Energiebereich

GP09-35	Energieversorgung
GP09-351	Elektrischer Strom u.DL d.Elektrizitätsversorgung
GP09-3511	Elektrischer Strom
GP09-35111	Elektrischer Strom
GP09-3512	Dienstleistungen der Elektrizitätsübertragung
GP09-35121	Dienstleistungen der Elektrizitätsübertragung
GP09-3513	Dienstleistungen der Elektrizitätsverteilung
GP09-35131	Dienstleistungen der Elektrizitätsverteilung
GP09-3514	Dienstleistungen des Elektrizitätshandels
GP09-35141	Dienstleistungen des Elektrizitätshandels
GP09-352	Indust.erz.Gase, Dienstleistungen d.Gasversorgung
GP09-3522	Dienstl.d.Gasversorg.d.Rohrleit.u.d.Handels m.Gas
GP09-35222	Dienstl.d.Gasversorg.d.Rohrleit.u.d.Handels m.Gas
GP09-353	Fernwärme mit Dampf und Warmwasser
GP09-35301	Fernwärme

Diese Preise enthalten die Wertschöpfung der Energieversorgung sowie Verbrauchsteuern und andere gesetzliche Abgaben. Sie sind daher nicht als geeignete Inputpreise zu verwenden.

Zur Berechnung der Inputpreise auf Drei- und Vierstellerebene könnte ebenfalls die Herangehensweise wie auf Zweistellerebene gewählt werden (vgl. Abschnitt 6.2), indem aus nominalen und preisbereinigte Daten der Deflator als Inputpreisindex berechnet wird.

Dazu müssten entsprechende Daten zum Bruttoanlagevermögen, der Arbeitskosten und der Vorleistungen verwendet werden. Diese Daten sind allerdings nicht verfügbar bzw. existent, so dass eine solche Berechnung nicht möglich ist.

Literaturverzeichnis

- Aigner, D.J., C.A.K Lovell and P. Schmidt (1977), Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Averch, H., & Johnson, L. L. (1962). Behavior of the Firm Under Regulatory Constraint. *American Economic Review*, 52(5), S. 1052–1069.
- Barnett, V. and Lewis, T. (1994): Outliers in statistical data, Chichester: John Wiley. und Tukey, J.W. (1962): The future of data analysis. *Annals of Mathematical Statistics*, 33, S. 1-67.
- BDEW [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.](2016): Stellungnahme zum Referentenentwurf des Energiestatistikgesetzes, Berlin, 27. Januar 2016.
- Beesley, M., & Littlechild, S. (1989). The Regulation of Privatized Monopolies in the United Kingdom. *RAND Journal of Economics*, 20(3), S. 454-472.
- Bernstein, J. I., & Sappington, D. E. (1999). Setting the X factor in price-cap regulation plans. *Journal of Regulatory Economics*, 16(1), S. 5-25.
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2005): 1. Referenzbericht Anreizregulierung: Price-Caps, Revenue-Caps und hybride Ansätze, 8. Dezember 2005.
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2006a): Bericht der Bundesnetzagentur nach §112a EnWG zur Einführung der Anreizregulierung nach § 21a EnWG.
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2006a): Generelle sektorale Produktivitätsentwicklung im Rahmen der Anreizregulierung, 2. Referenzbericht Anreizregulierung, 26. Januar 2006.
- BNetzA [Bundesnetzagentur] (2012): Definitionen zu den Erhebungsbögen für Betreiber von Elektrizitätsversorgungsnetzen, Anlage K2 (ÜNB) zur Festlegung von Vorgaben zur Durchführung der Kostenprüfung zur Bestimmung des Ausgangsniveaus der Betreiber von Elektrizitätsversorgungsnetzen i.S.d. § 3 Nr. 2 EnWG für die zweite Regulierungsperiode nach § 6 Abs. 1 ARegV vom 14.05.2012.
- BNetzA (Bundesnetzagentur). (2015). *Evaluierungsbericht nach § 33 Anreizregulierungsverordnung*. Bonn.
- Bogetoft, P. und L. Otto (2011): Benchmarking with DEA, SFA, and R, International Series in Operations Research and Management Science, Volume 157, Springer, New York.
- Caves, D., L. Christensen, and W.E. Diewert (1982a), Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers, *Economic Journal*, 92, 73–86.
- Caves, D., L. Christensen, and W.E. Diewert (1982b), The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity, *Econometrica* 50, 6, 1393–1414.
- Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. (1978), Measuring efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.
- Coelli, T., D. Prasada Rao, C. O'Donnell und G. Battese (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer. New York.
- Cooper, W. W., L. M. Seiford und K. Tone, 2007, *Data Envelopment Analysis*, Second Edition, Springer NY, USA.

- Dichtl-Rebling, K., S. Kresse und J. Schneider (2013), § 9 Genereller sektoraler Produktivitätsfaktor, in: Holznagel, B. und R. Schütz (Hrsg.), ARegV – Anreizregulierungsverordnung, Kommentar, C.H. Beck, München.
- E-Control. (2006). *Erläuterungen zu Systemnutzungstarife-Verordnung 2006*. Wien.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z., 1994, „Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries”, *American Economic Review*, 66-83.
- Fried, H. O., C. A. Knox Lovell, and S. S. Schmidt (eds.): *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press.
- Frontier Economics (2016): Wissenschaftliches Gutachten zur Ermittlung der Zuschläge zur Abdeckung netzbetriebsspezifischer unternehmerischer Wagnisse für Strom- und Gasnetzbetreiber, Gutachten im Auftrag der Bundesnetzagentur, 28. Juni 2016.
- Frontier Economics und Consentec (2013), Anlage A.BM –Effizienzvergleich für Verteilernetzbetreiber Gas, Bericht im Auftrag der Bundesnetzagentur, Juli 2013.
- Frontier Economics, Sumicsid und Consentec (2013): E3GRID2012 – European TSO Benchmarking Study.
- Gugler, Klaus, Michael Klien, und Stephan Schmitt. „Wirtschaftswissenschaftliches Gutachten zu Benchmarkingmethoden für die österreichischen Energienetze.“ Gutachten für die E-Control Austria, 2012.
- Hauf, S. (1997), Volkswirtschaftliche Lohnstückkosten und ihre Komponenten, *Wirtschaft und Statistik*, Heft 8/97, S. 523-535.
- Hense, A., & Stronzik, M. (2005). *Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber - Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse*. WIK Diskussionsbeitrag Nr. 268, Bad Honnef.
- IMF [International Monetary Fund] (2014), Quarterly National Account Manual: Concepts, Data Sources and Compilation, Washington, DC, Chapter 8.
- Kumbhakar S.C, H.-J. Wang und A.P. Horncastle (2015): *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata*, Cambridge University Press, New York.
- Laffont, J.-J. und J. Tirole (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, MIT Press.
- Malmquist, S. (1953), Index Numbers and Indifference Surfaces, *Trabajos de Estadística*, 4, 209–242.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2001). *Measuring Productivity: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*. OECD Manual, Paris.
- O'Mahony, M., & van Ark, B. (2003). *EU productivity and competitiveness: An industry perspective*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Polynomics (2011), Bestimmung der allgemeinen Produktivität (X-Allgemein) für die österreichische Gaswirtschaft, Gutachten im Auftrag des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen (FGW), Polynomics, 28. Oktober 2011, Olten.

- Polynomics und Jacobs University (2016), Die Ermittlung des technologischen Fortschritts anhand von Unternehmensdaten. Der Einsatz der Malmquist-Methode im deutschen Regulierungsrahmen. Studie im Auftrag der Netze BW GmbH, August 2016.
- Räth, N., Braakmann, A. et al. (2016): Bruttoinlandsprodukt 2015, in WISTA – Wirtschaft und Statistik, Ausgabe 1/2016.
- Schmitt, S., M. Stronzik (2015), Die Rolle des generellen X-Faktors in verschiedenen Regulierungsregimen, WIK Diskussionsbeitrag, Bad Honnef, Juli 2015.
- Simar, L. and P.W. Wilson, 2008, Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models. In Fried, H. O., C. A. Knox Lovell, and S. S. Schmidt (eds.): The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth, Oxford University Press.
- Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige, Mit Erläuterungen, Wiesbaden, Dezember 2008.
- Statistisches Bundesamt (2012): Index der Arbeitskosten je geleistete Stunde, Erläuterung für folgende Statistik(en): 62421 Arbeitskostenindex, abgerufen in der GENESIS-Datenbank (GENESIS V3.700P2 – 2016) am 30.06.2016.
- Statistisches Bundesamt (2013a): Verbraucherpreisindex für Deutschland – Wägungsschema, Basisjahr 2010, 03/2013.
- Statistisches Bundesamt (2013b): Erzeugerpreisindizes für Dienstleistungen: Informationen zum Preisindex IT-Dienstleistungen (WZ 2008: 58.29, 62 & 63.1).
- Stronzik, M. (2013). *Investitions- und Innovationsanreize: Ein Vergleich zwischen Revenue Cap und Yardstick Competition*. WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 379, Bad Honnef.
- Stronzik, M., Bender, C. (2014): Verfahren zur Ermittlung des sektoralen Produktivitätsfortschritts, Internationale Erfahrungen und Implikationen für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 384.
- Stronzik, M., & Franz, O. (2006). *Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferenzial*. WIK Diskussionsbeitrag Nr. 277, Bad Honnef.
- Sumicsid und EE² (2008a), PROJEKT GERNER IV Ergebnisdokumentation: Bestimmung der Effizienzwerte Verteilernetzbetreiber Strom, Endfassung, 14.11.2008.
- Sumicsid und EE² (2008b), PROJEKT GERNER IV Ergebnisdokumentation: Bestimmung der Effizienzwerte Verteilernetzbetreiber Gas, Endfassung, 27.11.2008.
- Swiss Economics und Sumicsid (2014a), Effizienzvergleich für Verteilernetzbetreiber Strom 2013, Ergebnisdokumentation und Schlussbericht, Februar 2014.
- Swiss Economics und Sumicsid (2014b), Effizienzverbesserungen VNB Strom. Veränderung der Effizienz der Verteilernetzbetreiber von der ersten zur zweiten Regulierungsperiode. Bericht im Auftrag der Bundesnetzagentur, September 2014.
- Syverson, C. (2011): What Determines Productivity?, Journal of Economic Literature 2011, 49:2, 326–365
- Törnqvist, Leo. (1936): The Bank of Finland's Consumption Price Index, Bank of Finland Monthly Bulletin, 10, S. 1-8.

- VKA [Vereinigung der kommunalen Arbeitgeberverbände] (2014): Tarifvertrag Versorgungsbetriebe (TV-V) vom 5. Oktober 2000 in der Fassung des 10. Änderungstarifvertrages vom 1. April 2014.
- Wiegmann, J. (2003), Entwicklung der totalen Faktorproduktivität nach Wirtschaftszweigen in der Bundesrepublik Deutschland 1992-2000, DIW Working Paper, Nr. 33, Berlin.
- WIK-Consult. (2012). *Genereller Produktivitätsfaktor österreichischer Gasverteilnetzbetreiber*. Studie für E-Control. Bad Honnef.