
Wissenschaftlicher Standard zur Ermittlung des Xgen

Eine Studie für den BDEW

vor dem Hintergrund des
Festlegungsentwurfs der BNetzA
(BK4-17-093)

17. November 2017

www.oxera.com

Contents

Executive summary	1
Part I: legal framework	11
Part II: general critique and data issues	12
Part III: four-digit Törnqvist	20
Part IV: Malmquist—DEA	32
Part V: Malmquist—SFA	48
Appendix	63

Oxera Consulting LLP is a limited liability partnership registered in England and Wales No. OC392464, registered office: Park Central, 40/41 Park End Street, Oxford, OX1 1JD, UK. The Brussels office, trading as Oxera Brussels, is registered in Belgium, SETR Oxera Consulting LLP 0651 990 151, registered office: Avenue Louise 81, Box 11, 1050 Brussels, Belgium. Oxera Consulting GmbH is registered in Germany, no. HRB 148781 B (Local Court of Charlottenburg), registered office: Rahel-Hirsch-Straße 10, Berlin 10557, Germany.

Although every effort has been made to ensure the accuracy of the material and the integrity of the analysis presented herein, Oxera accepts no liability for any actions taken on the basis of its contents.

No Oxera entity is either authorised or regulated by the Financial Conduct Authority or the Prudential Regulation Authority. Anyone considering a specific investment should consult their own broker or other investment adviser. Oxera accepts no liability for any specific investment decision, which must be at the investor's own risk.

© Oxera 2017. All rights reserved. Except for the quotation of short passages for the purposes of criticism or review, no part may be used or reproduced without permission.

Glossar / Glossary

Deutsch / Englisch	English	Deutsch	English
TFP		Totale Faktorproduktivität	Total factor productivity
IP		Einstandspreis	Input price
VPI	CPI	Verbraucherpreisindex	Consumer price index
PW	GO	Produktionswert	Gross output
WS	VA	Bruttowertschöpfung	Value added
SFA		Effizienzgrenzenanalyse	Stochastic frontier analysis
DEA		Dateneinhüllungsanalyse	Data envelopment analysis
DSO		Netzbetreiber	Distribution system operator
CRS		Konstante Skalenerträge	Constant returns to scale
IRS		Steigende Skalenerträge	Increasing returns to scale
NDRS		Nicht-fallende Skalenerträge	Non-decreasing returns to scale

Executive summary

1 Einleitung

1.1 Beauftragung

Durch die Regulierungsformel wirkt der generelle sektorale Produktivitätsfaktor (Xgen) gemeinsam mit dem Verbraucherpreisindex (VPI) auf einen wesentlichen Bestandteil der jährlichen Erlösobergrenzen der Gasnetzbetreiber in Deutschland, nämlich auf die beeinflussbaren und vorübergehend nicht beeinflussbaren Kosten.

Oxera wurde vom Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) damit beauftragt, das methodische Vorgehen der Bundesnetzagentur (BNetzA) in Bezug auf die anstehende Festlegung des Xgen zu untersuchen. Wir beziehen uns dabei auf den zur Konsultation veröffentlichten Festlegungsentwurf BK4-17-093 vom 12. Oktober 2017, welcher einen vorläufigen Xgen von 0,88% mittels Durchschnittsbildung der Xgen-Werte zweier Methoden (Törnqvist: 0,76%; Malmquist: 1,00%) festlegt.

Das der Törnqvist-Berechnung zugrunde liegende Excel-Modell wurde nachfolgend am 13. Oktober 2017 veröffentlicht und fließt ebenfalls in unsere kritische Würdigung der Vorgehensweise der BNetzA ein. Auftragsgemäß haben wir dieses Modell konzeptionell analysiert. Die zur 43. Kalenderwoche geplante Veröffentlichung der Berechnungen zum Malmquist-Index erfolgte am 6. November 2017 (45. Kalenderwoche) und konnte damit nicht von uns vollständig gewürdigt werden. Gleichwohl gehen wir dennoch auf die Malmquist-Methode ein und untersuchen deren Eignung zur Festlegung des Xgen im vorliegend betrachteten Fall. Ebenso beziehen wir uns auf eine von der BNetzA in Auftrag gegebene Methodenstudie des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK 2017)¹.

Zusätzlich zu den Beratern von Oxera haben die Oxera-Associates Prof. Emmanuel Thanassoulis, Prof. Subal Kumbhakar und Dr. Dimitris Giraleas bei der Erstellung dieser Studie mitgewirkt. Das Gutachten wurde in englischer Sprache verfasst und enthält ein Executive Summary in deutscher Sprache.

1.2 Methoden zur Berechnung des Xgen und internationaler Vergleich

Der Konsultationsentwurf der BNetzA ermittelt einen vorläufigen Xgen-Wert auf Basis zweier Methoden: dem Törnqvist-Index sowie dem Malmquist-Index. Letzterer kann mittels Data Envelopment Analysis (DEA) und Stochastic Frontier Analysis (SFA) berechnet werden, wobei der Festlegungsentwurf beide Ansätze verfolgt. Eigentlich ist die SFA-Methode der BNetzA keine Anwendung des Malmquist-Index. Der Einfachheit halber bleiben wir jedoch nachfolgend bei der Nomenklatur der BNetzA.

Sowohl die Törnqvist- als auch die Malmquist-Methode sind international anerkannte und geeignete Methoden zur Bestimmung von Produktivitätsfaktoren, und damit auch zur Bestimmung des Xgen. Beide Methoden haben ihre jeweiligen Stärken und Schwächen. Vor diesem Hintergrund ist der Ansatz der BNetzA, beide Methoden hinsichtlich ihrer Eignung zur Bestimmung von Xgen für den Netzsektor Gas zu überprüfen, aus wissenschaftlicher Sicht zu begrüßen.

Für die nachfolgende Diskussion ist die Definition des Xgen hilfreich:

$$X_{gen} = (\underbrace{\Delta IP^{Gesamt}}_{(i)} - \underbrace{\Delta TFP^{Gesamt}}_{(ii)}) + (\underbrace{\Delta TFP^{Gas}}_{(iii)} - \underbrace{\Delta IP^{Gas}}_{(iv)})$$

Der Xgen besteht aus vier Komponenten: (i) der gesamtwirtschaftlichen Einstandspreisentwicklung (IP) abzüglich (ii) der gesamtwirtschaftlichen totalen Faktorproduktivitätsentwicklung (TFP) sowie (iii) der Produktivitätsentwicklung im Netzsektor Gas abzüglich (iv) der Einstandspreisentwicklung im Netzsektor Gas. Die gesamtwirtschaftlichen Terme (i) und (ii) werden durch die BNetzA durch den Verbraucherpreis gemeinsam approximiert und nicht getrennt ausgewiesen. Die Malmquist-Methode berechnet die beiden netzwirtschaftlichen Komponenten (iii und iv) gemeinsam und kann diese nicht voneinander trennen. Der Törnqvist-Ansatz berechnet die netzwirtschaftliche Produktivitäts- (iii) und Einstandspreisentwicklung (iv) jeweils einzeln.

Wir haben im vorliegenden Festlegungsentwurf eine Reihe von Inkonsistenzen und methodischen Fehlern festgestellt. Auch wurden an einigen Stellen naheliegende und/oder besser geeignete methodische Alternativen von Seiten der BNetzA nicht berücksichtigt bzw. nicht ausreichend gewürdigt.

Im internationalen Vergleich liegen die in jüngerer Zeit festgelegten Xgen-Werte zwischen 0% und unter 1%. Seitens der BNetzA wurde kein Vergleich durchgeführt.

2 Törnqvist

2.1 Einführung

Die Berechnung von Produktivitäts- und Inputpreisdifferentialen mittels Törnqvist-Index ist eine international anerkannte und häufig verwendete Methode. Hierzu hat die BNetzA Netzbetreiberdaten, welche nicht in dieser Form durch das Statistische Bundesamt vorgehalten werden (vgl. Oxera 2017²), mittels Datenabfrage (BK4-17-004 vom 5. April 2017) für die Jahre 2006-2016 erhoben.

Das Berechnungstool und die verwendeten Daten wurden von der BNetzA veröffentlicht, sodass die Berechnungen nachvollzogen werden können. Die BNetzA ermittelt folgende Werte für die Xgen-Komponenten:

$$X_{gen} = \underbrace{(\Delta IP^{Gesamt} - \Delta TFP^{Gesamt})}_{\approx \Delta VPI} + (\Delta TFP^{Gas} - \Delta IP^{Gas})$$

$$0,76\% = (1,24\%) + (-0,48\% - 0,01\%)$$

2.2 Fehler im Excel-Tool

Die im Rahmen der Konsultation bereitgestellte Törnqvist-Berechnungsdatei enthält eine Reihe von Formelfehlern, die wir nachfolgend nach Möglichkeit aufzeigen; eine vollständige Aufzählung dieser Fehler können wir im Rahmen unserer schwerpunktmäßig konzeptionellen Beauftragung nicht gewährleisten.

- Verwendung des nominalen Produktionswerts im Jahr 2016: Hier sollte richtigerweise der preisbereinigte (deflationierte) Wert verwendet werden, so wie für die anderen Jahre geschehen. Mit der Aktualisierung vom 6.

November 2017 hat die BNetzA diesen Fehler erkannt. (Tabellenblatt „01_Produktivitätsentw._Netz“, Zelle L12)

- Abzug von sonstigen betrieblichen Aufwendungen bei der Preisbereinigung der Umsätze. (Tabellenblatt „02_Deflatoren“, Zeile 5)
- Normierung des Arbeitskostenindex: Der Index sollte wie die anderen Indizes auch auf 2010=100 indexiert werden. (Tabellenblatt „02_Deflatoren“, Zeile 32)
- Doppelzählung von Aufwendungen für Netzkauf bei der Berechnung der Vorleistungsquote. (Datenblatt „01_Produktivitätsentw._Netz“, Zeile 41)

Diese Fehler sind vor der Festlegung des Xgen zu beheben.

2.3 Stützintervall, Ausreißer und Strukturänderungen

Stützintervall

Die BNetzA berechnet den Törnqvist-Index auf Basis eines Stützintervalls von 2007–2016 (d.h. mit jährlichen Wachstumsraten von 2008–2016). Der von der BNetzA angegebene Hintergrund ist die unvollständige Datenlage für das Jahr 2006. Am 6. November 2017 gab die BNetzA jedoch bekannt, möglicherweise auch das Jahr 2006 zu berücksichtigen.

Die Wahl des Stützintervalls hätte wie in Oxera (2017) ausführlicher begründet und diskutiert werden müssen. Bei einem solchen relativ kurzen Stützintervall sind Effekte durch Investitionszyklen nicht auszuschließen. Diese können die gemessene Produktivität – prinzipiell in beide Richtungen – verzerren.

Außerdem hätte die Volatilität der Ergebnisse betrachtet und berücksichtigt werden müssen. Insbesondere die Frage, inwiefern die Ergebnisse durch einzelne Jahre signifikant beeinflusst werden, wurde von der BNetzA nicht geklärt. Gerade für die TFP-Gas-Komponente zeigt sich eine hohe jährliche Volatilität. Diese Beobachtung findet sich bereits in Oxera (2017) auf Basis eines Törnqvist-Index mit höher aggregierten Daten, insbesondere ab etwa 2006, wieder.

Mögliche Netzbetreiber-Ausreißer

Das von der BNetzA veröffentlichte Törnqvist-Modell aggregiert die von den Netzbetreibern bereitgestellten Daten; die Törnqvist-Berechnungen erfolgen schlussendlich auf dieser Aggregationsebene.

Dabei hat die BNetzA ihre Ergebnisse nicht nach Ausreißern überprüft. Das heißt, nach Unternehmen mit ungewöhnlichen Produktivitätsveränderungen sowohl nach oben als auch nach unten wird nicht gesucht. Dies kann die Ergebnisse beeinträchtigen.

Unternehmensindividuelle Xgen-Werte sollten durch die BNetzA berechnet, grafisch dargestellt und analysiert und ggf. entfernt werden.

Mögliche Strukturänderungen

Mögliche Strukturänderungen in der Gasnetzwirtschaft werden von der BNetzA nicht berücksichtigt bzw. nicht ausreichend diskutiert.

2.4 Wahl des Output-Index

Die Produktivitätsveränderung ergibt sich aus Division von Outputveränderung durch Inputveränderung.

Für den Outputindex gibt es drei Optionen: (i) preisbereinigter Produktionswert (PW), (ii) preisbereinigte Bruttowertschöpfung (WS), und (iii) transportierte Gasmenge. Im Festlegungsentwurf wird der Outputindex mithilfe der PW-Methode berechnet, auch wenn dies nicht weiter begründet wird.

Oxera erachtet die Wahl der PW-Methode als sachgerecht, da der Produktionswert durch Änderungen bei den Vorleistungen verhältnismäßig wenig verzerrt wird. Genau wegen dieser potenziellen Verzerrung durch Änderungen bei den Vorleistungen ist die PW-Methode der WS-Methode im vorliegenden Fall vorzuziehen.

Auch die Verwendung der transportierten Gasmenge als Output hätte gegenüber der PW-Methode erhebliche Nachteile. Insbesondere würde die transportierte Gasmenge nur einen Teil des Outputs von Gasnetzen abbilden. Die auf der Fernleitungsebene outputrelevanten Parameter Kapazität und überwundene Entfernung wären in dieser Outputgröße nur sehr schwach reflektiert. Die Gasmenge kann somit nur die partielle Faktorproduktivität messen. Für die Xgen-Ermittlung ist hingegen die totale Faktorproduktivität relevant; dieser wird in der Tat besser durch den Produktionswert abgebildet.

2.5 Feedback durch vergangene Regulierungsentscheidungen

Der Produktionswert basiert zum größten Teil auf den erzielten Umsätzen der Netzbetreiber. Die Umsätze werden im regulierten Bereich erwirtschaftet und sind somit bereits durch die Regulierung beeinflusst. Hieraus folgt ein potentielles Feedback-Problem: Die Umsätze sind möglicherweise durch vergangene Regulierungsentscheidungen beeinflusst und würden auf den zukünftigen Xgen fortgeschrieben werden.

In der Theorie wird dieses Problem durch eine geeignete Deflationierung behoben. Die Deflationierung ist eine Preisbereinigung, mit deren Hilfe der Preiseffekt aus einer Datenreihe herausgerechnet werden soll. Die deflationierte Datenreihe sollte dann nur noch eine reine Mengenentwicklung, d.h. den preisbereinigten Produktionswert im Output-Index, darstellen. Der Effekt der Regulierung wird folglich nur dann herausgefiltert, wenn ein geeigneter Deflator verwendet wird.

In der Praxis erfolgt die Preisbereinigung (Deflationierung) des Produktionswerts mithilfe von durchschnittlichen Netzentgelten unterschiedlicher Verbrauchsgruppen.

Insbesondere würde eine Deflationierung mit variablen anstelle von konstanten Gewichten sowie auf Wert- statt Mengenbasis wissenschaftlichen Anforderungen besser genügen. Insofern wird der Einfluss der Regulierung auf die gemessenen Produktivitätsfortschritte möglicherweise nicht ausreichend präzise berücksichtigt, mit entsprechenden Rückkopplungen auf die Höhe des berechneten Xgen (Feedback). Bei der Verwendung des Xgen als Prognose für Produktivität und Preisentwicklung muss also bedacht werden, dass der in der Vergangenheit gemessene Wert bereits durch die Regulierung beeinflusst sein kann.

2.6 Inputpreisentwicklung Gas

Die Entwicklung der Inputpreise der Netzwirtschaft kann durch drei Komponenten abgebildet werden: (i) den Kosten des Produktionsfaktors Kapital, (ii) den Kosten des Produktionsfaktors Arbeit und (iii) den Kosten der Vorleistungen. Hierbei beziehen sich die Anmerkungen von Oxera vor allem auf die Kosten für den Produktionsfaktor Kapital.

Die BNetzA verwendet einen „Bottom-Up“ Ansatz, in welchem verschiedene Kosten des Faktors Kapital nach ihren Anteilen in den Bilanzen der Unternehmen gewichtet und dann mit verschiedenen Indizes fortgeschrieben werden. Gegen diesen Ansatz ist grundsätzlich nichts einzuwenden; die konkrete Anwendung durch die BNetzA bei den Abschreibungen (also den Anlagenkosten) und den Eigenkapital- und Fremdkapitalkosten erweist sich jedoch als nicht sachgerecht.

Bei den Anlagenkosten nimmt die BNetzA an, dass es keine Inputpreisveränderungen gibt. Dies ist nicht sachgerecht, da es unwahrscheinlich ist, dass sich die Anschaffungskosten von Neuanlagen zwischen 2007 und 2016 nicht verändert haben. Mögliche, von der BNetzA angeführte Inkonsistenzen zwischen regulierungs- und handelsrechtlichen Abschreibungen rechtfertigen diese Vorgehensweise nicht. Auch entspricht diese Vorgehensweise nicht dem Ansatz ihres Gutachters WIK (2017). Eine aus Sicht von Oxera angemessenere Modellierung bestünde hingegen in der wie in Oxera (2017) beschriebenen Berechnung der Preisentwicklung der in § 6a GasNEV aufgeführten Indexreihen des Statistischen Bundesamts, welche die Entwicklung der Anlagenkosten abbilden.

Auch die von der BNetzA vorgeschlagene fast direkte Verwendung von Spot-Zinszeitreihen für Fremdkapitalkosten ist nicht sachgerecht. Die Assets von Gasnetzunternehmen haben eine lange Nutzungsdauer und erfordern somit langfristige Refinanzierungen. Tatsächlich sinken die Fremdkapitalkosten von Gasnetzen auch bei stark sinkenden Spot-Zinsen nur langsam.

Um die Veränderung der Finanzierungskosten abzubilden, müsste ein realistischer Preisindex der Finanzierungskosten gebildet werden. Ungeachtet der konkreten Implementierung stellt sich hier eine generelle Frage: Die Methode der BNetzA schreibt die vergangene Zinssenkung für die zukünftige Regulierungsperiode fort. Dies ist ein Problem für die Abschätzung der Entwicklung sowohl der Fremd- als auch der Eigenkapitalkosten. Während diese Herangehensweise bei anderen Preiszeitreihen wie z.B. für Arbeit und Vorleistungen mit einem langfristigen Aufwärtstrend korrekt ist, ist sie hier fraglich. Das langfristige Verhalten von Zinsen ist nicht stetig steigend oder sinkend, sondern zyklisch („mean reverting“) oder stationär („stationary“). Insofern ist die in der Vergangenheit beobachtete Zinssenkung kein verlässlicher Prädiktor für die kommende Regulierungsperiode, insbesondere angesichts einer sich möglicherweise anbahnenden Zinswende.

2.7 Residualbetrachtung (TFP und IP Gesamtwirtschaft)

Die BNetzA verwendet den VPI als Approximation der gesamtwirtschaftlichen TFP- und IP-Entwicklung (sog. Residualmethode; gleichfalls für die Malmquist-Berechnung).

Die BNetzA gibt an, mit dieser verkürzten Berechnung mögliche Fehlerquellen ausschließen zu wollen. Das Vorgehen der BNetzA hilft jedoch der Robustheit des Vorgehens nicht. Im Gegenteil: Es wäre gerade zur Validierung der Ergebnisse notwendig, auch eine separate TFP- und IP-Berechnung (siehe z.B.

Oxera 2017) durchzuführen und die Ergebnisse mit den Resultaten für die Netzwirtschaft zu vergleichen. Die Vorgehensweise einer separaten Berechnung ist der BNetzA bekannt, wurde doch eine separate gesamtwirtschaftliche Berechnung vom Berater der BNetzA so schon einmal in Österreich angewandt (WIK 2013)³.

Durch einen Vergleich der Inputpreisentwicklung der Gesamtwirtschaft mit der Inputpreisentwicklung der Netzwirtschaft wäre es dann auch möglich, die von der BNetzA errechnete, nahezu konstante Inputpreisentwicklung der Netzwirtschaft zu validieren.

3 Malmquist

3.1 Einführung

Der Malmquist-Index ist eine ebenso international anerkannte Methode zur Berechnung der Produktivität oder der Produktivität und der Einstandspreise. Die BNetzA kommt hier zu folgenden Ergebnissen:

$$X_{gen} = (\underbrace{\Delta IP^{Gesamt} - \Delta TFP^{Gesamt}}_{\text{VPI laut BNetzA in Abhängigkeit des Stützintervalls zwischen 1,34% (2007-2015) und 1,45% (2006-2015)}}) + (\underbrace{\Delta TFP^{Gas} - \Delta IP^{Gas}}_{\text{Gewichtete Werte aus 40 Spezifikationen, davon 8 ausstehend}}) = 1,00\%$$

Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung wird wie zuvor mittels VPI approximiert und wurde bereits im Rahmen des Törnqvist diskutiert. Die netzwirtschaftliche Entwicklung erfolgt durch Mittelung verschiedener Werte (für DEA und SFA und weitere Unterscheidungen). Datenbedingt kann keine Separierung von IP und TFP erfolgen (sog. „Kosten“- oder „Totex“-Malmquist), sodass die netzwirtschaftliche Entwicklung der effizienten Kosten hier im Schnitt leicht negativ ist. Dieser Wert kann sich durch noch ausstehende Berechnungen für einige Spezifikationen noch ändern.

Die Vorgehensweise entspricht nicht dem Stand der Wissenschaft, wie nachfolgend gezeigt.

Oxera konnte die Berechnungen aufgrund der kurzfristigen Bereitstellung der Codes am 6. November 2017 sowie aufgrund fehlender Mandatierung nicht im Detail nachvollziehen.

3.2 Datengrundlage

Die Berechnung des Malmquist-Index erfolgt auf Basis der Daten aus den jeweiligen Effizienzvergleichen. Diese Daten haben eine Reihe von für die Berechnung des Produktivitätsfortschritts nachteilige Eigenschaften:

- Die Reduktion der regulatorisch anerkannten Kapitalkosten führt zu erhöhten Xgen-Werten. Dies kann bei einer sich ggf. anbahnenden Zinswende zu einer unrealistischen Produktivitäts- und Inputpreisprognose führen.
- Die Inputs (Kostendaten) wurden bereits einer Kostenprüfung durch die BNetzA unterzogen. Dies führt dazu, dass der Xgen neben dem technischen Fortschritt auch Unterschiede in der Intensität der regulatorischen

Kostenprüfungen enthält (Problem des Feedback durch vergangene Regulierungsentscheidungen auf den Xgen).

- Die Datendefinitionen für die Input- und Outputparameter in den drei Effizienzvergleichen unterscheiden sich jeweils. Änderungen im Xgen sind folglich zumindest teilweise durch Änderungen in den Datendefinitionen verursacht.
- Der BDEW teilte Oxera mit, dass die Daten einiger Unternehmen, die im Effizienzvergleich 2006 verwendet wurden, die Jahre 2004 oder 2005 betreffen. Unter der Annahme, dass diese Unternehmen in den Jahren 2004 und 2006 Produktivitätssteigerungen zu verzeichnen hatten, führt dies zu überhöhten Xgen Werten.

Nachteilig für die Robustheit der Analyse wirkt sich zudem aus, dass nur drei Datenpunkte zur Verfügung stehen. Dies macht die Resultate anfällig für one-off Effekte (z.B. durch wetterbedingte Nachfrageschwankungen und dadurch bedingte Kapazitätseffekte) oder temporäre Verzerrungen durch Investitionszyklen. Eine Überprüfung der jährlichen Produktivitätsfortschritte wie von uns für den Törnqvist vorgeschlagen ist dadurch nicht möglich.

3.3 Ausreißerbereinigung

Die BNetzA verwendet die gleichen Methoden zur Ausreißerbereinigung, die auch im Rahmen des statischen Effizienzvergleichs angewandt werden, im dynamischen Effizienzvergleich (der Malmquist-Berechnung). Dies führt bei der DEA jedoch zu einer Reihe von möglichen Problemen, die von Seiten der BNetzA bedacht hätten werden sollen.

- Wird im Rahmen des Trimmings bei der DEA ein Unternehmen entfernt, welches in einer Periode die Effizienzgrenze (Frontier Shift) bildet, in einer anderen Periode jedoch nicht, so ergibt sich eine Bewegung der Effizienzgrenze allein aus diesem Umstand heraus. Eine Lösung des Problems kann bei Anwendung des Trimmings nur durch eine einzelfallbasierte Beurteilung der Ausreißer erfolgen.
- Ebenso kann das Trimming Ausreißer übersehen, die sich gegenseitig überlagern. Auch hier kann eine Lösung nur durch eine einzelfallbasierte Beurteilung der Ausreißer erfolgen.

In Anbetracht einer fehlenden Methode zur Identifikation von Ausreißern beim Produktivitätsfortschritt sollte auf jeden Fall die Verteilung der unternehmensindividuellen TFP-Werte betrachtet werden.

Die alleinige Beurteilung von Ausreißern auf Basis der Cook's Distance im Rahmen der SFA reicht nicht aus. Es sollten auch andere statistische Maße untersucht werden.

3.4 Berechnungsmethoden DEA

Die Vorgehensweise der BNetzA weist Schwächen auf und genügt nicht immer dem wissenschaftlichen Standard.

Erstens stehen der BNetzA keine Inputpreise und -mengen, sondern lediglich Inputkosten zur Verfügung (Totex-Malmquist). Hierdurch kann der Frontier Shift (also der technische Fortschritt) nicht von Änderungen in der Effektivität des Mitteleinsatzes (der allokativen Effizienz) getrennt werden. Der mittels DEA berechnete Xgen enthält also nicht nur Produktivitätsfortschritte, sondern auch Effizienzänderungen, die durch einen veränderten Mitteleinsatz entstehen. Für

die akkurate Bestimmung des Xgen ist die Datenbasis damit problematisch. Einer der Mitautoren dieser Studie hat einen wegweisenden Artikel zu diesem Thema geschrieben (Maniadakis und Thanassoulis 2004)⁴. Mit ihrer Vorgehensweise weicht die BNetzA von der in der Literatur beschriebenen Vorgehensweise ab.

Beispiel: Sind die Preise für Kapitalgüter langsamer gestiegen als die Preise für Personal, würden die Unternehmen mit der Zeit ihren Mitteleinsatz eher in Richtung Kapitalgüter lenken. Die damit verbundenen Effizienzgewinne würden im Xgen enthalten sein. Wenn ein Unternehmen jedoch die notwendige Substitution aufgrund von nicht änderbaren Gegebenheiten nicht durchführen kann, so ergibt sich für dieses Unternehmen eine nicht adäquate Vorgabe durch den Xgen.

Zweitens schließt die BNetzA zumindest für den Vergleich der ersten mit der zweiten Regulierungsperiode (in Abhängigkeit der Outputparameter auch für den Vergleich zwischen der zweiten und der dritten Regulierungsperiode) Änderungen in der Skaleneffizienz der Unternehmen nicht aus (Annahme: nicht-fallende Skalenerträge, NDRS). Mit anderen Worten: Effizienzänderungen in der Netzbranche durch eine Änderung der Unternehmensgrößen sind ebenso im von der BNetzA berechneten Xgen enthalten. Es ist zusätzlich möglich, dass allein durch die veränderten Annahmen zu Skalenerträgen nicht vorhandene „Effizienzveränderungen“ gemessen werden. Dem Stand der Wissenschaft zufolge hätte die BNetzA Effizienzänderungen durch Skalenerträge getrennt berechnen und ausweisen sollen.

3.5 Berechnungsmethoden SFA

Die von der BNetzA verwendete Methode, eine sogenannte pooled SFA, kann die beiden Faktoren Catch-Up und Frontier Shift nicht voneinander trennen. Ein wesentlicher, von der BNetzA genannter Vorteil der Malmquist-Methode trifft also für die auf Basis der SFA berechneten Xgen-Werte nicht zu. Das angewandte Modell vermengt also Xind und Xgen und führt somit zu einer Verzerrung.

Des Weiteren verwendet die BNetzA eine Reihe von restriktiven Modellannahmen:

- Annahme einer konstanten Varianz der Ineffizienzen und des Fehlerterms;
- Annahme einer sogenannten Cobb-Douglas Form der Schätzggleichung;
- Ersetzen von Datenpunkten, die eine Null enthalten, durch sehr kleine Zahlen.

Diese Modellannahmen sollten entweder statistisch getestet und so bestätigt, oder durch flexiblere Annahmen ersetzt werden. Beides ist nicht der Fall, womit der SFA-Ansatz der BNetzA hinter dem wissenschaftlichen Standard zurückbleibt.

3.6 Aggregation der Ergebnisse

Sowohl bei den Ergebnissen der DEA als auch bei den Ergebnissen der SFA sollte die vorgeschlagene einfache Mittelung der Resultate nicht angewandt werden.

Im Fall der DEA führt eine einfache Mittelung der verschiedenen Ergebnisse zu Xgen-Werten, die für einen erheblichen Teil der Unternehmen nicht adäquat sind. Dies hat den folgenden Grund: Bei der statischen Berechnung der Effizienz

wird die Distanz eines jeden Unternehmens zur Effizienzgrenze berechnet. Analog dazu wird im Rahmen der dynamischen Berechnung der Effizienzveränderung, also bei der Berechnung des Malmquist-Index, für jedes Unternehmen die Bewegung der für dieses Unternehmen relevanten Effizienzgrenze berechnet. Es gibt in der DEA also für jedes einzelne Unternehmen einen relevanten Teil der Effizienzgrenze und somit ein anderes relevantes Maß für die Verschiebung der effizienten Kosten.

Die Frage ist nun, wie diese vielen Messungen der Veränderung der effizienten Kosten zu einem generellen Maß für den technischen Fortschritt aggregiert werden sollen. Die BNetzA diskutiert dieses Problem nicht, sondern bildet den Mittelwert der individuellen Frontier Shifts. Bei der beobachteten schiefen Verteilung der berechneten individuellen Frontier Shifts beeinflussen wenige Unternehmen mit hohen Produktivitätsfortschritten maßgeblich den durchschnittlichen Produktivitätsfortschritt. Dem Großteil der Unternehmen wird mit dem durchschnittlichen Produktivitätsfortschritt also ein Produktivitätsfortschritt vorgeschrieben, den sie historisch nicht hatten. Dies bedeutet, dass vielen Unternehmen mit hoher Wahrscheinlichkeit keine adäquaten Vorgaben gemacht werden.

Oxera schlägt eine konservative Festlegung des Xgen vor, der dieses Problem berücksichtigt. Hierzu könnte eine Mittelung der Werte nicht auf einfacher arithmetischer Basis, sondern beispielsweise durch Verwendung bestimmter Quantile in der Verteilung durchgeführt werden.

Im Fall der SFA ist zu sagen: Eine Aggregation von verzerrten Ergebnissen führt üblicherweise nicht zu einem Ausgleich der Verzerrung. Vielmehr sollte entweder das am wenigsten verzerrte bzw. das konservativste Modell ausgewählt werden.

4 Fazit

Dieses Gutachten hat den Festlegungsentwurf der BNetzA im Hinblick auf die Ermittlung des Xgen untersucht. Der Ansatz der BNetzA entspricht in einigen Bereichen nicht dem Stand der Wissenschaft. Dadurch ist der ermittelte Xgen nicht belastbar.

Part I: legal framework



Legal framework

Five clear rules on Xgen calculation

According to the Ordinance on Incentive Regulation (Verordnung über die Anreizregulierung der Energieversorgungsnetze, Anreizregulierungsverordnung, ARegV):

1. the Xgen must be calculated as the deviation of:
 - the TFP change of the whole economy from the TFP change of the network industry
 - the IP change of the whole economy from the IP change of the network industry
2. data from network operators from the whole federal territory of Germany must be used
3. data from network operators under simplified regulation does not need to be used
4. separate values for electricity and gas networks are possible
5. the methods must be in line with scientific best practice

Part II: general critique and data issues



General critique and data issues

International comparison of Xgen values (I)

	Xgen	Comment
Electricity transmission: France	1.0% for purchases and services 0.3% for salaries and OPEX	CRE for 2013–16
Gas transmission: France	Increasing from 0.25% to 0.75%	CRE for 2013–16
Electricity distribution: Austria	<1%	E-Control Austria 2018–22 is combined with a network operator price index, which produces a higher inflation number, instead of RPI. The value will be below 1%, a final number published by E-Control is expected soon
Electricity transmission: Netherlands	0.8%	NMA, state of the ongoing consultation as at 2017
Gas transmission: Netherlands	0.6%	NMA, state of the ongoing consultation as at 2017
Gas distribution networks: Finland	0.0%	Energiavirasto, no industry-wide annual efficiency improvement is required for eight years post-2016. Initially, this was determined using Malmquist DEA and set at 2% per annum but ultimately set to 0% ⁵

General critique and data issues

International comparison of Xgen values (II)

	Xgen	Comment
Gas distribution networks: UK	0.3%	Ofgem for RIIO-GD1 (2011/12 to 2020/21)
National Grid Electricity Transmission (TO): UK	0.0%	Ofgem for RIIO-ETO1 (2013–21)
National Grid Electricity Transmission (SO): UK	0.6%	Ofgem for RIIO-ESO1 (2013–21)
National Grid Gas Transmission (Transmission Operator)	0.3%	Ofgem for RIIO-GTO1 (2013–21)
National Grid Gas Transmission (SO)	0.7%	Ofgem for RIIO-GSO1 (2013–21)

Sources: Oxera (2016), 'Study on ongoing efficiency for Dutch gas and electricity TSOs', prepared for ACM (the Netherlands Authority for consumers and markets), January; Energiavirasto (2015), 'Regulation methods in the fourth regulatory period of 1 January 2016 – 31 December 2019 and the fifth regulatory period of 1 January 2020 – 31 December 2023', Appendix 2; and Ofgem (2012), 'RIIO-T1/GD1: Real price effects and ongoing efficiency appendix'.

General critique and data issues

Feedback effect from regulation in the Törnqvist and Malmquist indexes

- BNetzA uses revenues from companies' profit and loss (P&L) accounts as the output in the Törnqvist calculation, which are driven mainly by allowed revenues. Hence, the measure of productivity progress will be directly influenced by regulation
- however, if the deflator of revenues works correctly, the changes in allowed revenues would be filtered out by the deflator and the resulting output index would correctly measure changes in output quantities. As such, any feedback effect would not be an issue—however, since the deflator is very unlikely to work perfectly, there is a direct link between regulation and the Xgen measure
- the same is true for the Malmquist index. Allowed revenues (based on costs) are investigated for prudence by BNetzA and there are cost cuts (regulatory haircuts). This means that the change in productivity between periods (Xgen) is influenced by the 'strictness' of the regulatory cost controls in the respective periods

General critique and data issues

Feedback effect from regulation: one-off effect in financing costs in Törnqvist, DEA and SFA

- the reduced allowed capital costs will directly affect the combined TFP/IP measure
- the falling capital costs in the last ten years will also enter the DEA and SFA calculation
- since capital costs are unlikely to fall as much going forward, the resulting Xgen is likely to be too high

General critique and data issues

Definitions of outputs used for Malmquist index

- between RP1 and RP2, the definition or outturn of connection points, pipe volume and area changed
 - the definition of connection points now includes inactive connection points
 - this could also have an effect on the variables 'potential connections' and 'peak load', because the number of connections is used as an input for the calculation of these
 - the definition of pipe volume has been changed from outer to inner radius. This could be the reason why volume decreased by 10% between RP1 and RP2
 - it is not clear how the definition of area has been changed, but between RP1 and RP2 the surface area used in the benchmarking changed significantly for some network operators (between up to -79% and +44% for network operators where the so-called 'concession area changed by less than 10%')
- changes in data definitions are also found between RP2 and RP3
- this will potentially bias the Malmquist results

General critique and data issues

Data definitions and quality-of-data issues

- BDEW informed Oxera that some of the cost data used in the 2006 benchmarking is from 2004 or 2005
 - Oxera understands that BNetzA could not check the costs of all companies. As a solution, data from 2004 and 2005 was used for some companies
 - the frontier shift of these companies from the years 2004 and 2005 will be contained in the Xgen measure from 2006 to 2010
 - also, the frontier shift estimate will be inconsistent because it will be calculated partly for data ranging from 2004 to 2010, 2005 to 2010, and 2006 to 2010
- if productivity increased for these companies between 2004 and 2006, the Xgen estimate will be too high

General critique and data issues

Limited data for DEA and SFA

- BNetzA has estimates of the frontier shift for only two periods, of four and five years respectively
- this leads to some possible problems:
 - it makes the results susceptible to bias due to one-off events (such as lumpy investments, major one-off activities, weather, etc.), which may not be representative of sustained performance
 - no trend in frontier shift can be established that might enhance confidence in the findings

Part III: four-digit Törnqvist



Four-digit Törnqvist

Introduction

- Xgen formula:

$$X_{gen} = (\Delta IP^{economy} - \Delta TFP^{economy}) + (\Delta TFP^{gas} - \Delta IP^{gas})$$

- changes in input prices (ΔIP) are calculated using price indexes for:

- labour
- capital
- intermediate goods

- changes in productivity (ΔTFP) are calculated by comparing the output growth with the input index growth

$$\Delta TFP = \frac{Output_t / Output_{t-1}}{Input_t / Input_{t-1}} - 1$$

- input indexes for capital and labour (VA) and also intermediate goods (GO) are combined using the Törnqvist weights (nominal shares)
- BNetzA adopts the GO approach

Four-digit Törnqvist

Mistakes in the Excel tool

Oxera has not been tasked with a complete review of the Excel model of BNetzA. However, we are aware of the following mistakes in the model that should be corrected:

- use of the nominal revenue in 2016: here, the price-adjusted (deflated) value should be used, as done for the other years. BNetzA recognised this mistake on 6 November 2017 (tab '01_Produktivitätsentw._Netz', cell L12)
- subtraction of 'sonstige betrieblichen Aufwendungen' for the revenue deflation (tab '02_Deflatoren', line 5)
- normalising the labour cost index: the index should be normalised to 2010=100, as done for the other indexes (tab '02_Deflatoren', line 32)
- double-counting of 'Aufwendungen für Netzkauf' in the calculation of the intermediate input share (tab '01_Produktivitätsentw._Netz', line 41)

Four-digit Törnqvist

Outliers

Problem

- outliers
 - neglects information at the company level

Effect

- outliers (individual companies) can significantly affect the aggregated values, and hence the Xgen



Solution

- identify and remove outliers for the Xgen calculation in order to dampen their impact (outlier analysis)

Four-digit Törnqvist

Period of analysis

Problem

- period of analysis
 - the most appropriate period of analysis is not necessarily 2007–16 (or 2006–16, as suggested in BNetZA update)

Effect

- the Xgen will be inaccurate; the impact will be dependent on the underlying output growth over the period



Solution

- the resulting Xgen values (as well as the individual Xgen components) should be calculated over different time periods to test the robustness of the Xgen (volatility)

Four-digit Törnqvist

Structural changes

Problem

- structural changes
 - structural changes in the industry are not considered (e.g. integration of the grid⁶)

Effect

- this might have significant consequences for the productivity component



Solution

- no simple solution; in general, when there are significant changes in outsourcing activity, GO-based productivity measures are more robust^{6, 7}

Four-digit Törnqvist

BNetzA should test whether $CPI = IP - TFP$

Problem

- BNetzA should not only rely on the CPI as a proxy for TFP and IP, but should also calculate these two values separately, to test the robustness of its results⁸

Effect

- the use of CPI as a proxy for TFP and IP of the whole economy relies on the strong assumption of perfect competition (and other assumptions)⁹
- if this assumption is not met, the Xgen estimate will be imprecise¹⁰

Solution—see next page

Four-digit Törnqvist

BNetzA should test whether $CPI = IP - TFP$



Solution

- to better understand the magnitude of this effect, it would be necessary to calculate TFP and IP separately (which also relies on the assumption of perfect competition¹¹) and compare the results
 - the results should be (theoretically) the same
- BNetzA should also do the separate calculation for consistency reasons since it calculates the TFP and IP for the network sector separately
 - the TFP and IP calculations for the whole economy should be calculated following the methodology set out in Oxera (2017)
 - this separate calculation would also allow for a sense-check of the IP development of the network industry (the current BNetzA results appear implausible since they show no input price inflation for almost a decade). If there are notable differences in the results, a 'like-for-like' approach—i.e. with separate TFP and IP terms for the whole economy—could be more appropriate

Four-digit Törnqvist

Input price development of capital

Problem

- **inconsistency:** the cost of the (production) factor capital is supposed to be the economic cost of capital usage (including equipment prices, equipment lifetime and financing)—this is not the same as the cost of capital¹²
- **stationarity/trend:** interest rates are not ‘normal’ prices that tend to rise (inflation trend), but rather are stable or cyclical in the long run (stationary or mean-reverting); since market analysts expect interest rates to rise going forward,¹³ there is minimal room for lowering the rates further (zero bound)

Effect

- BNetzA’s approach **over-estimates** the historical decline of debt: (i) spot rates versus rolling year (utilities do not refinance all assets on a yearly basis); (ii) risk premium
- no IP change in depreciation is not appropriate¹⁴
- **double-counting:** future reductions in interest rates can and will be accounted for by BNetzA decisions on allowed cost of equity (regulated return)

Solution—see next page

Four-digit Törnqvist

Input price development of capital



Solution

- capital costs consist of: (i) depreciation (and thus reinvestments); and (ii) financing costs (for debt or equity)
- construct a price index for each of these components and combine these into a Törnqvist price index
 - **depreciation:** the depreciation and reinvestment part can use the series for the costs of the factor capital (Faktorreihen), weighted either by the shares in capital stock (02_GuV_Anteile) or by the shares in the GasNEV (as in Oxera 2017). The assumption of no input price development in depreciation is not plausible and not in line with BNetzA's own methodology paper (WIK 2017)
 - **financing cost—debt:** for the debt calculation, one needs to adjust for rolling-year rates and risk premiums (as done for equity)
 - **financing cost—equity:** for the equity calculation, accounting for rolling-year rates and risk premiums is necessary
- for both debt and equity, the problem of forecasting interest rates (the past is not like the future) also needs to be considered

Four-digit Törnqvist

Output index: revenue

Problem

- the output index should measure the change in quantity:

$$O^I = \frac{Q_t}{Q_{t-1}}$$

- since revenue is used (i.e. rather than a physical output such as gas throughput), it must be deflated:

$$O^I = \frac{R_t/P_t}{R_{t-1}/P_{t-1}}$$

- BNetzA deflates companies' revenues with network tariffs
- using revenue therefore introduces a measure of inaccuracy (noise or regulatory feedback effect)

Effects

- deflation using grid tariffs (household, commercial, industrial)—i.e. prices—determines the quantities for a given revenue (revenue through Xgen). In general, the weights of this deflator will not be correct (it is practically impossible to obtain the 'correct' deflator), yielding noise in the output index
- this is very important, as the sector output index (deflated revenue) is a main driver of the Xgen, as shown in Oxera (2017)

Solution—see next page

Four-digit Törnqvist

Output index: revenue



Solution

- there is no ideal solution to the deflation problem. However, it can be alleviated by using a deflator that varies every year,¹⁵ ideally based on values, not quantities

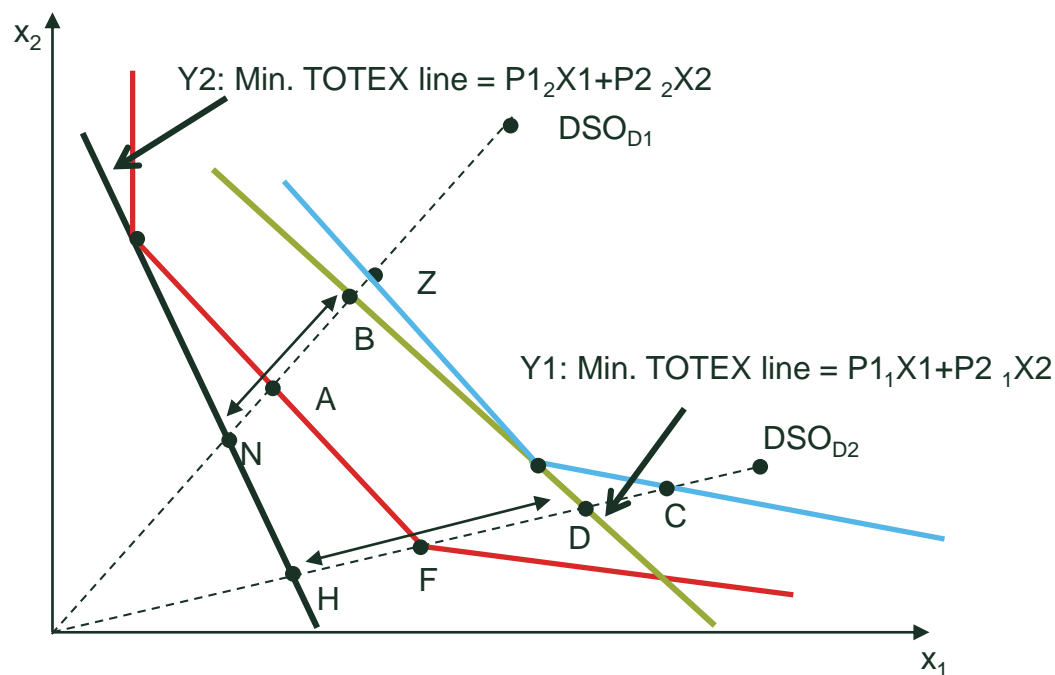
Part IV: Malmquist—DEA



Malmquist—DEA

Introduction: visualisation of frontier shift by DEA cost Malmquist⁴

Operators use two inputs (X_1 , Price P_1) and (X_2 , Price P_2) to produce a given quantity of output Q . All combinations of (X_1 , X_2) to the right and above the blue frontier can, in Year 1, deliver Q . The same holds for Year 2 and the red frontier.



Period 1

Blue line: technical frontier

Green line: cost frontier for the input prices P_{1_1} and P_{2_1} of operator D_1 in Year 1

Period 2

Red line: technical frontier

Black line: cost frontier for the input prices P_{1_2} , P_{2_2} of operator D_2 (which is D_1 as of Year 2)

Cost frontier shift measured by BNetZA with reference to DSO_{D_1} would be geometric mean $(NB \times HD)^{0.5}$

For each input–output specification, BNetZA derives as many measures of the cost frontier shifts $((NB \times HD)^{0.5}$, etc.) as there are operators
It wishes to reflect these measures in a single summary figure, the Xgen

Malmquist—DEA

Aggregation of multiple cost frontier shift estimates

Problem

- the ‘correct historical’ cost frontier shift is normally different for firms by output bundle, asset base and input prices. BNetzA estimates a historical cost frontier shift **by output bundle** (see figure above), ignoring the input mix and input price ratios (see further below for distributions of company-specific Xgen values calculated based on the published BNetzA data)
- even if the output bundle did reveal the correct frontier shift for each firm’s asset base and prices, two problems remain:
 - appropriately reflecting the multiple historical frontier shifts for varying asset bases in a single Xgen figure
 - whether that summary figure of historical cost frontier shifts is a good predictor of future cost frontier shifts
- BNetzA aggregates multiple frontier shift estimates by averaging across model specifications and methods (DEA or SFA)

Effect

- the resultant Xgen is problematic in that it will over-estimate the historical frontier shift for some operators and under-estimate it for others

Solution—see next page

Malmquist—DEA

Aggregation of multiple cost frontier shift estimates



Solution

- the Xgen should be constructed to minimise the risk of requiring cost savings from some operators that are infeasible—hence, a conservative method for setting Xgen, possibly using quantiles instead of averages, should be used¹⁶

Malmquist—DEA

Aggregation of multiple cost frontier shift estimates—estimates are about six years apart

Problem

- the cost frontiers diverge significantly over time by output bundle

Effect

- BNetzA computes cost frontier shifts based on data about six years apart. The observed variability of optimal TOTEX levels in two different periods reflects variability in the approximately six years of changes in input prices or input levels or both, by output bundle:
 - these changes have been very significant for some output bundles, but not others. Moreover, the skewness reflects a bias as to the output bundles where these changes have been greatest
- there is good reason to use a conservative estimate of the Xgen



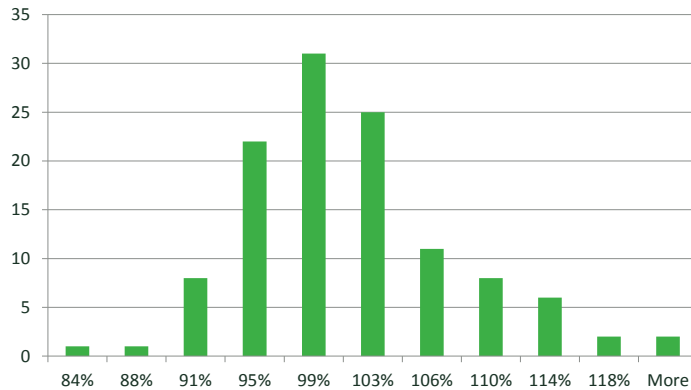
Solution

- a conservative method for setting Xgen, possibly using quantiles instead of averages, should be used

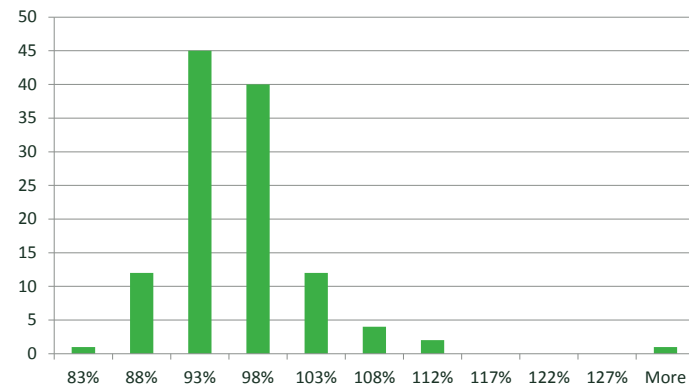
Distributions of efficiency growth

Histograms show skewed distribution of efficiency values

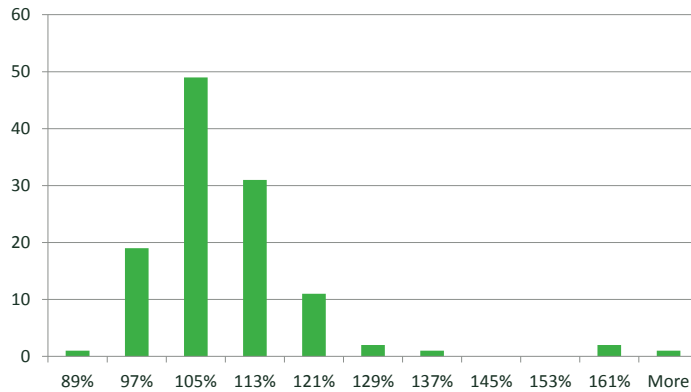
Model: TOTEX RP1–RP2



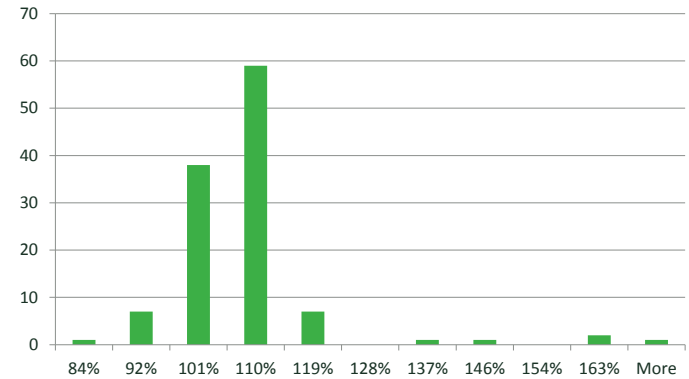
Model: STOTEX RP1–RP2



Model: TOTEX RP2–RP3



Model: STOTEX RP2–RP3



Source: Oxera calculations on the basis of data published by BNetzA.

Malmquist—DEA

Frontier shift estimate ignores input and price mix

Problem

- firms have varying input mix and price ratios
 - the frontier shift estimates obtained by BNetzA vary by firm. This difference arises because, given a mix of assets and labour and their respective prices, firms have different potential to improve over time: (i) by aligning labour and asset levels more closely with their prevailing prices, and (ii) one asset mix may become more productive than another
- BNetzA's approach ignores input levels and their prices; instead, it uses an aggregate TOTEX figure. Thus, it benchmarks a firm against a firm (or firms) that may not share the same input mix or input prices
 - as such, the estimated frontier shift has not been observed for the combination of outputs, inputs and prices pertaining to the benchmarked firm

Possible effect

- BNetzA argues that its approach will incentivise companies to seek optimal input mixes for the input prices they face. However, input mix adjustments may not be feasible in some firms due to contextual factors, or they may require time and investment to implement⁴

Solution—see next page

Malmquist—DEA

Frontier shift estimate ignores input and price mix



Solution

- a conservative method for setting Xgen, possibly using quantiles instead of averages, should be used

Malmquist—DEA

NDRS frontier is a mix of IRS and CRS

Problem

- the NDRS frontier is a combination of IRS and CRS segments (see the figure on the next page). The NDRS frontier in period 1 is the line described by the points DEFG. The line described by the points DEF is the IRS section and FG the CRS section

Effect

- if the cost frontier shift relates to a CRS segment in period 2, while in period 1 it is an IRS segment (or vice versa), the cost frontier shift will normally turn out larger (smaller) than if the two period frontier segments matched. For example, in the figure on the next page the DSO operating at Y1 in period 1 is reflected on an IRS segment (at L) in period 1 and a CRS segment (at B) in period 2. Had the frontier been CRS in both periods, Y1 would have been reflected at K in period 1 and the estimated boundary shift would have been smaller—i.e. BK rather than BL

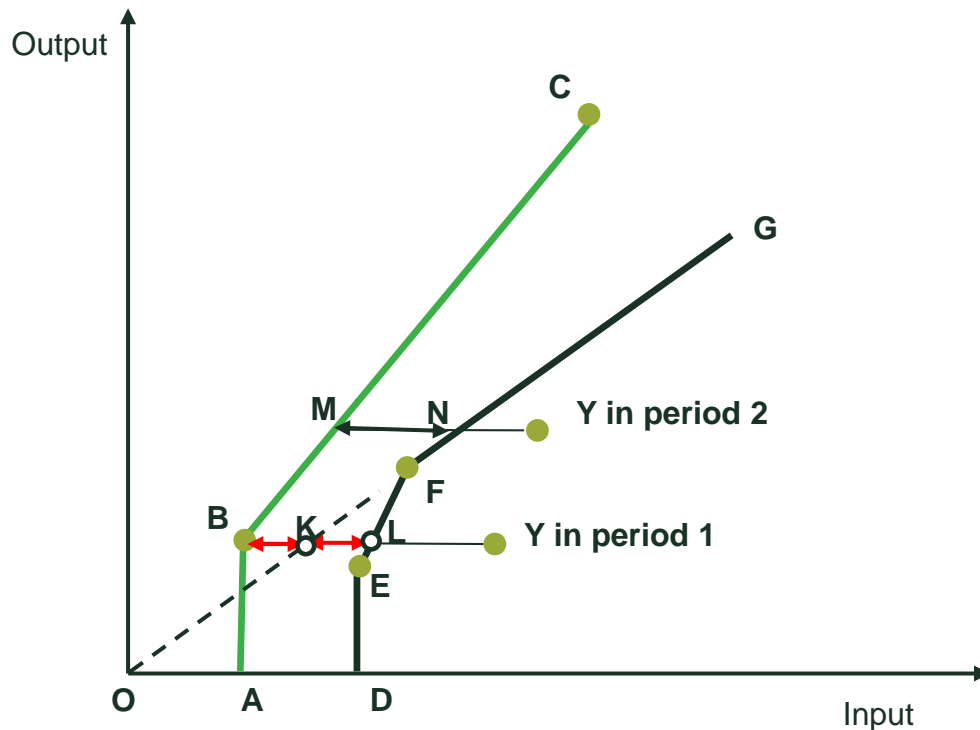
Solution—see next page

Note: ARegV, Anlage 3 (zu § 12), Satz 4: „Bei der Durchführung einer DEA sind konstante Skalenerträge zu unterstellen.“ (DEA should be implemented assuming CRS). While this does not directly refer to the calculation of the Xgen, it is prescribed for the DEA efficiency benchmarking and thus, from a scientific view point, equally relevant for the Xgen.

Malmquist—DEA

NDRS frontier is a mix of IRS and CRS

Example: over-estimation of frontier shift (under-estimation equally possible)



DSO operating at Y1 in period 1 and at Y2 in period 2 is the referent for boundary-shift estimation

NDRS frontiers

Period 1: DEFG, Period 2: ABC

Frontier shift Y1 to Y2

NDRS: $(BL \times MN)^{0.5}$

CRS: $(BK \times MN)^{0.5}$

NDRS shift > CRS shift

The issue arises because Y1 is reflected on an IRS segment in period 1 (at L) and a CRS segment in period 2 (B)

Malmquist—DEA

NDRS frontier is a mix of IRS and CRS



Solution

- it is normal to assess productivity change under CRS. Then the effect of scale-size changes on productivity can be identified and captured appropriately. Under NDRS, when frontier segments are mismatched (as above), the effects of scale-size changes on cost frontier shift are not captured appropriately

Malmquist—DEA

NDRS when combined with CRS

Problem 1

- in assessing cost frontier shift using RP2 in conjunction with RP3, BNetzA assumes NDRS for RP2 but CRS for RP3 variables

Effect

- **the different assumptions on returns to scale can introduce a difference in cost frontier shift even when none exists.** To illustrate the point, see next page, where it is assumed that the RP2 and RP3 data have the same frontier in period 1 and again in period 2. The two frontiers do not coincide. A network operator operating at point E (see below) in period 1 and at Y2 in period 2 (for simplicity, both in RP2 and RP3) yields a different estimate of cost frontier shift under RP2 and RP3 data



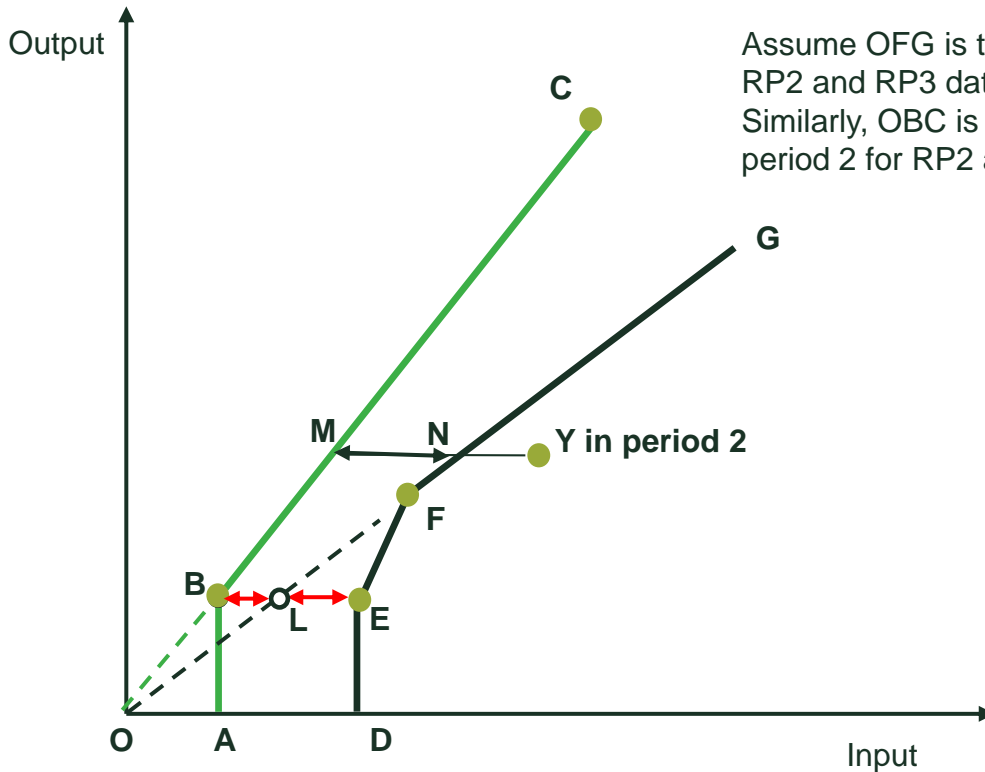
Solution

- it is standard practice to assess productivity change under CRS. And this should be the case for both RP2 and RP3

Malmquist—DEA

RP2/RP3 Malmquist NDRS when combined with CRS

Network operator operating at E in period 1 and at Y in period 2 under both RP2 and RP3



NDRS frontiers

Period 1: DEFG, period 2: ABC

CRS frontiers

Period 1: OFG, period 2: OBC

Frontier shift E to Y2

Under NDRS RP2

$$((BL+LE) \times MN)^{0.5}$$

Under CRS RP3

$$(BL \times MN)^{0.5}$$

RP2 based shift > RP3 based shift

The assumption of NDRS for RP2 and CRS for RP3 leads to *different* estimates of the cost frontier shift even in the artificial situation when RP2 and RP3 have exactly the same frontier in each period

Malmquist—DEA

Omitting data

Problem 2

- BNetzA drops companies where network area changes by $>10\%$

Possible effect

- while this might reduce the NDRS problem due to mis-match of IRS—CRS frontiers (see pages 40–41), the elimination of observations with substantial data changes results in **removing estimates of frontier shifts that would have been available.**



Solution

- it is standard practice to assess productivity change under CRS. And this should be the case for both RP2 and RP3

Malmquist—DEA

Trimming can distort the frontier shift estimate

Problem

- a trimmed company (like Y1 or Y2 on previous figure) would have provided a reference point for a frontier shift measure. Moreover, it could have affected the cost frontier position itself

Effect

- a removed company:
 - could be a legitimate boundary company. Its removal could alter the estimated efficient boundary
 - this could lead to an over- or under-estimate of frontier shift depending on the year and the location of the omitted boundary company
 - whether boundary or interior, a trimmed company would provide one more point estimate of boundary shift. If its mix of inputs is unusual, the missed measurement of frontier shift may not be retrieved via other retained companies



Solution

- remove those outliers where genuine data errors exist or performance is too exceptional to be used as a benchmark. Outliers in DEA should be checked as potential outliers in SFA, and vice versa^{17,18}

Malmquist—DEA

Masked outliers

Problem

- outliers can mask one another, leading to errors in the estimated frontier shift

Effects

- in a *within-period setting*, outliers are tested one at a time. Two operators with very similar input-output data can mask each other, so that neither one appears as an outlier relative to the other
 - a retained company that should have been treated as an outlier can contribute to an over- or under-estimate of the cost frontier shift (depending on the year in which it should have been treated as an outlier)
- in a *cross-period setting*, if a boundary unit has very high super-efficiency or very low efficiency against another period's boundary, it can raise issues of potential errors in outlier identification (on an assumption that exceptional gains or losses in productivity are unrealistic)
 - a falsely retained 'outlier' can bias the frontier shift estimate



Solution

- the issue can be alleviated in a within-period setting by testing a company as an outlier after removing its referent companies, to see whether it does become an outlier¹⁹

Part V: Malmquist—SFA



Malmquist—SFA

Introduction: decomposition of productivity growth using a cost function

**TFP change = technical change + technical efficiency change +
scale efficiency change + allocative efficiency change**

However, the approach being proposed by WIK is a log cost function, as follows:

$$\ln C = \ln C(w,y,t) + \eta + v \quad (1)$$

where C = cost, w = input price, y = output, t = time, η = technical inefficiency, and v = noise

This approach assumes no allocative inefficiency. Thus, TFP is given by:

**TFP change = technical change + technical efficiency change +
scale efficiency change**

The SFA model (1) is first estimated and then productivity components are calculated. The validity of these estimates will depend on the robustness of the underlying model

For more details, see Kumbhakar, S. (2000), 'Estimation and Decomposition of Productivity Change when Production is not Efficient: A Panel Data Approach', *Econometric Reviews*, **19**, pp. 425–60; and Kumbhakar, S., Wang, H.-J. and Horncastle, A. (2015), *A Practitioner's Guide to Stochastic frontier analysis using Stata*, Cambridge University Press.

Malmquist—SFA

Allocative efficiency changes

Problem

- when estimating the Xgen, it is essential to separate out all the elements of TFP change
 - technical change, technical efficiency change, scale efficiency change, and allocative efficiency change
- in particular, BNetzA's approach assumes no allocative inefficiency, regardless of whether data on input prices is available

Effect

- given that information on inputs and prices is not used, it will not be possible to isolate allocative efficiency from the Xgen
 - thus, the Xgen estimate conflates changes in allocative efficiency with technical change
 - i.e. the **Xgen estimate is biased (it might be larger or smaller than the true value)** and may not prove a reliable indicator of the underlying Xgen that might be achievable in future



Solution

- in general, separating out allocative inefficiency is not a simple task²⁰

Malmquist—SFA

Pooled panel does not separate Xind from Xgen

Problem

- BNetzA is proposing to separate frontier shift and catch-up
 - using SFA to isolate catch-up from other effects; this is preferable to using ordinary least squares (OLS), which conflates all effects
 - it appears that BNetzA is proposing to use pooled SFA, which does not allow changes in technical efficiency to be calculated, so Xind and the Xgen may be conflated

Effect

- the Xgen may be biased (positively or negatively)
- in some of BNetzA's models, there seems to be no inefficiency—this could be due to various factors and requires further examination

Solution

- use a panel SFA model that appropriately captures changes in technical efficiency
- the latest panel SFA models add a persistent inefficiency component. Thus, the panel nature of the data is used both in the frontier function and in the inefficiency function by decomposing inefficiency into a persistent and a time-varying component^{21,22}

Malmquist—SFA

Pooled panel does not consider firm heterogeneity

Problem

- BNetzA is proposing to use a pooled SFA model. This model does not take into account firm heterogeneity

Effect

- not accounting for firm heterogeneity will bias the **Xgen estimates (depending on the form of this heterogeneity)**



Solution

- when data over time is available, it is preferable to use panel SFA models to control for firm heterogeneity

Malmquist—SFA

Distributional assumptions with regard to inefficiency

Problem

- BNetzA is imposing half-normal and exponential distributional assumptions on the inefficiency term

Effect

- the distribution assumptions can affect the estimated results

Solution

- the assumptions should be further examined and tested where possible, including sensitivity analysis

Malmquist—SFA

Variance and of inefficiency

Problem

- the variance of inefficiency (and noise) is assumed to stay constant in BNetzA's model
 - BNetzA cites convergence as a reason to impose these restrictions (see separate discussion on convergence further below)
 - however, these are unnecessary assumptions and the hypothesis of constant variance can be tested empirically

Effect

- non-constant variance of:
 - inefficiency affects the parameter estimates
 - **the Xgen will be biased**
 - noise affects the standard errors and thus will complicate hypothesis testing. Hypothesis testing of the time trend coefficient is key to determining whether the estimated frontier shift is statistically significant (i.e. non-zero)



Solution

- the assumption should be dropped²³

Malmquist—SFA

Cobb–Douglas functional form

Problem

- a Cobb–Douglas functional form is assumed
- a translog functional form is considered, but not tested appropriately
- this assumption is somewhat restrictive
 - the more flexible translog functional form should be considered and tested against the restrictive Cobb–Douglas model

Effect

- the robustness of the estimated Xgen will depend on the validity of the underlying model



Solution

- if the full translog model has convergence issues, a restrictive version could be considered (after testing the validity of the restrictions)

Malmquist—SFA

Structural changes

Problem

- BNetzA is assuming no structural change in the cost function over time
- while the frontier shift is to be estimated using data on 2010 and 2006 alone (and similarly, 2015 and 2010), the period of analysis is spread over nine years and structural changes may have occurred over this period

Effect

- the parameter estimates will be biased if there is a structural change that has not been accounted for
 - the estimated Xgen may be due to some external structural change and thus not a fair representation of the underlying Xgen



Solution

- the presence of structural changes should be explored and appropriately accounted for

Malmquist—SFA

Replacement of zeroes with small values

Problem

- replacement of zeroes with small values
 - zeroes in outputs (cost drivers) were replaced by small numbers
 - this can be a serious issue and is an unnecessary assumption

Effect

- the Xgen estimates can be sensitive to the assumptions made with respect to data
- Replacing 0s in outputs with small values artificially creates outliers under Cook's distance as $\ln(10^{-10})$ is a big negative number



Solution

- there are various ways of circumventing the issue (e.g. clustering and purging of problematic variables)²⁴

Malmquist—SFA

Outlier detection

Problem

- outlier detection using Cook's distance
 - outliers are to be detected using Cook's distance measure

Effect

- outliers can affect the Xgen (both positively and negatively)
- relying on Cook's distance measure alone in identifying data anomalies is insufficient



Solution

- other tests should be considered and the reasons for the outlier investigated

Malmquist—SFA

Balanced panel data

Problem

- limited data (two time periods considered in each SFA model) and the use of balanced panel data
 - BNetzA proposes to consider a balanced panel (stripping out firms that do not exist in both periods)
 - this is generally unnecessary

Effect

- it may result in Xgen estimates that are not achievable by everyone in the industry



Solution

- as the data is for only two periods, the panel has to be balanced to use panel models, but not for a pooled SFA model, which WIK has proposed using (albeit this has other issues—see further below)

Malmquist—SFA

Consistency of model specifications

Problem

- inconsistency of model specifications
 - two model specifications (considered at the first and second regulatory periods) are being considered in the Xgen analysis. It may be that the specifications are not equally valid

Effect

- the robustness of the estimated Xgen will depend on the validity of the model used



Solution

- both specifications should be tested and the preferred specification used

Malmquist—SFA

Convergence of the model

Problem

- convergence with SFA model estimation
 - it is not clear why BNetzA encounters convergence issues, given that the models used are relatively simple (with only a few explanatory factors) and as BNetzA uses restrictive modelling assumptions

Effect

- the Xgen is therefore biased (see above)



Solution

- convergence issues could be because of model mis-specifications (see also the point on two model specifications considered for data in each period) and thus the model specifications should be examined
- with improved computing power and development in applied SFA work, there are ways of getting around such issues

Malmquist—SFA

Aggregation

Problem

- averaging multiple Xgen estimates from SFA
 - under some circumstances (e.g. where multiple sources of information need consideration), averaging of results from multiple models will increase the robustness of the results
 - it is not clear whether that is the case here since the underlying data and assumptions will be different in the SFA models, with some Xgen estimates more biased than others. It could also be that the direction of bias may be positive (over-estimating the true Xgen)

Effect

- averaging the results may result in a biased Xgen

Solution

- an alternative way of combining the multiple methods should be considered (e.g. best-of; applying adjustments based on regulatory/academic literature)

Appendix



Endnotes

1. WIK (2017), 'Gutachten zur Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors'. Gutachten für die Bundesnetzagentur. Überarbeitete Version nach Eingang der Stellungnahmen, 10 July.
2. Oxera (2017), 'Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors für Strom- und Gasnetzbetreiber', Untersuchung für den BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 6 February.
3. WIK-Consult GmbH (2013), 'Genereller Produktivitätsfaktor österreichischer Stromverteilnetzbetreiber', Studie für E-Control Austria, 27 February.
4. Maniadakis, N. and Thanassoulis, E. (2004), 'A cost Malmquist productivity index. Special issue: DEA and its uses in different countries', *European Journal of Operations Research*, **154**:2, pp. 396–409.
5. Energiavirasto (2015), 'Regulation methods in the fourth regulatory period of 1 January 2016 – 31 December 2019 and the fifth regulatory period of 1 January 2020 – 31 December 2023', Appendix 2, p. 80.
6. Oxera (2016), 'Study on ongoing efficiency for Dutch gas and electricity TSOs', prepared for Netherlands Authority for Consumers and Markets (ACM).
7. OECD (2001), 'Measuring productivity: measurement of aggregate and industry-level productivity growth', p. 29.
8. WIK (2013), 'Genereller Produktivitätsfaktor österreichischer Stromverteilnetzbetreiber', 27 February.
9. Bernstein, J.I. and Sappington, D.E.M. (1999), 'Setting the X factor in price-cap regulation plans', *Journal of Regulatory Economics*, **16**:5.
10. Giraleas, D., Emrouznejad, A. and Thanassoulis, E. (2013), 'Productivity change using growth accounting and frontier-based approaches – evidence from a Monte Carlo analysis', *European Journal of Operational Research*, **222**:3, pp. 673–683.
11. Giraleas, D. (2013), 'The measurement and decomposition of economy-wide productivity growth: Assessing the accuracy and selecting between different approaches', Aston University.
12. OECD (2001), 'Measuring productivity: measurement of aggregate and industry-level productivity growth', chapter 5.

Endnotes

13. <http://www.faz.net/aktuell/finanzen/anleihen-zinsen/markt-rechnet-mit-ezb-zinserhoehung-fuer-2018-15100348.html>.
14. WIK (2017), 'Gutachten zur Bestimmung des generellen sektoralen Produktivitätsfaktors'. Gutachten für die Bundesnetzagentur. Überarbeitete Version nach Eingang der Stellungnahmen, 10 July, p. 87.
15. BDEW, Entwicklung der Gasversorgung in Deutschland, Zeitreihen ab 1991, Zeitreihe 9: Erdgasabsatz nach Verbrauchergruppen.
16. Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N. and van Puyenbroeck, T. (2007), 'An introduction to the benefit of the doubt composite indicators', *Social Indicators Research*, **82**, pp. 111–145.
17. Andersen P. and Petersen, NC. (1993), 'A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis', *Management Science*, **39**:10, pp. 1261–1264.
18. Da Conceicao M., De Sousa S. and Stosic B. (2005), 'Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers', *Journal of Productivity Analysis*, **24**:2, pp. 157–181.
19. Mohsen, A., Heinz, A. and Thanassoulis, E. (2016), 'A DEA-based incentives system for centrally managed multi-unit organisations', *European Journal of Operational Research*, **259**:2, section 5, pp. 587–598.
20. Kumbhakar, S. and Wang, H.-J. (2006), 'Pitfalls in the estimation of cost function ignoring allocative inefficiency: a Monte Carlo analysis', *Journal of Econometrics*, **134**, pp. 317–340.
21. Colombi, R., Kumbhakar, S., Martini, G. and Vittadini, G. (2014), 'Closed-skew normality in stochastic frontiers with individual effect and long/short-run efficiency', *Journal of Productivity Analysis*, **42**:2, pp. 123–136.
22. Kumbhakar, S., Lien, G. and Hardaker, J.B. (2014), 'Technical efficiency in competing panel data models: a study of Norwegian grain farming', *Journal of Productivity Analysis*, **41**:2, pp. 321–337.
23. Kumbhakar, S. and Badunenko, O. (2017), 'Economies of scale, technical change and persistent and time-varying cost efficiency in Indian banking: do ownership, regulation and heterogeneity matter?', *European Journal of Operational Research*, **260**, pp. 789–803.
24. Triebs, T., Saal, D., Arocena, P. and Kumbhakar, S. (2016), 'Estimating economies of scale and scope with flexible technology', *Journal of Productivity Analysis*, **45**:2, pp. 173–186.

Background literature

- Polynomics/Jacobs University (2016), 'Die Ermittlung des technologischen Fortschritts anhand von Unternehmensdaten', Olten/Bremen: Studie im Auftrag der Netze BW.
- Thanassoulis, E. (2001), '*Introduction to the Theory and Application of Data envelopment analysis: A foundation text with integrated software*', Kluwer Academic Publishers, chapter 7.
- Thanassoulis, E., Portela, M.C.S. and Despić, O. (2008), 'Data envelopment analysis: the mathematical programming approach to efficiency analysis', in H.O. Fried, C.A. Knox Lovell and S.S. Schmidt (eds), *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, Oxford University Press.
- Portela, M.C.S. and Thanassoulis, E. (2006), 'Malmquist Indexes Using a Geometric Distance Function (GDF): Application to a Sample of Portuguese Bank Branches', *Journal of Productivity Analysis*, **25**:1–2, pp. 25–42. The paper introduces an alternative way to derive productivity change without needing to specify the underlying technology.
- Portela, M.C.S. and Thanassoulis, E. (2010), 'Malmquist Indices for measuring productivity in the presence of negative data: An application to bank branches', *Journal of Banking and Finance*, **34**, pp. 1472–83. The paper introduces a method to derive productivity in the presence of negative data (i.e. unhelpful factors/outcomes that need to be captured).
- Thanassoulis, E., Khanjani Shiraz, R. and Maniadakis, N. (2015), 'A cost Malmquist productivity index capturing group performance', *European Journal of Operational Research*, **241**:3, pp. 796–805. The paper introduces an alternative index of productivity change that captures input price change while enabling comparison of performance by groups of units.
- Kumbhakar, S. and Knox Lovell, C.A. (2000), *Stochastic frontier analysis*, Cambridge University Press, chapter 8.
- Kumbhakar, S., Wang, H.-J. and Horncastle, A. (2015), '*A Practitioner's Guide to Stochastic frontier analysis using Stata*', Cambridge University Press, chapter 11.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z. (1994), 'Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries', *American Economic Review*, **84**:1, pp. 66–83.

Background literature

- Kumbhakar, S. (2000), 'Estimation and Decomposition of Productivity Change when Production is not Efficient: A Panel Data Approach', *Econometric Reviews*, **19**, pp. 425–60. The paper shows that TFP change is composed of technical change, scale economies, technical efficiency change and allocative efficiency. 'Technical change' is a measure of the shift in the frontier function, and 'technical efficiency change' is a measure of catch-up.

For application in a regulatory framework, see Kumbhakar, S.C. and Sarkar, S. (2003), 'Deregulation, Ownership and Productivity Growth in the Banking Industry: Evidence from India', *Journal of Money, Credit and Banking*, **35**, pp. 403–24. The focus is on regulation: its impact on allocative inefficiency and its contribution to TFP change.

- Since TFP change is often not very intuitive, profitability change is often examined instead. The decomposition of profitability has two extra components associated with output and input price change. See Kumbhakar, S., Wang, H.-J. and Horncastle, A. (2015), 'A Practitioner's Guide to Stochastic frontier analysis using Stata', Cambridge University Press, chapter 11.
- For profitability change in the presence of multiple output/multiple inputs, we used an input distance function approach. See Sipiläinen, T., Kumbhakar, S.C. and Lien, G. (2014), 'Performance of dairy farms in Finland and Norway from 1991 to 2008', *European Review of Agricultural Economics*, **41**:1, pp. 63–86.
- Productivity change is mostly estimated and decomposed assuming that input and output qualities are the same across all firms and over time. Kumbhakar and Das (2012) take into account differences in input and output qualities in Kumbhakar, S.C. and Das, A. (2012), 'Productivity and Efficiency Dynamics in Indian Banking: An Input Distance Function Approach Incorporating Quality of Inputs and Outputs', *Journal of Applied Econometrics*, **27**, pp. 205–34.
- Baduneko and Kumbhakar (2017) focus on efficiency measures controlling for persistent inefficiency as well as firm effects. Although productivity is not computed in their paper, this can easily be done using the definitions of TFP change and its components. See Baduneko, O. and Kumbhakar, S.C. (2017), 'Economies of Scale, Technical Change and Persistent and Time-Varying Cost Efficiency in Indian Banking: Do Ownership, Regulation and Heterogeneity Matter?', *European Journal of Operational Research*, **260**:2.

www.oxera.com